

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А.О.КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

ПРОВ 2010

л 3442 - В 86

13.05.86

УДК 591.524.12:578

П. В. Евстигнеев, В. М. Журавлев, С. А. Серегин

СТРУКТУРА ПОЛЯ МЕЗОПЛАНКТОНА В ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗОНЕ
ТРОПИЧЕСКОГО ЭНЕРГОАКТИВНОГО ПОЛИГОНА.

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 62 деп.

Севастополь, 1986.

Одной из задач исследований в 32 рейсе ИО "Академик Вернадский" в тропическую Атлантику /июль-сентябрь/ 1985 г. было изучение пространственной неоднородности распределения мезопланктона в поверхностных слоях океана. Характеризуя в целом продуктивность исследуемого региона, такая работа предусматривала выявление основных масштабов агрегированности биомассы живого вещества, факторов, способствующих формированию повышенных или пониженных концентраций.

Сбор планктона проводили с помощью судового центробежного насоса производительностью около 600 л мин^{-1} , с временной дискретностью сбора 1 раз за 20 мин фильтрации, что в пространстве соответствовало 7-8 км. Поступающая с глубины 5-7 м вода профильтровывалась через сито № 67. Полученный осадок взвешивали на торсионных весах - 500, а затем фиксировали для детальной обработки на берегу. В ряде случаев пробы просматривали в ходе исследования под микроскопом МБС-2 с целью определения массовых видов. Доля травмированных насосом форм была невелика /не более 10-15 %/, что делало возможной видовую идентификацию. Выполненные с перерывом в месяц две съемки тропического энергоактивного полигона /ТЭП/ позволили охарактеризовать изменчивость структуры поля мезопланктона во времени. Было собрано 1216 проб.

Для получения карты распределения мезопланктона в узлах решетки /дрейфовые или ходовые станции/ производили осреднение по шести последовательно взятым пробам /3 до и 3 после станции/, поэтому получаемые величины характеризовали разрез протяженностью 35-40 км. Помимо этого в анализе использовали дисперсию параметра.

Особенностью пространственной структуры поля мезопланктона на масштабах десятки - сотни миль является периодическая изменчивость среднего уровня его концентрации в зависимости от време-

ни сбора проб. Достаточно длительный период съемки полигона /более 20 суток/ накладывает существенный отпечаток на характеристики пространственного распределения в связи с циркадными ритмами планктонных организмов. С целью выявления суточного тренда все полученные величины биомасс были разделены на 12 групп по 2-часовым периодам. Считали, что на протяжении каждых 2 последовательных часов получаемые характеристики однородны. Результатом процедуры явилась осредненная по двухчасовым периодам кривая, иллюстрирующая временной /суточный/ ход изменения биомассы мезопланктона в поверхностном слое исследованной акватории /рис. I/. Из рисунка видно, что временная динамика в колебаниях планктона характеризуется бимодальной структурой с максимумами, приходящими на 2-6 и 13-24 часа местного времени. При этом амплитуда изменений биомассы в полночные часы несколько выше утренних, но в целом составляет 40-60% от ее среднего уровня. Различие между средними значениями биомассы планктона в полдень и полночь составило от 2 до 3,5 раз.

Причины столь выраженной суточной динамики связаны преимущественно с вертикальными миграциями организмов, в частности, веслоногих ракообразных /Copepoda/, составляющих до 90% биомассы сетного планктона. Анализ проб показал, что в ночные часы в планктоне доминируют активные мигранты, относящиеся к интерзональной группировке океанических ценозов - *Pleuromamma gracilis*, *P. abdominalis*, *P. xiphioides*, *Candacia* sp., *Lucicutia flavicornis*, глубиной дневного обитания которых являются 200-300 м [1]. Таким образом, имеет место периодическая суточная изменчивость концентрации планктона в поверхностном слое, что оказывает влияние на его пространственную неоднородность и затрудняет интерпретацию и выявление последней.

Временной тренд устранили методом, описанным в [2], что определило построение изолиний биомассы планктона по расчетным данным. На рис. 2 представлена карта распределения биомассы поверхностного планктона по результатам I съемки полигона. Заметен сложный, хаотичный характер полученной картины. Данные поверхностных течений, температуры, солености также указывают на сложный характер движения водных масс на полигоне в данный период. Как при первой так и второй съемках, отмечался ряд циклонических и антициклонических вихревых образований. Помимо этого, в северо-западной и центральной частях полигона, соответственно при I и II съемках, обнаружены линзы распресненных амазонских вод, локализующихся на поверхности. Все это приводит к сложной картине развития и динамики на данном фоне фитопланктона, а следовательно формирования более зрелых сообществ. Однако, в целом можно, отметить, что в зонах повышенных концентраций пигментов фитопланктона, выделяемых, например, по данным I съемки в северо-западной части и связанных с районом залива распресненных богатых биогенами вод, биомасса зоопланктона преимущественно снижена. Аналогичная тенденция имеет место и по данным 2 съемки (рис. 3). Коэффициент корреляции биомассы сестона и количества пигментов фитопланктона, рассчитанный только по данным дневных станций, составил - 0,12, что указывает на практическое отсутствие связи между данными параметрами. Биомасса сестона в указанных выше районах составляла 14-23 мг м⁻³, что ниже средних для полигона величин. Видовой анализ проб показал преобладание copepod родов *Paracalanus*, *Clausocalanus*, *Calocalanus*, *Temora*, *Lucicutia*, являющихся по характеру питания фильтраторами [3]. Доминирование этой трофической группировки указывает на самую раннюю стадию сукцессии пелагического сообщества, формирующегося на обогащен-

ных биогенами водах. Аналогичная тенденция отмечена и при II съемке. Например, в центральной части полигона биомасса планктона составляла 12-22,0 мг м⁻³ при максимальных здесь для полигона величинах концентраций пигментов фитопланктона /рис.2/. С постепенным передвижением богатых вод к периферическим областям полигона происходит созревание планктонного сообщества. Так по данным I съемки по мере удаления от зоны максимальных величин концентрации пигментов, возрастает биомасса зоопланктона. Например, в южной части его концентрации в 4-5 раз выше средних для полигона значений /рис.2/. В целом, юго-восточная часть акватории при I съемке характеризовалась более высокими уровнями развития мезопланктона на фоне пониженной концентрации пигментов фитопланктона. II съемка также показала, что максимальные концентрации сестона не совпадают с максимумами концентрации пигментов. В юго-западной части полигона по ходу сформировавшейся ветви Межпассатного течения происходит увеличение концентрации сетного планктона с удалением от района повышенных концентраций пигментов, отмеченных в центральной части. Одновременно происходит замена видового состава мезопланктонного сообщества. Так на юге полигона по ходу основного массопереноса в восточном направлении фиксируются повышенные концентрации массы сестона с преобладанием эври- и зоофагов - *Pleuromamma*, *Scolecithrix*, *Centropages*, *Acartia*, *Harpacticoida* /рис.3/

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что поле мезопланктона в исследуемом регионе имеет как пространственную, так и временную структуру неоднородности, при этом последняя выражена более закономерно. Флуктуации биомассы сестона по пространству вызываются процессами адвекции и турбулентной диффузии водных масс, что определяет локальные увеличения concentra-

ции первичных продуцентов, и как следствие, "Возрастание в целом уровня развития планктона. Повышение концентрации пигментов фитопланктона и биомассы сестона пространственно не совпадают, хотя и зависимы друг от друга.

Представленная картина является в значительной мере качественной и не позволяет в строгом смысле судить о пространственно-временной изменчивости поля планктона. Применение адаптивного спектрального оценивания по методу максимальной энтропии с применением для обработки взаимных рядов позволяет более корректно оценить масштабы тех процессов, которые доминируют на уровне функционирования планктонных сообществ. Достоинством метода является возможность обработки достаточно коротких рядов, которые преимущественно имеют место в гидробиологической практике.

Спектральному анализу были подвергнуты результаты синхронного измерения биомассы сестона в поверхностном слое и температуры с указанной выше дискретностью. Температура в данном случае в определенной мере характеризовала степень подвижности водных масс, если рассматривать ее в качестве трассера в процессах движения вод. На 4 галсах /рис.3/ в юго-западном и северо-восточном направлениях было собрано соответственно 40,39,67 и 69 проб зоопланктона.

Обработка показала, что распределение дисперсий обоих параметров в пространстве волновых чисел от 10 до 400 км неоднородно. Анализ полученных спектров флуктуаций биомассы сестона указывает на наличие как минимум 3 повторяющихся при каждой реализации процессов на масштабах 10-20, 25-50 и 250-400 км /рис.5-I, II, III, IV/. Рассмотрим последовательно выявленные детали распределения. Первый галс /рис. 3, 4-I/ приходился на ночные часы./12⁰⁰- 09⁰⁰/ и выявил характерные масштабы "пятен" в распределении мезопланктона.

Из рисунка 4-I видно, что максимальная когерентность с показаниями температуры имеет место на низких, средних и высоких частотах. Профиль температуры, совпадающий с таковым для зоопланктона, также свидетельствует о ярко выраженной их взаимной сопряженности. Здесь же наиболее существенна и энергия колебаний /табл/. Однако, флуктуации указанных параметров в низких частотах находятся в противофазе $/150^{\circ}/$. Несмотря на совпадение профиля зоопланктона с таковым температуры, у последней масштабы колебаний дисперсий на средних частотах незначительны /табл/. и ими можно пренебречь. В спектре флуктуаций биомассы зоопланктона имеет место достаточно плавный спад энергии колебаний от низких частот к высоким /табл./. Фазовый сдвиг на высоких частотах смещен в сторону его уменьшения.

Результаты обработки данных 2 галсов /табл/ в целом повторяют отмеченные тенденции, однако радиус корреляции на низких частотах несколько выше и составил 240 км /рис.5/. Подобным образом можно выделить 4 пика /3 области/ при волновых максимумах на 250, 40 и 18 км. Температурные флуктуации выделены менее резко при высокой когерентности в трех указанных диапазонах. Фазовые сдвиги в данной реализации напоминают таковые в предыдущем анализе: в области низких частот противофазы, в области высоких - изменение в квадратуре. Наконец, данные 3 и 4 галсов, где проведены более длительные наблюдения, в целом подтвердили отмеченные выше тенденции. В области низких порядков волновых чисел флуктуации дисперсии температуры и биомассы сестона максимальны соответственно на пространственных масштабах 280 и 420 км. В области высоких значений волновых чисел сохраняются масштабы 18-20 км.

Таким образом, статистический анализ показывает достоверное

существование как минимум 3 процессов, протекающих на пространственно-временной шкале. Достаточно высокая корреляция биомассы сестона с динамикой температуры в области низких и высоких волновых чисел указывает на синхронное их поведение в указанных пределах. Существенным является преобладание противофазового характера во флуктуациях температуры и сестона на низких частотах и, наоборот, квадратурного или синфазного - на высоких. Думается, что наличие циркадных ритмов зоопланктона на полигоне, т.е. увеличение его концентрации в темное время суток и снижение в светлое в связи с вертикальными миграциями организмов, с одной стороны, и дневное увеличение температуры /по нашим данным до 1°C / поверхности воды с понижением ее в ночное время может характеризовать энергетически наиболее выраженные колебания в низкочастотной части спектра в качестве временных /околосуточных/. В более коротких реализациях /галсы 1 и 2/ указанные выше колебания температуры и сестона менее выражены в силу полусуточного периода наблюдений, а также соответствующего учета линейного тренда в процессе обсчета. Однако, несмотря на кажущуюся возможность подобной трактовки колебаний сестона и температуры на указанных пространственных масштабах следует учитывать и то, что дисперсии биомасс сестона увеличиваются в районах высокого развития фитопланктона. Радиусы этих участков, характеризующихся повышенными дисперсиями в значениях биомассы сестона составляют судя по карте /рис.5/ сотни миль, что сравнимо с размерами вихревых образований на полигоне, способствующих увеличению концентрации живого вещества, а также соответствует результатам спектрального анализа. Видимо, следует считать, что в области низких частот /сотни километров/ корректное разделение пространственной и временной компоненты в распределении сестона затруднительно.

Энергия колебаний биомассы сестона в области высоких волновых чисел /десятки километров/ в 2-10 раз ниже указанных для масштабов сотни километров, при этом флуктуации температуры и массы сестона находятся в квадратуре $/60^\circ/$ или ближе к синфазе $/0^\circ/$ по отношению друг к другу /табл/. Можно предположить, что перемещение сестона основу которого в особенности в светлое время суток составляют мелкие виды /характерная черта тропических океанических ценозов/, можно трактовать, как движение консервативной примеси. На указанных небольших масштабах такой процесс может проявляться, например, при прохождении пакетов внутренних волн различного происхождения.

Наконец в области средних частот $/25-50 \text{ км}/$ на фоне незначительных колебаний температуры отмечены относительно резкие флуктуации биомассы сестона /рис.4/. Незначительная связь динамики сестона с колебаниями температуры, а следовательно и с движением водных масс, указывает на возможность существования внутренних экологических механизмов функционирования планктонных сообществ на шкале указанных масштабов.

Выводы.

1. Исследованный период характеризуется наличием ярко выраженной циркадной ритмичности в величинах биомассы сестона, превышающей по своему размаху пространственную неравномерность его распределения.
2. Пространственное поле биомассы сестона имеет сложный "стахастический" характер, причем максимальные величины средних его значений смещены относительно зон повышенной первичной продукции.
3. Статистический анализ показал существование трех основных масштабов флуктуации биомассы сестона: 200-400, 25-40 и 10-20 км.

4. Область низких частот может характеризовать как временную так и пространственную изменчивость, разделить которые в данном случае не представляется возможным. Колебания на масштабах 10-20 км очевидно можно связывать с локальными возмущениями водной среды, например, внутренними волнами. Наконец, средние частоты, менее коррелирующие с ходом температуры, несут информацию об экологических процессах в планктонных сообществах.

В заключение авторы выражают признательность О.К.Вороновой за предоставленные данные о концентрации растительных пигментов.

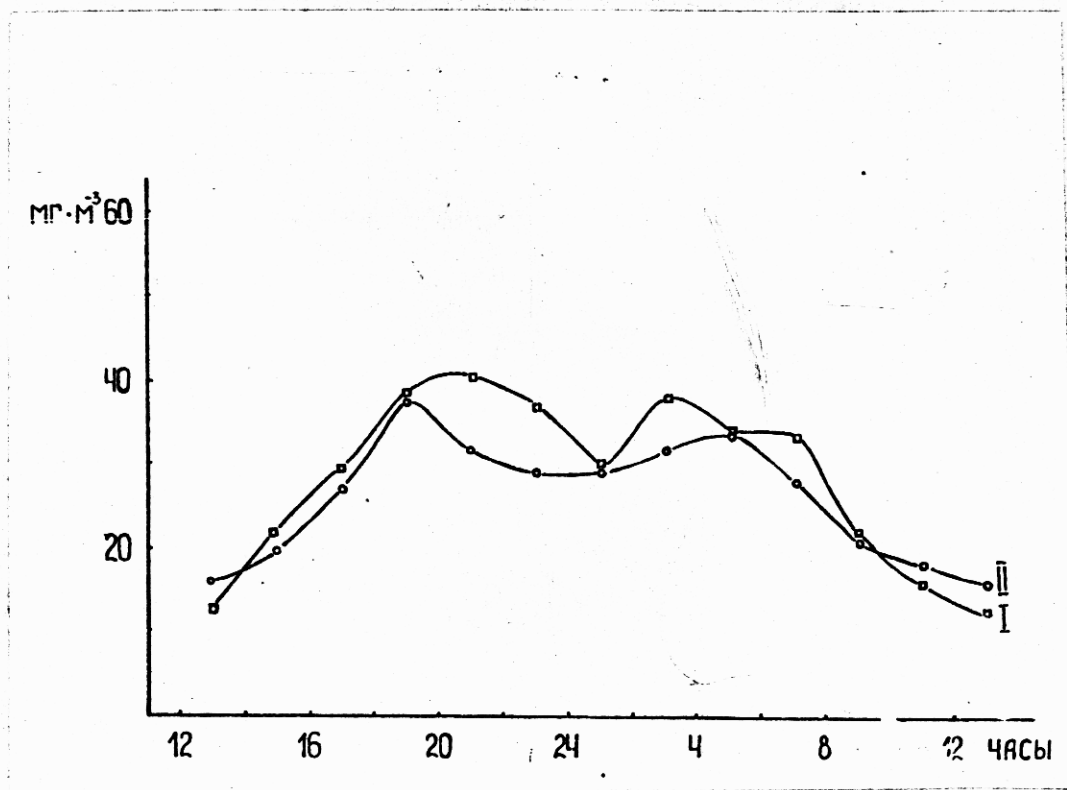


Рис. I Суточное изменение биомассы сестона в слое 7 м при I-й и 2-й съемках полигона.

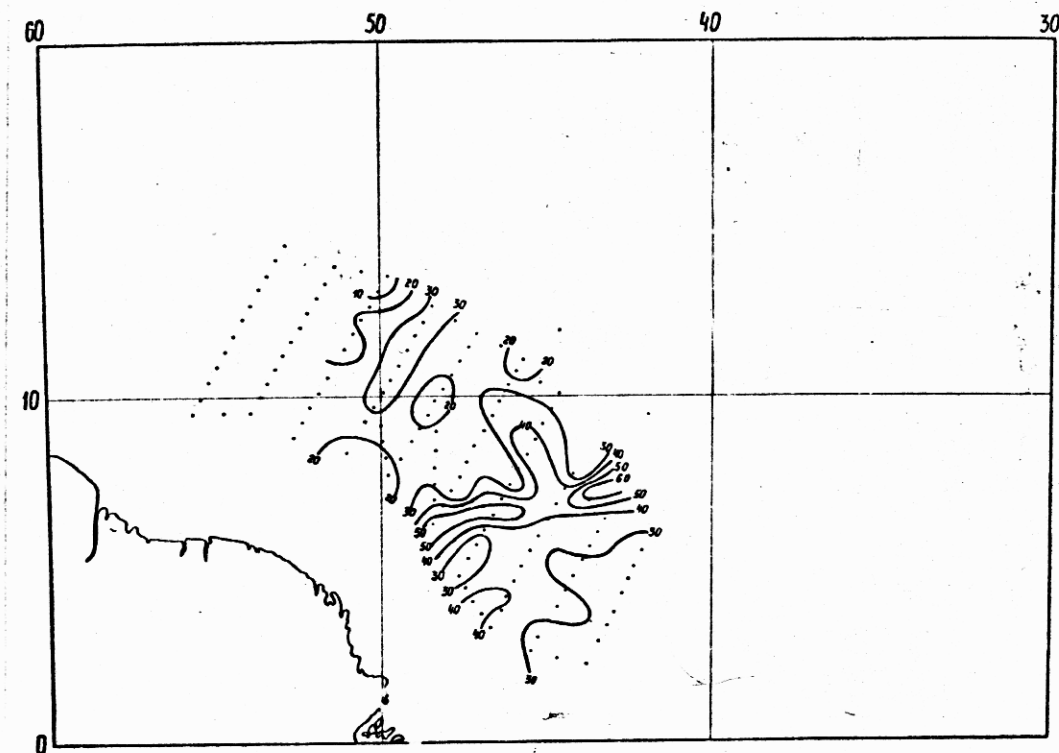


Рис.2 Распределение сестона в слое 7 м при I-й съемке полигона.

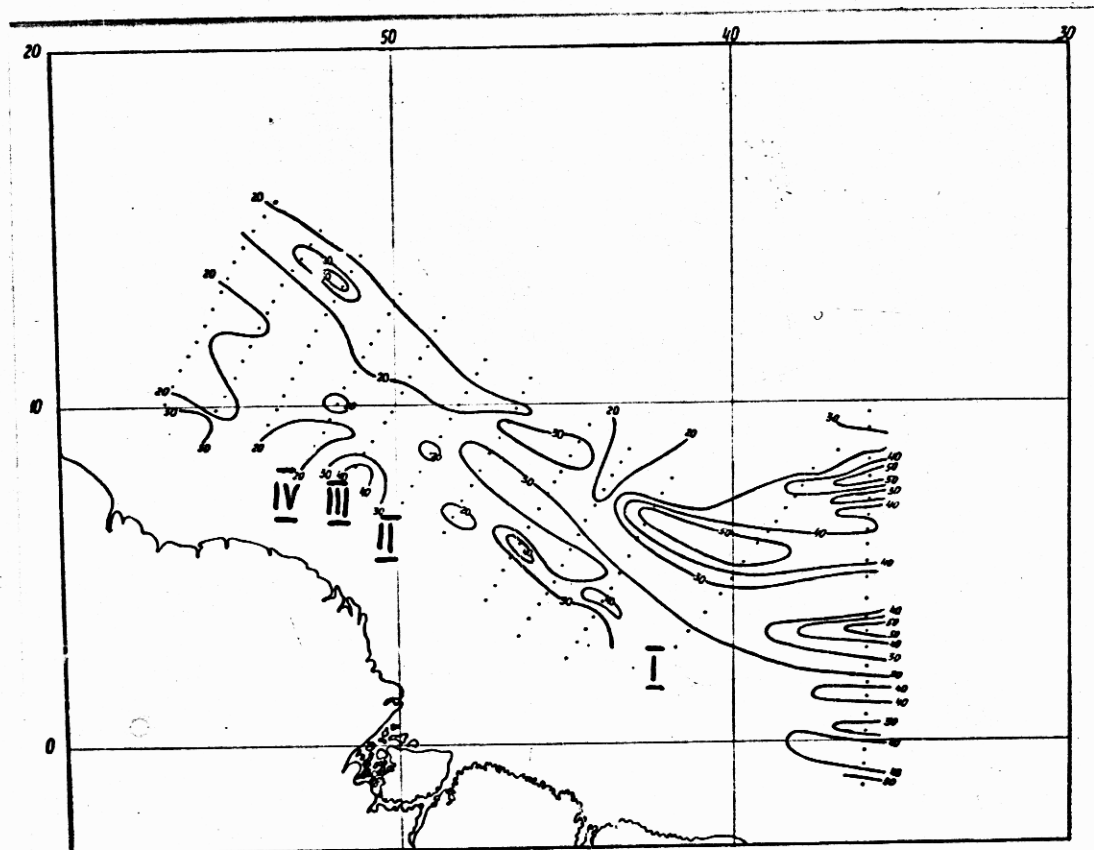


Рис.3 Распределение сестона в слое 7 м при 2-й съемке полигона.

I-V - галсы с синхронной регистрацией биомассы сестона и температуры.

Таблица

Основные показатели спектрального распределения дисперсий сестона (λ) и температуры (T)

в слое, 7 м.

I												
Галс												
Параметр	T											
№ пика	I	2	3	4	5	6	I	2	3	4	5	6
Частота	I6	29	50	65	83	94	I6	29	50	65	83	94
Км	I06	60	33	26	20	I8	I06	60	33	26	20	I8
Фаза	I50	79	78	I27	55	I25	I50	79	78	I27	55	I25
Энергия	90,9	5I,9	43,3	26,0	28,7	27,4	0,12	0,04	0,0I	0,02	0,02	0,04
II												
Галс												
Параметр	T											
№ пика	I	2	3	4				I	2	3	4	5
Частота	I7	I7	42	90				7	29	43	72	87
Км	24I	99	40	I8				24I	58	39	23	I9
Фаза	I7I	32	56	73				I7I	89	60	79	7I
Энергия	22,6	23,0	25,8	17,3				0,33	0,08	0,04	0,05	0,03

Таблица (продолжение)

Галс						III				
Параметр						T				
№ пика	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Частота	6	13	40	49	89	7	22	33	70	89
км	281	137	42	34	19	240	77	51	24	18
Фаза	118	57	85	162	73	99	135	81	90	73
Энергия	18,0	27,9	37,5	17,8	1,25	0,08	0,01	0,02	0,01	0,01

Галс					IV				
Параметр					T				
№ пика	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Частота	4	47	84	92	4	38	60	84	92
км	420	44	28	20	420	44	28	20	18
Фаза	116	82	70	79	116	87	42	70	79
Энергия	94,9	35,1	20,8	15,3	0,15	0,02	0,02	0,02	0,02

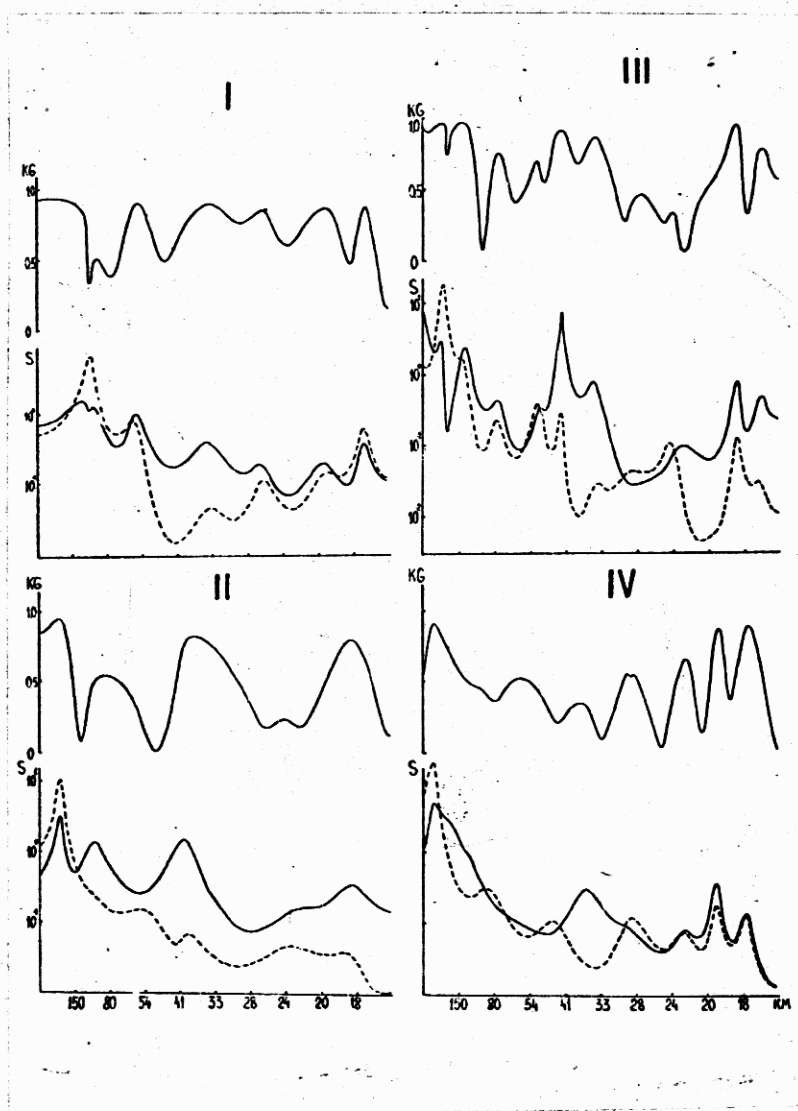


Рис. 4 Спектры (S) и когерентности (KB) распределения температуры (пунктирная линия) и сестона (сплошная линия) на горизонте 7 м в период синхронной съемки на I-IV галсах.

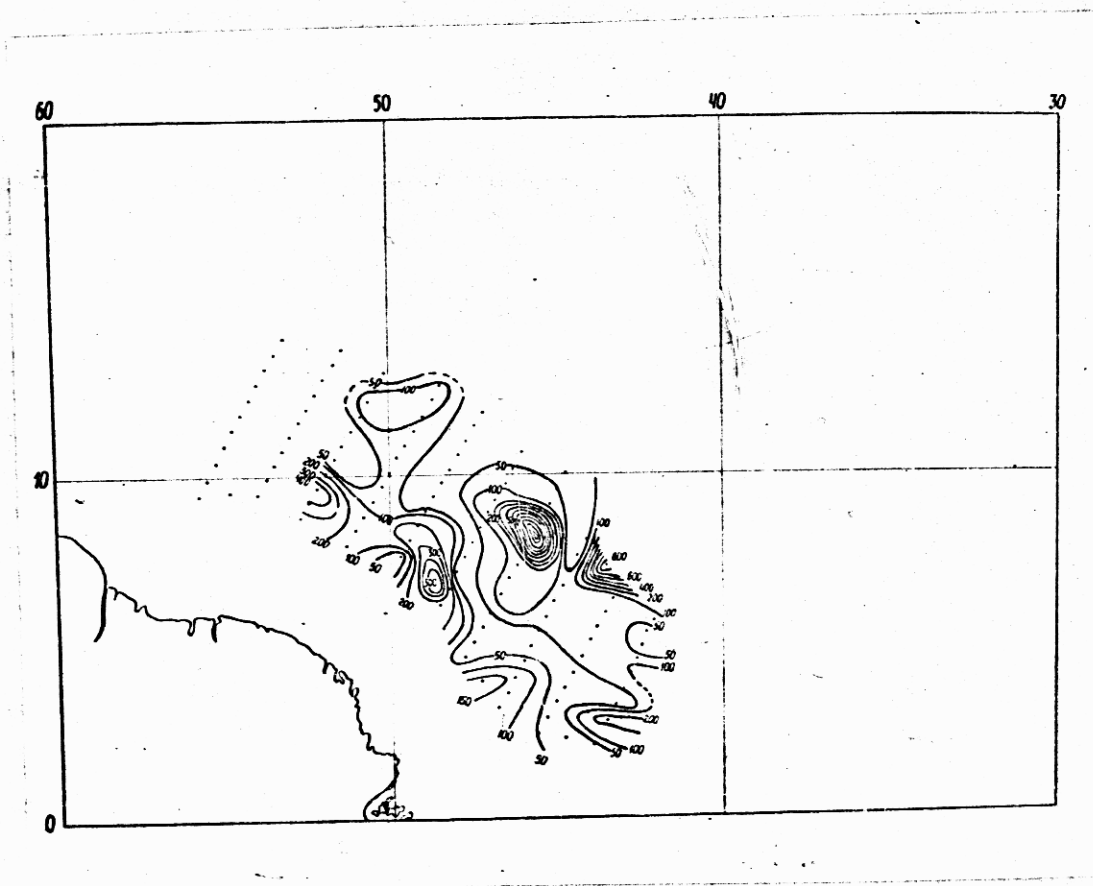


Рис.5 Распределение дисперсии значений биомассы сестона по данным I-й съемки.

Институт биологии
южных морей АН УССР
БИБЛИОТЕКА
№ 62 деп.

Литература

1. Виноградов М.Е. Вертикальное распределение океанического зоопланктона - М.: Наука, 1968, 317 с.
2. Гольдберг Г.А., Пионтковский С.А. Пространственно-временная структура поля мезопланктона в поверхностном слое тропической зоны Индийского океана - Экология моря, 1985, вып.19, с.46-56.
3. Флинт М.В. Трофическая структура и вертикальное распределение трофических группировок мезопланктона на экваторе /97° з.д./ - Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1975, т.102, с.238-244.

-19-

Печатается в соответствии с решением заседания
Ученого Совета ИнБЮМ АН УССР от 30 января 1986 г.,

печать от 3.04.86.

пр. 1

Цена

1-90.

Зак. 32792

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ
Люберцы, Октябрьский пр., 403