

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН. УССР

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ

№ 5805-В87

УДК 595.132:551.46.09:628.39(262.5)

Мазлумян С.А., Сергеева Н.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ СВОБОДНОЖИВУЩИХ
МОРСКИХ НЕМАТОД В УСЛОВИЯХ ПОСТУПЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

В Ялтинском заливе (1969, 1970) функционировал мелководный выпуск хозяйственных вод на глубине 10 м и расстоянии 200 м от берега. С 1980 г. сброс сточных вод осуществлялся через глубоководный трубопровод (86 м), удаленный на 6,2 км от берега. Наряду с ним хозяйственные воды с разной степенью очистки выпускались через аварийные и близбереговые точечные сбросы. Состав, концентрация сточных вод и интенсивность их поступления в залив нестабильны. Это затрудняет установление характера последствий, оказываемых на биотоп органическими соединениями.

Гидрологические, гидрохимические данные, результаты количественного анализа распределения фито-, зоопланктона, гетеротрофных бактерий в толще вод свидетельствуют о бытовом загрязнении прибрежной зоны Ялты в 1969-1970 гг. [1].

Выявление воздействий поступающих в море загрязняющих веществ на донные организмы затруднено тем, что большая часть полиантов подвергается сложным превращениям под влиянием аэробной и анаэробной микрофлоры. Различные гидрологические факторы определяют неравномерную концентрацию их в донных осадках ("пятнистость"), и в результате биологического взмучивания организмами-детритофагами происходит перенос загрязняющих веществ на значительные площади дна. Влияние чужеродных веществ, поступающих постоянно, но в концентрациях, не вызывающих мгновенную смертность гидробионтов, выявить труднее, чем результаты острого разового загрязнения.

Видовой состав и количественное развитие бентосных организмов служат хорошим показателем состояния грунта и придонного слоя воды. В загрязненных зонах происходит выпадение не только определенных видов, но и целых групп организмов, наиболее чувствительных к ухудшению среды обитания; в то же время устойчивые к загрязнению виды резко доминируют в сообществах.

На аккумуляцию органического вещества в грунте Ялтинского залива в 1969-1970 гг. указывало обитание видов макробентоса: *L* - мезосапробов [7]. В 1982 г. эта зона вблизи побережья не обнаружена [2], но возможно накопление нестойкого органического вещества в районе глубоководного выпуска [6].

Нематоды быстрее, чем макробентосные организмы, реагируют на изменение среды. Наличие большого количества генераций у некоторых видов нематод обуславливает возрастание плотности поселений в оптимальных условиях. Возможность использования этой группы организмов, составляющих до 90 % мейофауны [3,4], в качестве мониторов, суммирующих эффекты антропогенных нагрузок на биотоп, обусловлена ролью нематод в процессе разложения поллютантов в осадках [8, II].

Перед нами стояли следующие задачи:

1. Определить структурные и видовые изменения сообществ нематод как ответную реакцию на поступление органического вещества в среду обитания при функционировании мелководного и глубоководного выпусков, что косвенным образом отражает и процесс многолетней динамики (1969-1982 гг.).

2. Определить структурные и видовые различия сообществ нематод сезонного характера.

3. Определить возможность использования различных показателей для характеристики состояния сообществ нематод.

Материал и методика

В Ялтинском заливе изучалась нематодофауна на 70 станциях, расположенных по трем разрезам (I, II, III). I разрез начинался в непосредственной близости от мелководного выпуска, II проходил по трассе трубопровода, III - в условно чистом режиме.

Сборы проб осуществлены на трех стандартных разрезах (рис. I) в диапазоне глубин 10-125 м в июне, ноябре 1969 г., апреле 1970 г., октябре-ноябре 1982 г.

Существует возможность по изменениям соотношений отдельных групп организмов судить о воздействии, оказываемом поллютантами. Был проведен анализ индексов, применяемых в последние годы для характеристики мейофауны.

Исходя из большей устойчивости нематод к загрязнению, предложено использовать показатель отношения численностей нематод и копепод [I1, I2, I3]. На чистых берегах, даже заиленных, этот индекс (n/c) меньше 100, в то время как на загрязненных - больше 100. Величины этого индекса были нами определены для всех горизонтов глубоководного выпуска в октябре-ноябре 1982 г., приуроченных к различным типам субстрата, изменяющихся от песчаных до тонких илов. По первому разрезу индексы укладываются в пределы нормы, кроме глубин 70 и 80 м. По второму разрезу, в одном случае они значительно меньше по абсолютной величине и находятся в пределах нормы, в другом - показатель не может быть вычислен вследствие отсутствия копепод в составе мейофауны. С помощью индекса n/c локализовать влияние сброса на сообщество не удастся.

Уорвик [I6] считает возможным учитывать не всех нематод, а только виды - соскребатели микрообрастаний с грунтовых зерен, т.е. те, которые питаются аналогичным способом с копеподами (n_1/c). Для чистых тонких осадков он достигает величин до 40, для песков до 10. Расчеты n_1/c применительно к мейофауне Ялтинского залива показывают низкие значения для всех типов осадков, что должно свидетельствовать об отсутствии реакции на стресс загрязнения (рис. 2).

При сравнении между собой величин индексов n/c и n_1/c по первому разрезу обнаруживаются различные тенденции кривых величин индексов, начиная с илистых грунтов, где виды соскребатели малочисленны (I разрез). По второму разрезу кривые значений индексов сходны (рис. 2).

При сравнении величин n_1/c с величинами индекса видового разнообразия ($\bar{H}$) [I4] получается, что они изменяются в противофазе (рис. 3). Известно, что увеличение видового разнообразия характерно для чистых районов, а увеличение индекса n_1/c - для случаев загрязнения. Таким образом, эти показатели адекватно отражают априорную закономерность.

Исследуя влияние неочищенных сточных вод на мейобентос в северной части Адриатического моря, Видакович [I5] не обнаружил

ожидаемого отрицательного последействия: численность мейобентоса возрастала, хотя величины N/C свидетельствовали о стрессе.

За период исследований в Ялтинском заливе численность и количество видов свободноживущих нематод не обнаруживают определенной тенденции: в целом по первому разрезу численность увеличивается, а по второму - уменьшается (рис. 4).

Индексный подход ограничен в своих возможностях тем, что он не позволяет делать заключения ни о многолетней динамике, ни о сезонной, ни о изменениях в структуре сообщества под влиянием поллютантов, поэтому предпринята попытка выявления таких изменений, используя метод логит-анализа.

Метод логит-анализа позволяет на основании соответствия распределения численностей различных групп видов (редких, характерных, доминирующих) судить о состоянии сообщества [9]. Кроме того, каждому состоянию можно поставить в соответствие интенсивность воздействия внешнего нарушающего источника, что особенно важно при анализе структуры сообществ, находящихся некоторое время под влиянием мелководного выпуска сточных вод (1969, 1970 гг.), а потом под влиянием глубоководного (1982 г.) и точечных береговых.

Плотность поселения нематод в Черном море может достигать свыше миллиона экземпляров на 1 м^2 [3, 5]. Поэтому при построении лог-нормальных графиков учитывались данные по численности нематод в пробе, так как пересчет численности на квадратный метр дна только сдвигал бы графики вправо по оси абсцисс, не изменяя вида графика, при этом существенно затруднялись бы характеристики, к которым предъявляется требование экспертности.

Результаты

Структура сообществ свободноживущих нематод
в условиях мелководного выпуска

Мелководный выпуск (1969-1970 гг.) располагался в непосредственной близости к I разрезу (рис. I),

В различные сезоны исследования количество видов и плотность поселения нематод варьировали в широких пределах (рис.4). При этом не обнаружено закономерных изменений, связанных с се-

зоном года. Коэффициенты общности видового состава нематод в различные сезоны года составляют 61-62.

Анализ параметров лог-нормальных моделей, построенных для I, II, III разрезов, позволяет сделать следующие выводы.

По первому разрезу, в непосредственной близости к выпуску, на глубине 20 м интенсивность воздействия на сообщество постоянна и его структура соответствует состоянию равновесия, доминирующим является вид *Terschellingia pontica*.

На глубинах 40, 60 м сообщества находятся под влиянием воздействия увеличивающейся интенсивности, поэтому здесь идет процесс изменения их структуры, с доминирующим видом *Sabatieria abyssalis* (рис. 5 а, в).

На глубинах 70, 80, 100 и 125 м структура сообщества отвечает состоянию равновесия с доминантом *S. abyssalis* (рис. 5 г, д).

Таким образом, влияние мелководного выпуска ограничивается глубинами 20-60 м.

По второму разрезу на глубинах 20, 30 м структура сообществ соответствует состоянию равновесия с доминантами *Mesacanthion conicum* и *Monhystera conica* (соответственно) (рис. 6 а, б).

На глубинах 40, 50, 60 м сообщества под влиянием воздействия увеличивающейся интенсивности загрязнения изменяют свою структуру. На всех горизонтах доминирующим является вид *S. abyssalis* (рис. 6 в, г, д).

На глубинах 70, 80, 90, 100 м структура сообщества отвечает состоянию равновесия, доминирующим является тот же вид *S. abyssalis* (рис. 6 е).

Таким образом, можно сделать вывод, что по второму разрезу влияние мелководного выпуска ограничивается также глубинами 20-60 м.

По третьему разрезу сообщества на глубинах 40, 50, 60, 70 м изменяют свою структуру (рис. 7 а, б, в). На глубинах 80 и 90 м сообщества находятся в равновесном состоянии (рис. 7 г, д). На глубинах 100, 110, 125 м структура сообществ соответствует переходному состоянию (рис. 7 е). Следовательно, структура сообщества по третьему разрезу определяется влиянием мелководного выпуска (1969 г.).

Структура сообществ свободноживущих
нематод в условиях глубоководного выпуска

В 1982 г. функционировал глубоководный выпуск (II разрез) и осуществлялась механическая очистка хозяйственных вод. Оголовок выпуска удален от берега на 6,2 км, наряду с ним работают и береговые.

По первому разрезу структура сообществ на всех горизонтах отклоняется от равновесной, исключения составляют горизонты 40 и 70 м, они находятся в равновесном состоянии. Доминирующим является вид *S.abyssalis* (рис. 5).

По второму разрезу на горизонтах 10, 20, 30 м отмечено состояние равновесия, но углы наклона графиков уменьшаются (рис. 6 а,б). Это означает, что сообщества адаптируются к воздействию возрастающей интенсивности. Доминируют виды: *Cobbia sabulicola* (20 м), *S. abyssalis* и *Terschellingia longicaudata* (30 м). На 40 м сохраняется структура, свойственная переходному состоянию, в равной степени преобладают два вида: *S.abyssalis* и *T.pontica* (рис. 6 в). На глубинах 50, 60, 75, 80, 85 м структура сообществ отвечает состоянию равновесия, при этом углы наклона графиков больше, что означает наличие воздействия постоянной интенсивности (рис. 6 г, д,е).

По III разрезу структура всех сообществ отвечает состоянию равновесия.

Таким образом, под влиянием глубоководного выпуска (рис. 7) структура сообщества первого разреза изменяется, структура сообществ второго разреза изменяется на глубинах от 10 м до 40 м.

Анализ многолетней динамики сообществ
нематод

При сравнении данных о видовом составе за ноябрь 1969 г. с данными за октябрь-ноябрь 1982 г. обнаруживается, что структура сообществ, расположенных по I разрезу, претерпевает следующие изменения: в сообществе появляются виды больших классов численности (рис. 5), уменьшается угол наклона (на 40 м) графиков и остальные графики соответствуют переходному состоянию в структуре. По II разрезу сообщества находятся в стабильном со-

стоянии (кроме 40 м), с большими углами наклона, количество геометрических классов или равно, или меньше, что свидетельствует о восстановлении сообществ (рис. 6).

Выводы

На основании проведенного логит-анализа сообществ свободнотелых нематод установлено, что данный метод применим для оценки изменений биотопа.

1. Определена ответная реакция сообществ на процесс поступления органики.

2. Установлены горизонтальные границы влияния мелководного (20-60 м) и глубоководного выпуска и аварийного сбросов.

3. Установлены закономерности изменения параметров модели в условиях поступления органического вещества (табл. 1, 2). В тех случаях, когда сообщества находятся в состоянии равновесия, углы наклона достаточно велики, они составляют три диапазона: 56° - 65° , 65° - 70° , 70° - 85° , что отражает особенности распределения численностей этой группы. В случаях отклонения от состояния равновесия, количество классов численности увеличивается (табл. 2).

4. Для решения задач биоиндикации целесообразным представляется данные логит-анализа дополнять данными об изменении видового состава сообществ. Анализ показал, что происходят изменения структуры сообществ на всех глубинах.

В районе мелководного выпуска на глубине 10 м в число руководящих видов во все сезоны входили *Metoncholaimus demani* и *Oncholaimus dujardinii*.

На глубине 20 м в этом районе доминирующую роль летом и весной играл вид *T.pontica*, но осенью резко сократилось число видов и их количество, доминанты отсутствовали.

На глубине 30 м в апреле преобладающее значение обнаружил вид *Leptolaimus steineri*, в летний период вид *T.pontica* почти на порядок уменьшился по численности, но все же по количественному развитию был выше, чем другие виды. Осенью отмечена очень бедная фауна, как в качественном, так и в количественном отношении, без проявления доминирования.

С глубины 40 м возрастает роль *S.abyssalis*, который проявляет доминирование во все сезоны.

В районе глубоководного выпуска по трассе трубопровода *Sabyssalis* доминирует с 30-метровой глубины в летний период, осенью она входит в число наиболее массовых представителей, несмотря на уменьшение плотности поселения в 20 раз.

5. Поступление органического вещества от глубоководного сброса не нарушает сообществ свободноживущих нематод, а под влиянием аварийного (40 м) и близбереговых выпусков происходит отклонение этих сообществ от состояния равновесия.

Л и т е р а т у р а

1. Зац В.И., Немировский М.С., Андрущенко Б.Ф. и др. Опыт теоретического и экспериментального исследования проблемы глубоководного сброса сточных вод на примере района Ялты.-Киев: Наук.думка, 1973.- 214 с.
2. Киселева М.И. Макробентос прибрежной зоны Черного моря после прекращения сброса сточных вод // Гидробиол. журн.- 23, № 1.- С.40-44.
3. Сергеева Н.Г. Качественный состав и количественное распределение свободноживущих нематод у южного побережья Крыма// Биология моря.-1974.- Вып.32- С.22-42.
4. Сергеева Н.Г. Характеристика фауны свободноживущих нематод Ялтинского залива в периоды функционирования мелководного и глубоководного выпусков хозяйственных вод // Материалы конф. "Рациональное использование ресурсов моря- важный вклад в реализацию продовольственной программы" Ин-т биологии юж.морей им.А.О.Ковалевского.- Севастополь, 1984.- Ч.2.- С.281-310.- Деп. в ВИНТИ 16.04.85, № 2556-85.
5. Сергеева Н.Г. Формирование мейобентосных сообществ в экспериментальных условиях. Сообщение I // Экология моря.- 1985.- Вып. 21.- С.78-84.
6. Чепурнова Э.А., Сеничкина Л.Г. Гетеротрофно-автотрофный индекс как показатель самоочищающей способности морских вод // Материалы конф. "Рациональное использование ресурсов моря - важный вклад в реализацию продовольственной программы" Ин-т биологии юж.морей им. А.О. Ковалевского.- Севастополь, 1984.- Ч.2.- С. 351-356.- Деп. в ВИНТИ 16.04.85, № 2556-85.
7. Шульгина Е.Ф., Киселева М.И., Сеничкина Л.Г., Федоренко Л.В. Характеристика развития бентоса на полигоне в районе Ялты //

Опыт теоретического и экспериментального исследования проблемы глубоководного сброса сточных вод на примере района Ялты.- Киев: Наук. думка, 1973.- С.234-243.

8. Abrams B.I., Mitchell M.J. Role of nematode- bacterial interactions in heterotrophic systems with emphasis on sewage sludge decomposition // *Oikos*.- 1980.-35.- P. 404-410.
9. Gray J.S., Mirza F.B. A possible method for the detection of pollution- induced disturbance on marine benthic communities // *Mar. Pollut. Bull.*-1979.- 10, N 5.- P. 142-146.
10. Platt H. Marine nematodes may reveal the " health" of the oceans- but only we are able to distinguish one species from another// *New Scientist*.-1984.-25 Oct.-P.28-29.
11. Raffaelli D. Monitoring with meiofauna- a reply to Coule, Hicks and Wells (1981) and additoinal data// *Mar. Pollut. Bull.*-1979.-12, N 11.- P. 381- 382.
12. Raffaelli D. An assessment of the potential of major meiofauna groups for monitoring organic pollution// *Mar. Environ. Res.*- 1982.- 7, N 2.- P.151-164.
13. Raffaelli D., Mason C. Pollution monitoring with meiofauna using the ratio of nematodes to copepods // *Mar. Pollut. Bull.*- 1981.-2, N 5.- P. 158-163.
14. Shannon C., Weaver W. The mathematical theory of communication.- Urbana : Univ. Illinois press, 1963.-117 p.
15. Vidaković I. The influence of raw domestic sewage on density and distribution of meiofauna // *Mar. Pollut. Bull.*- 1983.-14, N 3.- P. 84-88.
16. Warwick R.M. The nematode/ copepod ratio and its use in pollution ecology // *Mar. Pollut. Bull.*-1981.-12, N 10.- P.329-333.

Институт биологии
Южных морей АН УССР
г. Севастополь

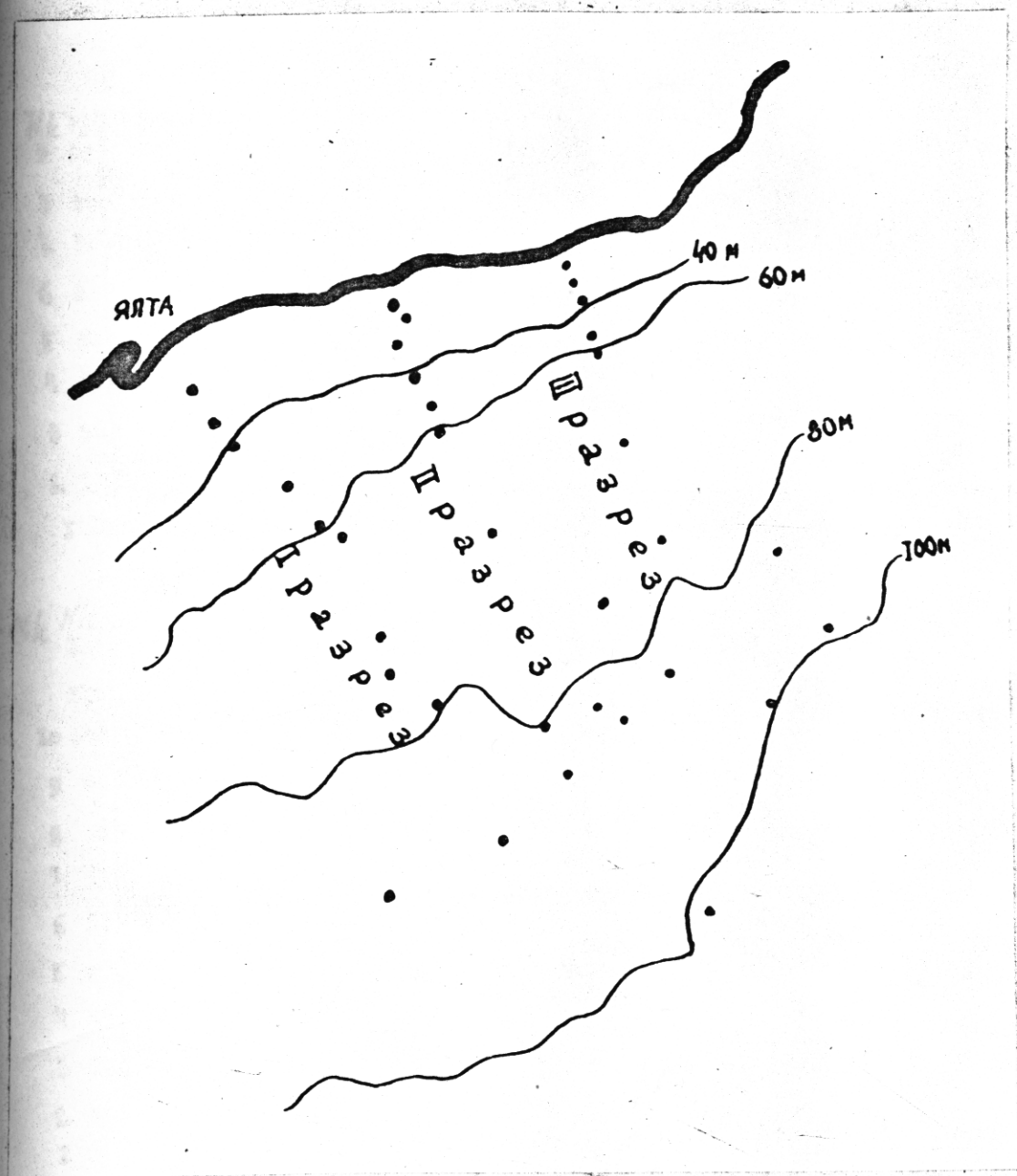


Рис. I. Схема расположения станций в районе исследований

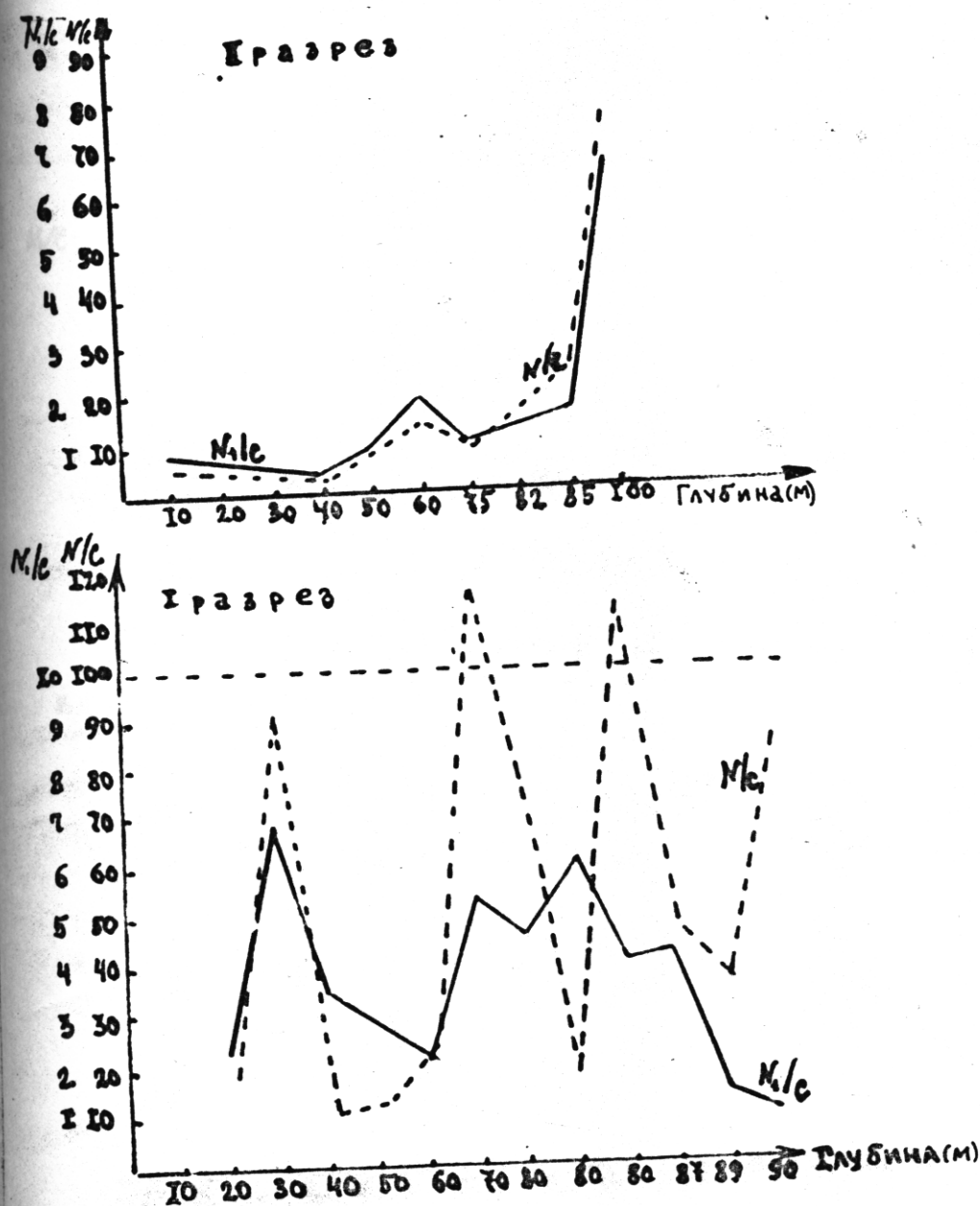


Рис. 2. Изменение индексов N/C (Raffaelli, Mason) , N_i/C (Warwick) по глубинам (осень, 1982г).

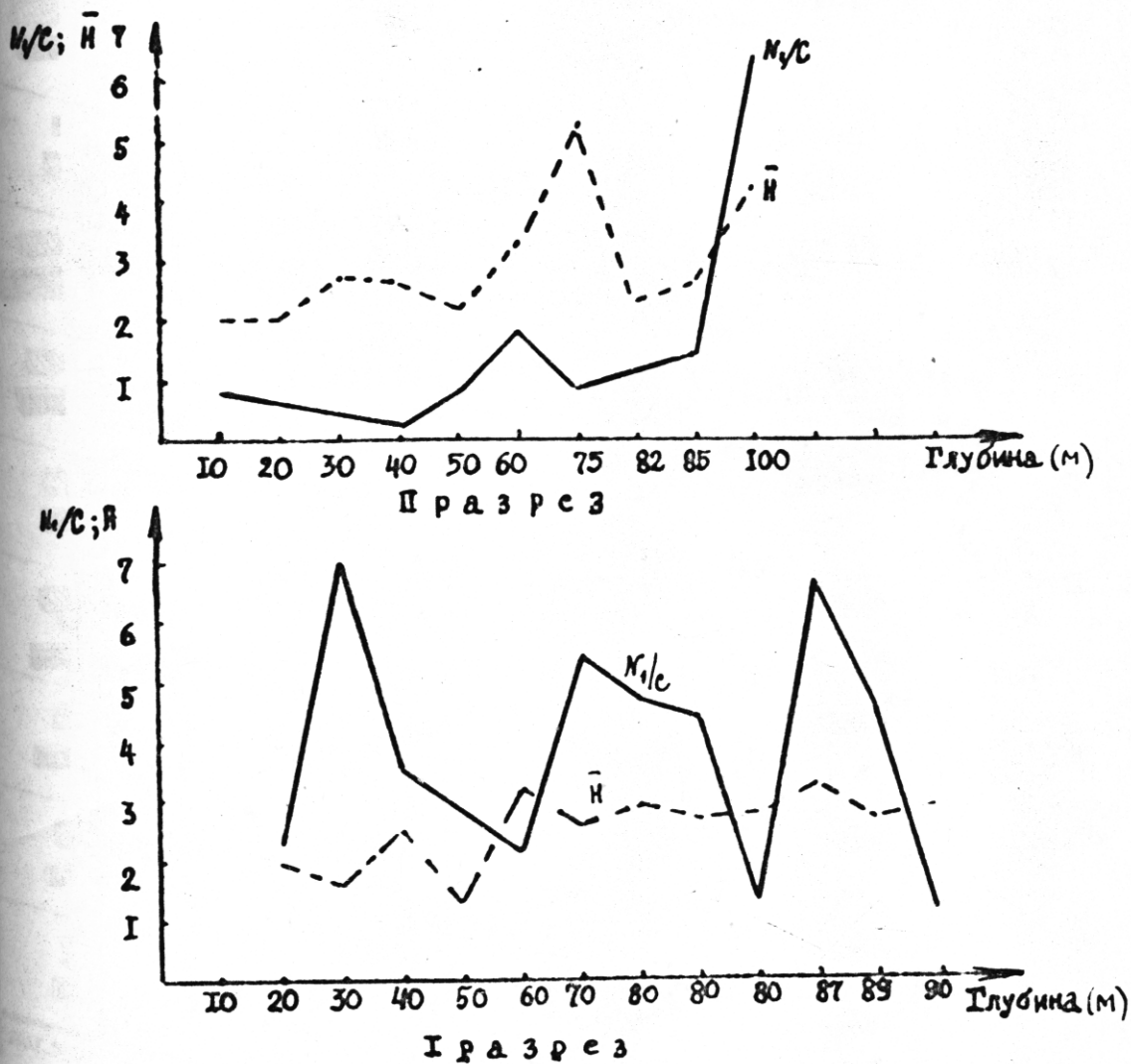


Рис.3. Изменение индексов N_i/C (Warwick) и $\bar{H}$ (Shannon, Weaver) по глубинам (осень, 1982г)

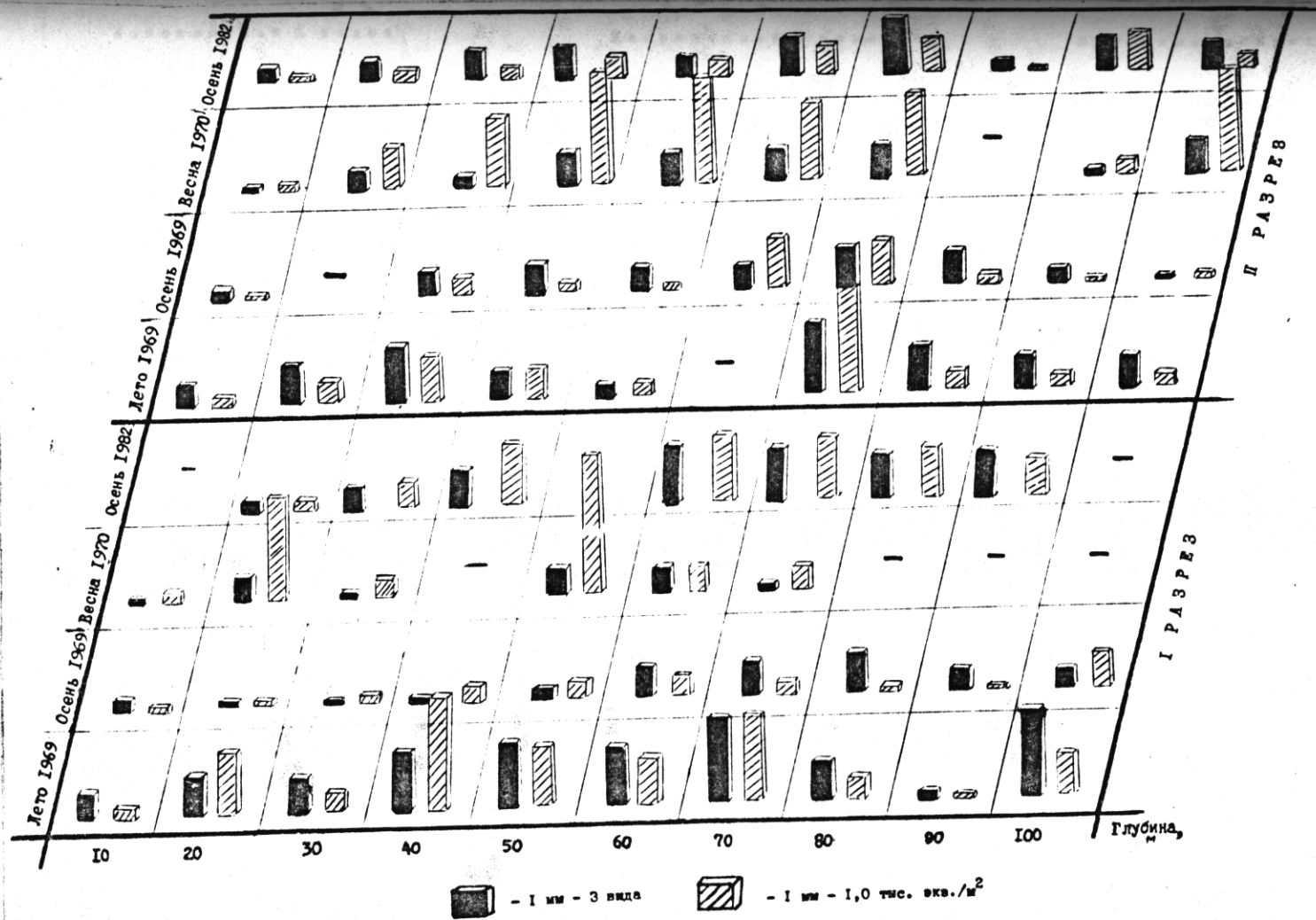
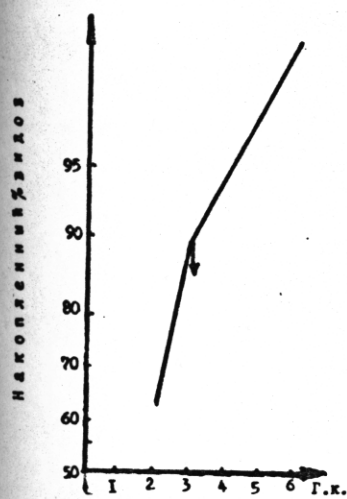
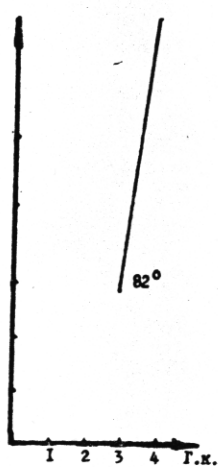


Рис. 4. Многолетняя динамика количества видов и плотности поселений нематод
(1969 - 1982 г.г.)

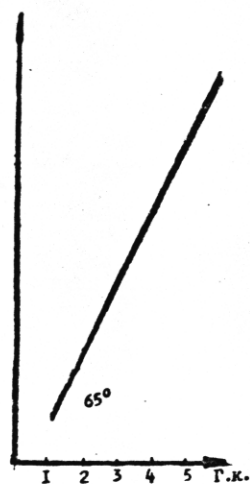
Лето - Осень 1969



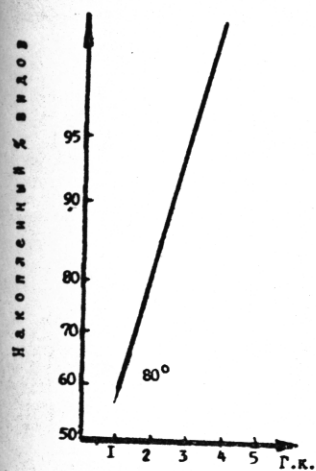
Десять 1970



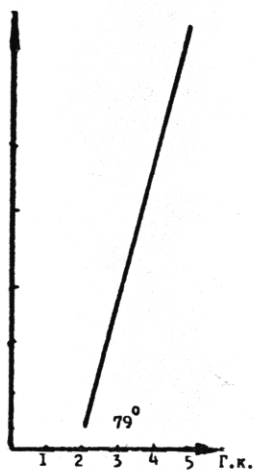
Осень 1982



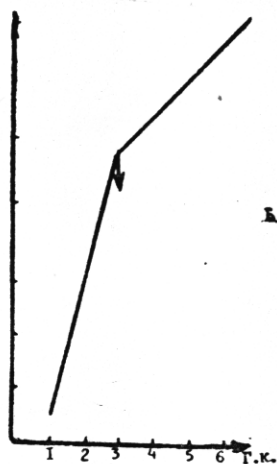
НАКОПЛЕННИЙ ЗАВЯДОВ



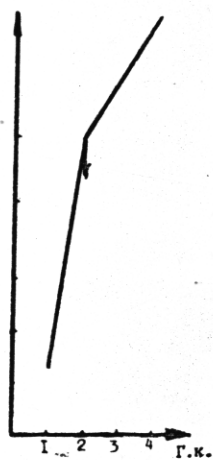
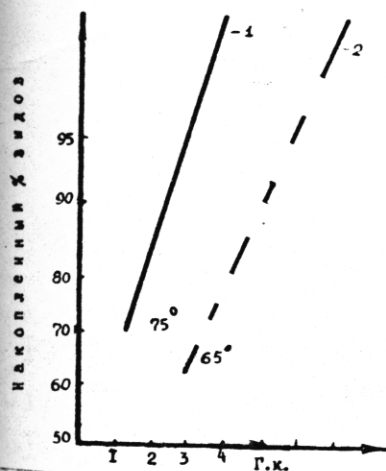
79°



Б



НАКОПЛЕНИИ % ЭНДОВ



B

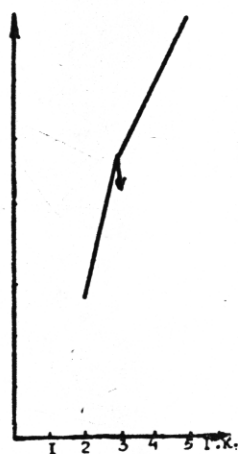


Рис. 5

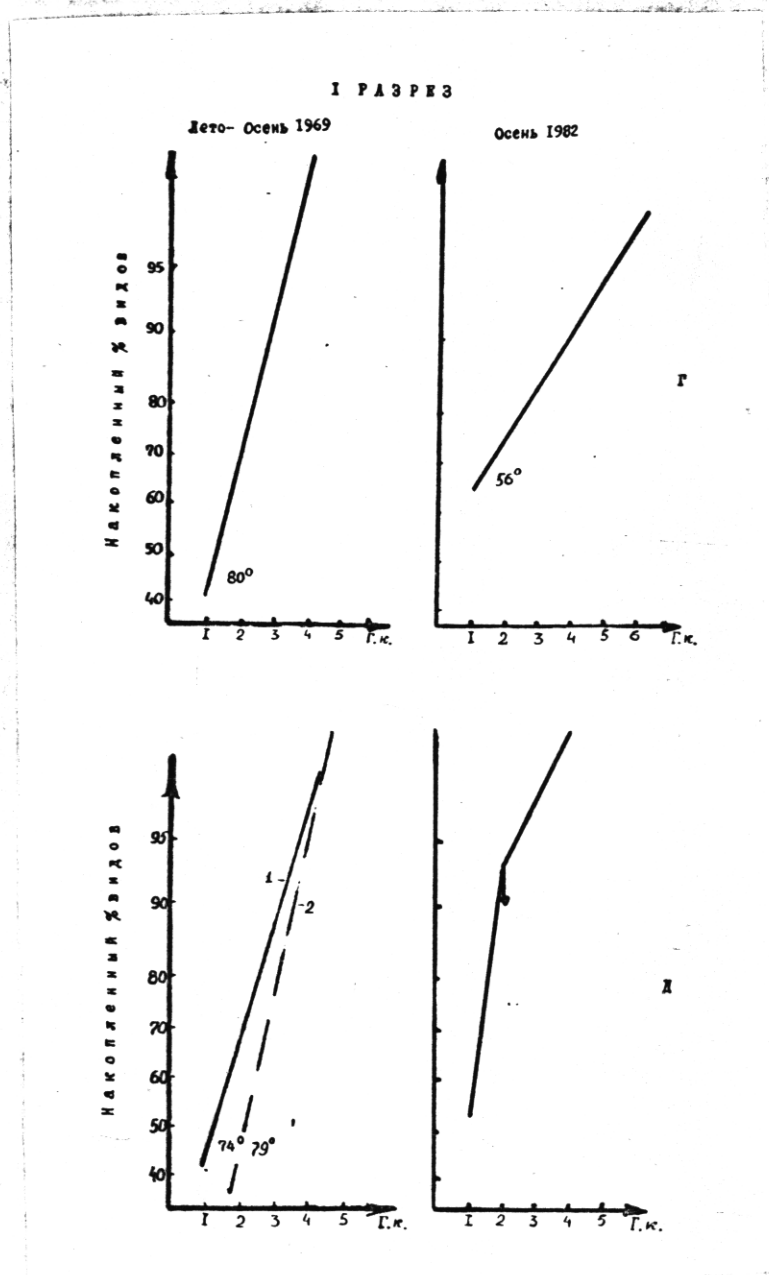


Рис. 5 . Изменение структуры сообществ нематод по глубинам I разреза(1969-1982г.г.); Глубина: А-40м, Б-50м, В- 60м, Г- 70м, Д- 80м. 1- лето 1969г., 2- осень 1969г.

П Р А З Р Е З

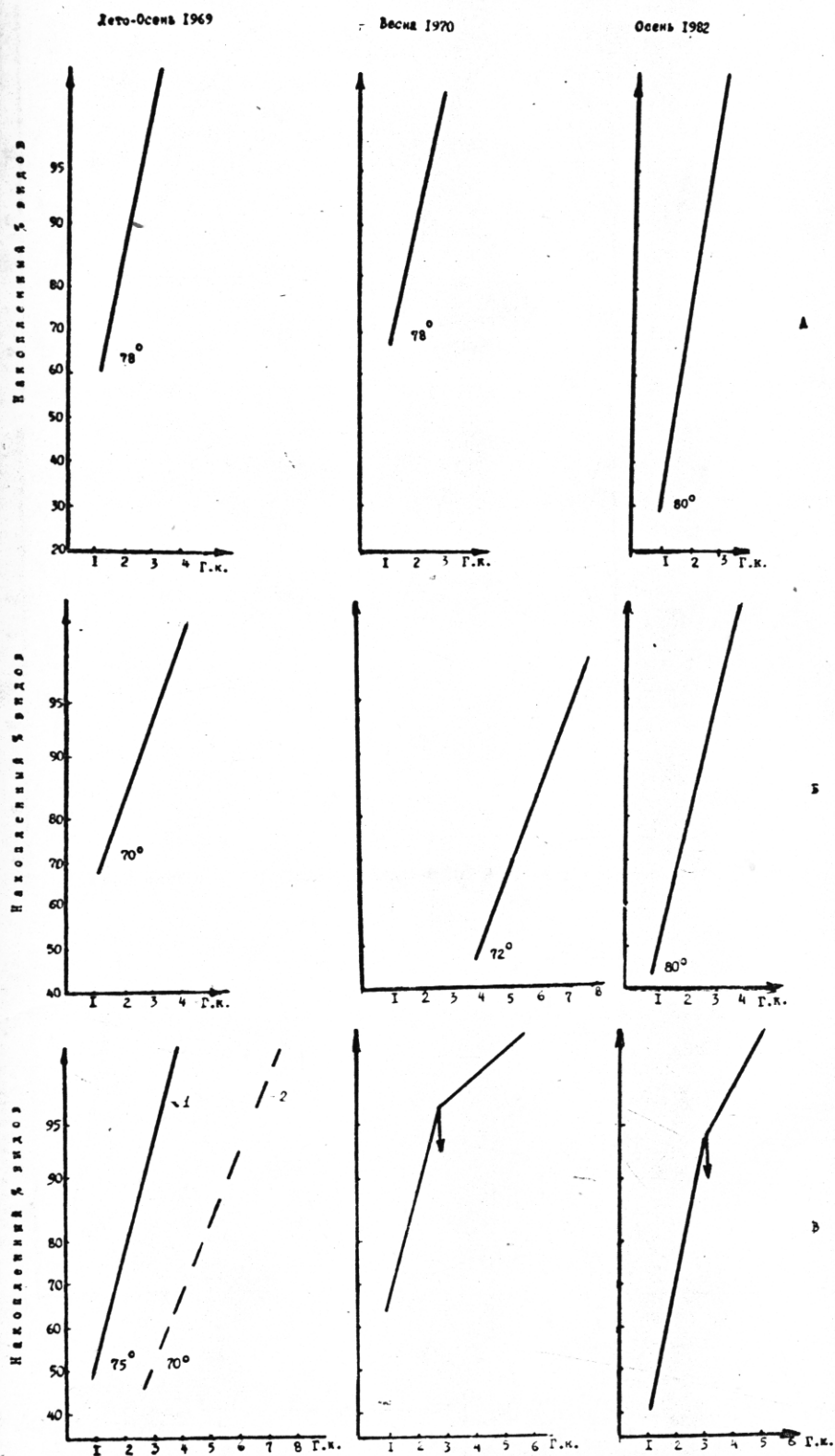


Рис. 6

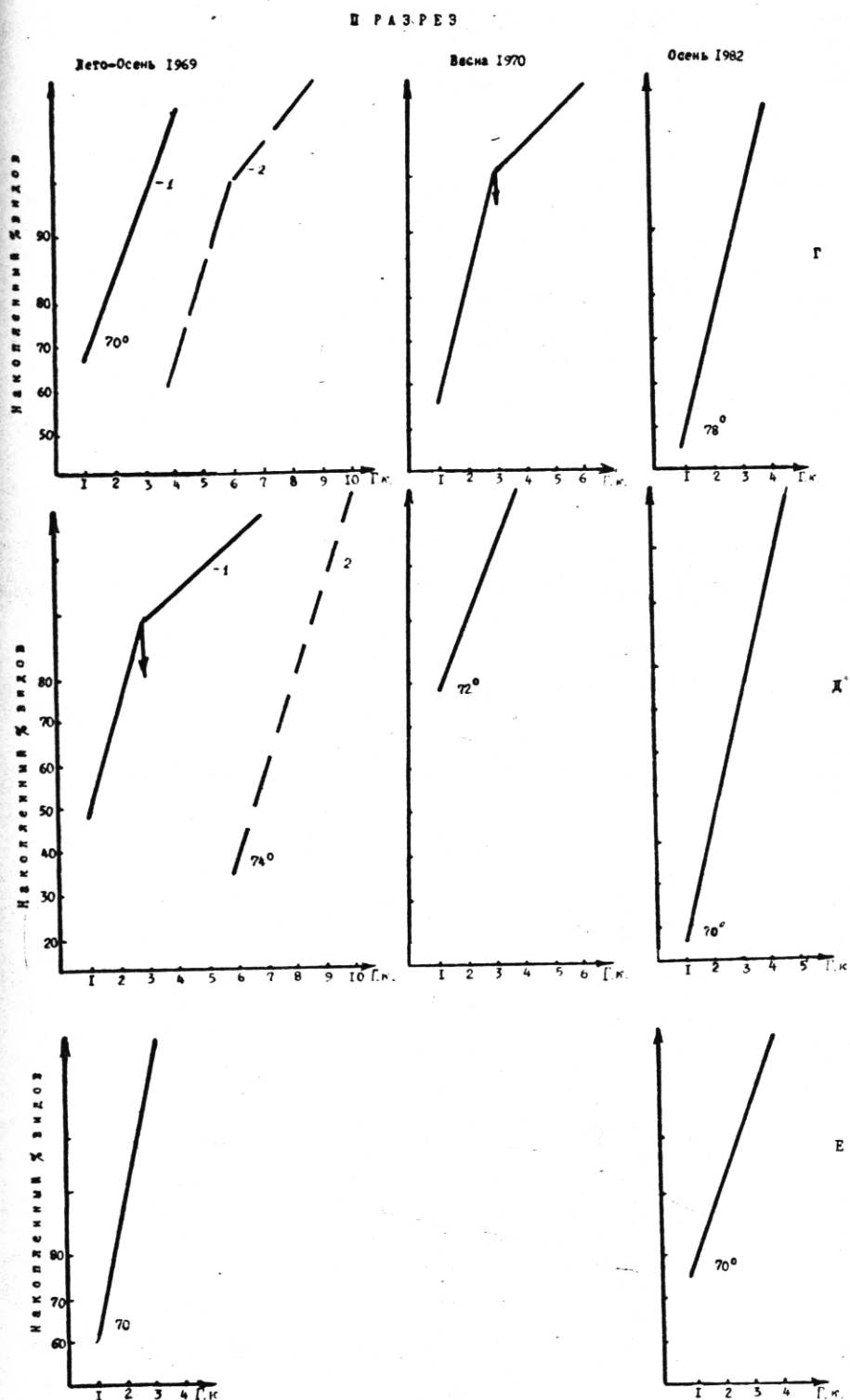


Рис.6. Изменение структуры сообществ нематод по глубинам П разреза; глубина: А- 20м, Б- 30м, В- 40м, Г- 50м, Д- 60м, Е- 80 м. 1- лето 1969г., 2- осень 1969г.

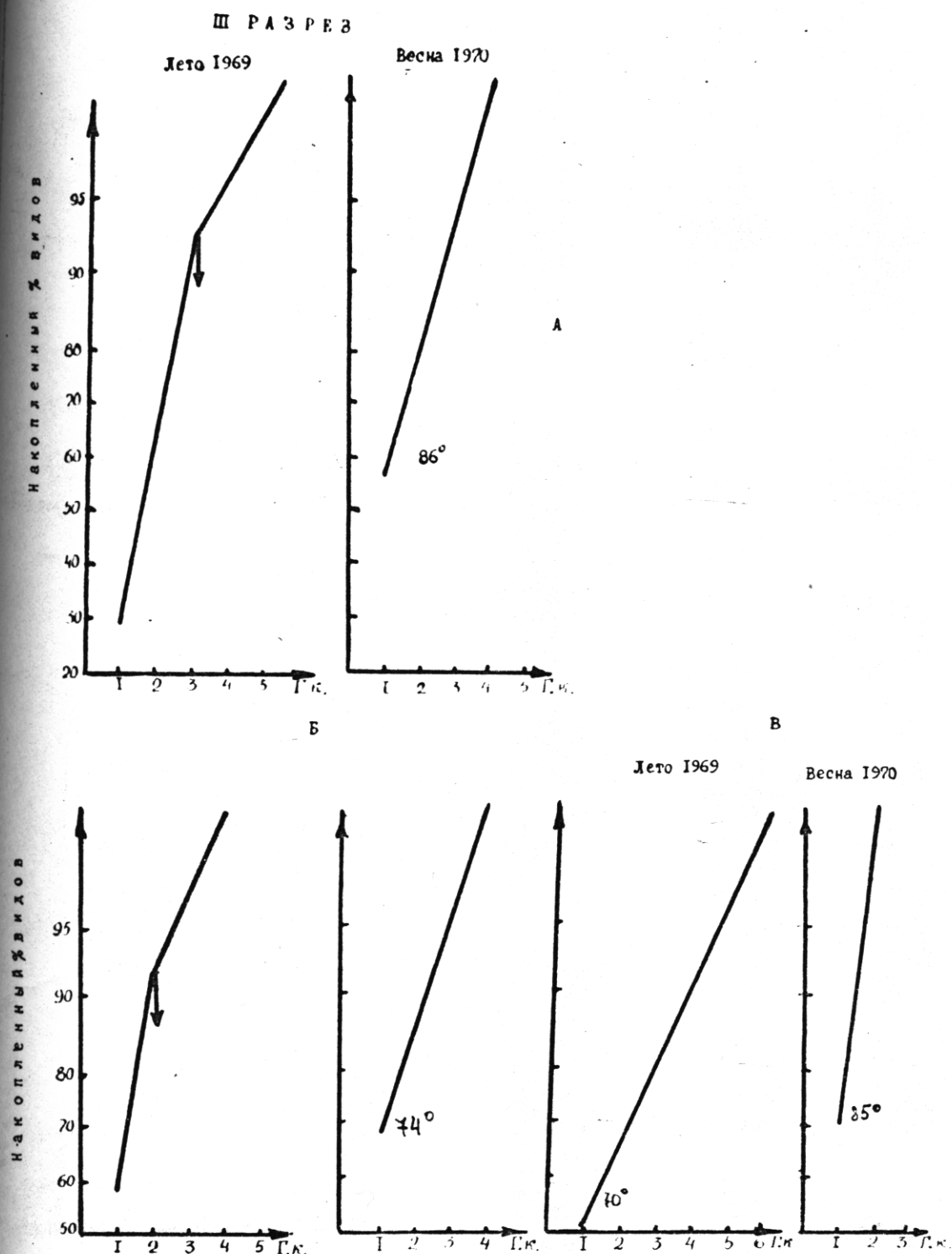


Рис. 7. Изменение структуры сообществ нематод по глубинам III разреза (1969-1970г.г.); глубина : А- 50м, Б-60м, В- 70м, Г- 80м, Д- 90м, Е- 100 м .

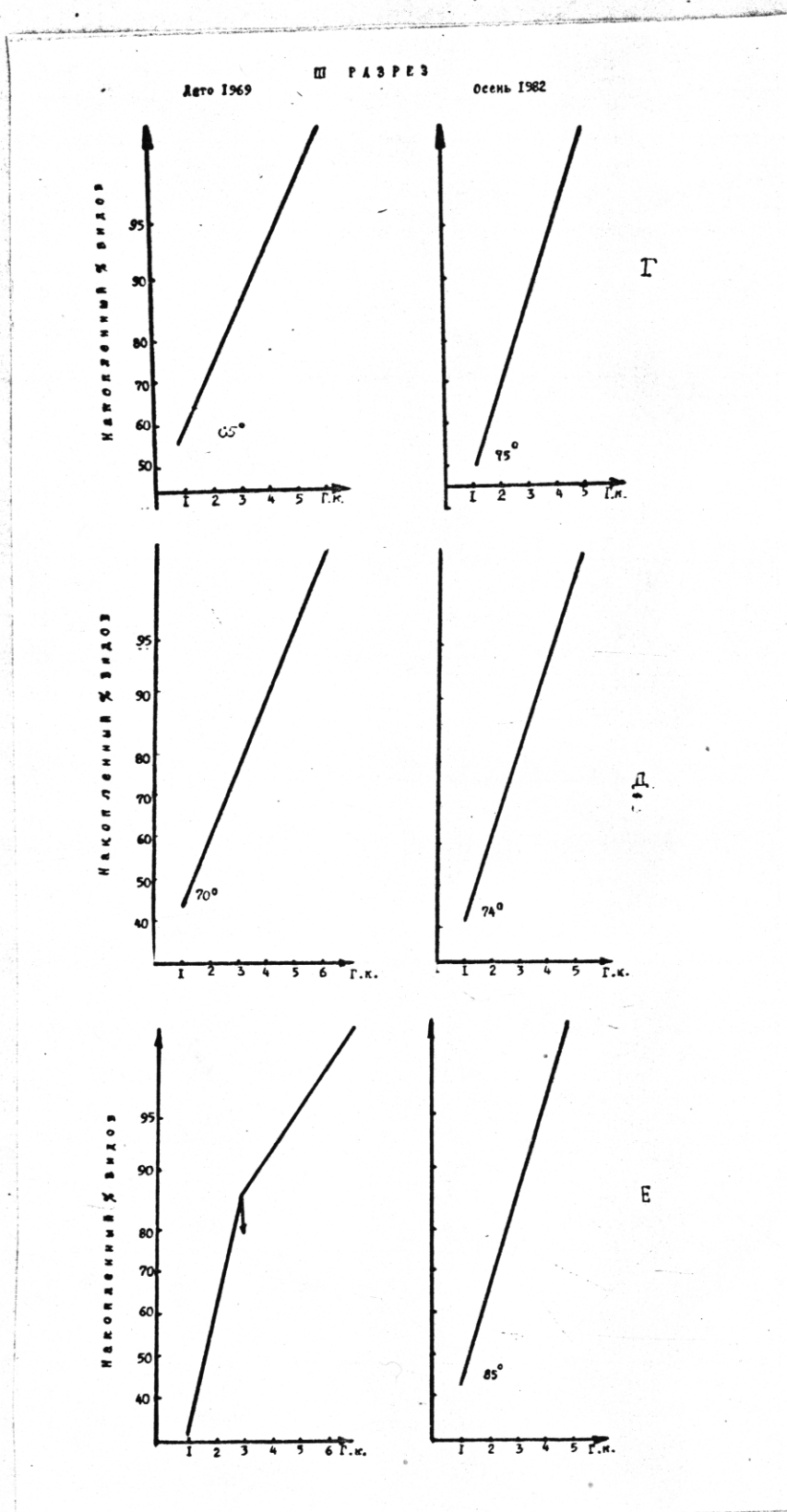


Рис. 7

Параметры лог-нормальной модели сообществ свободноживущих нематод в условиях поступления сточных вод: диапазоны изменения углов наклона ($^{\circ}$) и классы (кл.) разрыва графиков

Глубина, м	I разрез				II разрез				III разрез		
	I	2	3	4	I	2	3	4	I	3	4
10	-х	-	75 ⁰	-	-	78 ⁰	-	62 ⁰	-	-	-
20	70 ⁰ -80 ⁰	75 ⁰	80 ⁰	3кл.	78 ⁰ -84 ⁰	-	78 ⁰	70 ⁰ -80 ⁰	-	85 ⁰	-
30	-	-	-	3кл.	72 ⁰ -82 ⁰	-	-	80 ⁰	-	-	-
40	2;3 кл.	82 ⁰	-	60 ⁰	75 ⁰	70 ⁰	3кл.	2;3кл.	2кл.	-	-
50	60 ⁰ -80 ⁰	79 ⁰	80 ⁰	4кл.	70 ⁰	6кл.	3кл.	78 ⁰ -80 ⁰	3кл.	86 ⁰	-
60	75 ⁰ -80 ⁰	65 ⁰	2кл.	3кл.	4кл.	74 ⁰	72 ⁰	78 ⁰ -83 ⁰	2кл.	74 ⁰	-
70	78 ⁰ -80 ⁰	-	-	56 ⁰ -60 ⁰	70 ⁰ -80 ⁰	-	72 ⁰	-	72 ⁰ -78 ⁰	85 ⁰	-
80	74 ⁰	79 ⁰	-	2;3кл.	-	70 ⁰	-	70 ⁰ -80 ⁰	65 ⁰	-	70 ⁰ -73 ⁰
85	-	-	-	-	-	-	-	63 ⁰	-	-	80 ⁰
90	-	3;4кл.	-	-	-	80 ⁰	-	-	70 ⁰ -78 ⁰	-	74 ⁰ -80 ⁰
100	72 ⁰ -74 ⁰	-	-	-	-	80 ⁰	2кл.	-	3кл.	-	80 ⁰

х- расчеты параметров лог-нормальной модели не проводились, т.к. в пробе насчитывалось недостаточное количество экземпляров нематод для статистической обработки.

I- лето 1969г., 2- осень 1969г., 3-весна 1970г., 4-осень 1982г.

Таблица 2

Изменение классов численности в лог-нормальной модели сообществ свободноживущих нематод в условиях поступления сточных вод.

Глубина, м	I разрез				II разрез				III разрез			
	I	2	3	4	I	2	3	4	I	2	3	4
К л а с с ы												
10	-х	-	3	-	-	2	-	3	-	-	-	-
20	2-4	3	3	-	2	-	2	2-4	-	-	-	-
30	-	-	-	5	3-4	4	-	3	-	-	-	-
40	4-5	2	-	5	3	5	5	4	3	-	-	-
50	2-6	4	4	5	2	5	5	3	4	-	3	-
60	3	5	3	3-4	7	4	3	4	4	-	3	-
70	3-5	-	-	4-5	2-4	-	3	-	3-4	-	I	-
80	4	3	-	3-5	-	4	-	4	3	-	-	3-4
85	-	-	-	-	-	-	-	4-5	-	-	-	4
90	-	3	-	-	-	2	-	-	3-5	-	-	4
100	3-4	-	-	-	-	2	3	-	6	-	-	4-5

х- расчеты параметров лог-нормальной модели не проводились, т.к. в пробе насчитывалось недостаточное количество экземпляров для статистической обработки.

I- лето 1969г., 2 -осень 1969г., 3-весна 1970г., 4-осень 1982г.