

РЕПРОДУКТИВНЫЙ ЦИКЛ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПИТАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHORUS JAPONICUS* В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ОХОТОМОРСКОЙ СТОРОНЫ ОСТРОВА КУНАШИР, ЮЖНЫЕ КУРИЛЫ

С. В. Дубровский, Я. В. Похлёбкина

Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск)

Об обитании трепанга у острова Кунашир в литературе впервые упоминается в 1912 г. (Mitsukuri, 1912), но только в 1994 г. появились сообщения о наличии в прибрежье острова его промысловых скоплений (Сергеенко, Огородников, 1994). Позднее были получены данные об особенностях распределения, размерно-возрастной структуре, смертности в популяции трепанга у острова Кунашир (Дубровский, Вышкварцев, 2002, 2004). Однако сезонная динамика некоторых биологических процессов этого вида голотурий, таких, как генеративная и кормовая активность, в данном районе оставалась неизученной.

Данные вопросы биологии дальневосточного трепанга на различных участках ареала изучаются достаточно давно (Mitsukuri, 1903; Kinoshita, Sibuya, 1936, 1936a; Kinoshita, 1938; Tanaka, 1958; Choe, 1963; Низовская, 1971; Мокрецова и др., 1975; Касьянов и др., 1976; Ito, Kitamura, 1998, Liu et al., 2002). Было показано, что общая схема развития гонад в различных популяциях сходна, тогда как продолжительность, сроки развития отдельных стадий зрелости и, как следствие, сроки нерестового периода могут сильно различаться. Также отмечается сезонность и в интенсивности питания этих голотурий. В связи с этим целью работы было изучение репродуктивного цикла и кормовой активности дальневосточного трепанга в прибрежье охотоморской стороны острова Кунашир.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводились в прибрежье охотоморской стороны острова Кунашир в период с 18 мая по 25 декабря 2006 г. на участке ручей Тройной (скала Черная) – мыс Спиридонова (рис. 1). Сбор материала производился при помощи водолазов в пределах глубин от 0 до 40 м. При проведении биологического анализа голотурий использовали электронные весы с точностью до 0,5 г. Температуру воды и глубину определяли с помощью прибора АБТ-1 (автономный батиметрический термограф).



Рис. 1. Район исследований дальневосточного трепанга в прибрежье охотоморской стороны о. Кунашир

С периодичностью не менее одного раза в неделю проводился биологический анализ трепангов, исследовано 1593 особи. Определялась масса кожно-мышечного мешка (КММ), гонад и кишечника. Анализ половой структуры скоплений проводили визуально по данным августа. Гонады в это время имели максимальное развитие, и половая принадлежность определялась наиболее точно по их цвету и структуре. Согласно литературным данным (Левин, 2000), гонады самцов имеют белый цвет с возможным присутствием некоторых оттенков, самок – розоватые и оранжевые цвета.

В качестве критерия оценки стадии зрелости гонад использовали методику У. Такаи и К. Каваматы (Такаа, Kawamata, 1996) по форме гонад и их весу. В последующем для каждого животного определялся его гонадный индекс (ГИ) как процентное отношение массы гонад к массе КММ:

$$ГИ = \text{Масса гонад} * 100 / \text{Масса КММ}.$$

Также производился расчет индекса кишечного наполнения (ИКН) как процентное отношение массы кишечника с содержимым к массе КММ:

$$ИКН = \text{Масса кишечника} * 100 / \text{Масса КММ}.$$

Наполнение кишечника визуально ранжировалось по 4-балльной шкале: 0 – кишечник пустой или атрофирован; 1 – малое наполнение (1–30%); 2 – среднее наполнение (30–70%); 3 – кишечник полный (70–100%).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В водолазных сборах популяция дальневосточного трепанга была представлена особями с массой КММ от 1 до 439 г, при среднем значении $123,4 \pm 64,5$ г ($n=5705$ экз.). Половые продукты присутствовали у особей с массой КММ 80 г и более.

Как показали наши исследования, ГИ трепанга характеризуется значительными сезонными изменениями (рис. 2А). В период с мая по август он увеличивается, достигая максимума в первой декаде августа, при температуре воды около $15,4^\circ\text{C}$ (рис. 2В), составляя в среднем 3,1%. Максимальный индивидуальный показатель ГИ отмечался именно в этот период и составлял 14%.

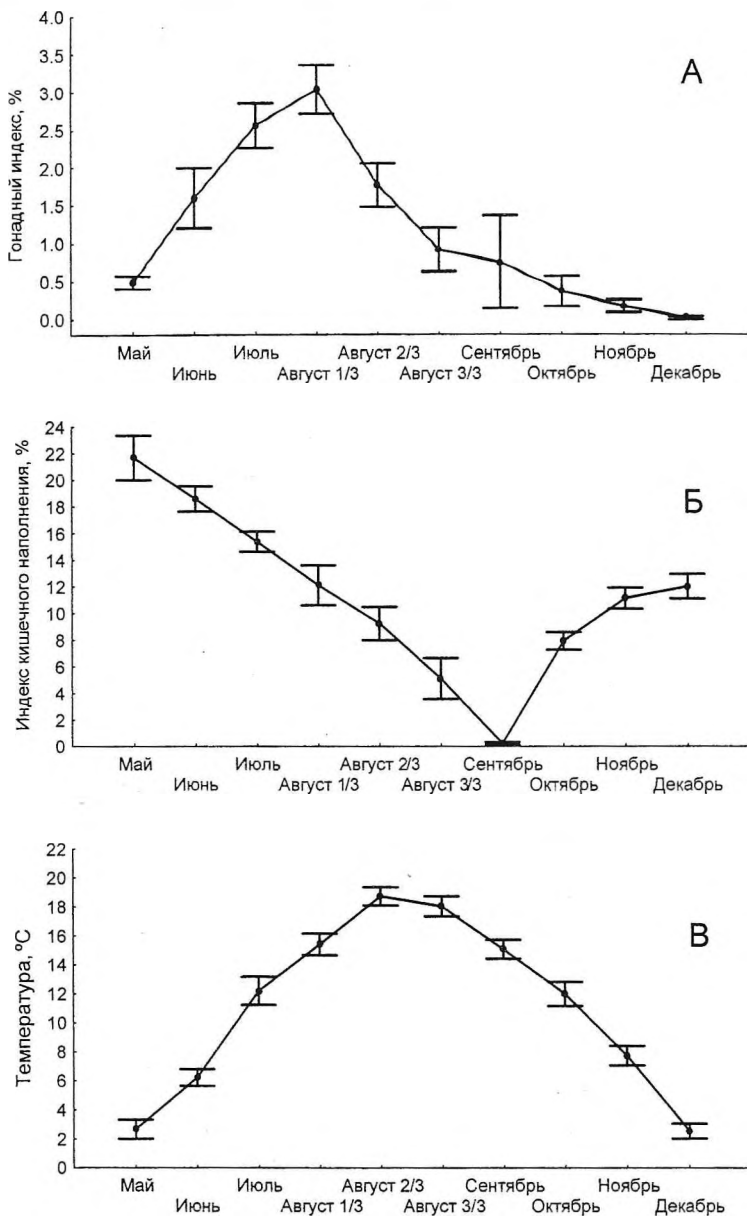


Рис. 2. Сезонные вариации гонадного индекса (А), индекса кишечного наполнения (Б) ($\pm SE$) у дальневосточного трепанга и температура придонного слоя воды (В)

В течение второй и третьей декад августа, в период максимального прогресса вод до 19°C, ГИ резко снижается и в третьей декаде составляет в среднем 1,1%. Затем, с сентября по декабрь, он снижается относительно плавно с 0,9% до 0,2 и 0,1% соответственно в ноябре и декабре. Имеется положительная корреляция температуры воды и ГИ ($r=0,64$, $p<0,05$).

Сезонная изменчивость степени зрелости гонад представлена на рисунке 3А.

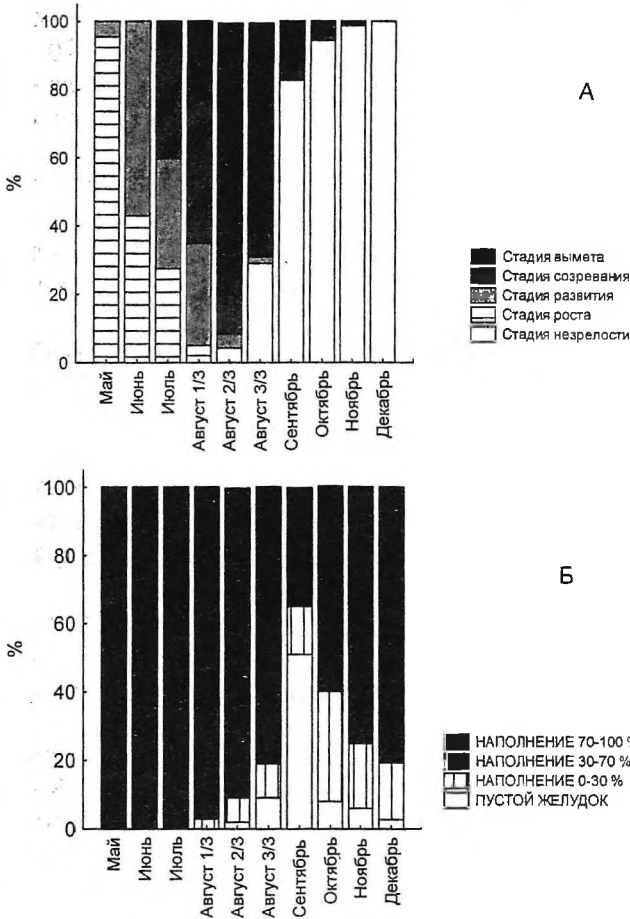


Рис. 3. Сезонная динамика стадий развития гонад (А) и наполнения кишечника (Б) дальневосточного трепанга у о. Кунашир в 2006 г.

В мае основная часть особей имеет гонады на стадии «роста», их доля составляет более 95%. В июне уже преобладают животные с гонадами на стадии «развития» – более 56%. В июле значительную долю составляют особи с гонадами на стадиях «развития» и «созревания» – более 32% каждая. В это же время появляется небольшая группа нерестящихся трепангов с гонадами на стадии «вымета» (7,9%), когда репродуктивные клетки в процессе нереста выметываются и гонады уменьшаются. В первой декаде августа наиболее многочисленна группа с гонадами на стадии «созревания» (42,0%), повышается доля особей с гонадами на стадии «вымета» (22,9%), и появляются трепанги с гонадами на стадии «незрелости» (2,1%), когда невозможно различить структуру гонад, т. е. отнерестившиеся особи. Наибольшее количество голотурий с гонадами на стадии «вымета» (более 60%) приходится на вторую и третью декады августа, когда температура воды имеет максимальные значения (см. рис. 2В). В сентябре их количество резко снижается до 14,3%, а доля животных с гонадами на стадии «незрелости» увеличивается до

82,7%. Далее, до декабря, доля особей с гонадами на стадии «вымета» постепенно снижается до 0%, а на стадии «незрелости» возрастает до 100%.

Таким образом, массовый нерест происходил во второй и третьей декадах августа, когда отмечалось наибольшее количество особей с гонадами на стадии «вымета» и резкое снижение ГИ. Температура воды имела максимальные значения. Нерестящиеся группировки трепангов визуально отмечались с 13 июля до 18 ноября при температуре воды от 8 до 20°C.

Как правило, нерест происходил в диапазоне глубин 12–18 м. Перед нерестом наиболее многочисленные скопления трепангов обитают в диапазоне глубин 20–40 м. Очевидно, в нерестовый период происходит миграция особей на относительно мелководье. В августе соотношение полов было близко к 1:1. Доля самцов и самок составила соответственно 51,4 и 48,6%.

Считается, что сроки нерестового сезона дальневосточного трепанга зависят от термических условий района, и нерест в различных популяциях может происходить с марта по сентябрь, при достижении температуры воды 13–22°C. В теплых южных районах нерест протекает раньше, чем в прохладных северных (Левин, 2000).

Так, у северо-западной части о. Кюсю трепанг нерестится в период март–май (Ito, Kitamura, 1998). Т. Киносита, С. Сибуя и У. Танака (Kinosita, Sibuya, 1936, 1936a; Kinosita, 1938; Tanaka, 1958a) сообщали, что нерестовый период у трепанга на юге о. Хоккайдо растянут с апреля по сентябрь и может происходить при температуре воды от 12 до 22°C. Пик нереста приходился на период конец июня – начало июля. На западном побережье Хоккайдо, у г. Ейчи, нерест происходил в период с июля по сентябрь, а его пик приходился на период вторая–третья декада июля (Такава, Kawamata, 1996). К сожалению, авторы не оговаривают термический режим.

В районе г. Циндао – южный участок распространения дальневосточного трепанга в Желтом море, массовый нерест происходит с конца мая до середины июня и с конца июня до начала августа на севере Желтого моря, при увеличении температуры воды до 16–17°C (Liu et al., 2002).

В зал. Петра Великого, в частности в зал. Восток, период массового нереста приходился на конец июля – середину августа при температуре воды 18–22°C (Касьянов и др., 1976). В бухте Новгородская пик нереста отмечался в тот же временной период при температуре воды 21–25°C (Мокрецова и др., 1975). К сожалению, авторы не указали, для какого диапазона глубин были характерны столь высокие значения температур.

Полученные нами данные о сроках массового нереста трепанга относительно хорошо согласуются с данными для прибрежных вод западного Хоккайдо, а также Приморья, несмотря на более суровый термический режим Охотского моря, в водах которого располагается о. Кунашир. Очевидно, следствием этого являются незначительный сдвиг периода нереста на более поздние сроки и его растянутость на более длительный период.

Кормовая активность трепангов также была подвержена сезонным изменениям, что отражено на рисунках 2Б и 3Б. С мая по июль наполнение кишечника доходило до 100%. В этот период все животные активно питались. Тем не менее, ИКН снижается с 21,5 до 15,4%.

В августе, в период генеративной активности голотурий и увеличения температуры воды (см. рис. 2В), доля особей с полным кишечником снизилась до 54% (см. рис. 3Б). Показатель ИКН снизился до 7% (см. рис. 2Б), что может свидетельствовать о снижении трофической активности.

В сентябре, после периода массового нереста, отмечается большое количество особей с редуцированными внутренними органами, в том числе и кишечником. Доля таких животных составляет около 51%. Трофическая активность трепанга в этот период резко снизилась, и ИКН составил всего около 0,2%, что является минимальным сезонным значением (см. рис. 2).

С октября до декабря ИКН увеличивается до 11,8%, а доля особей с наполненным кишечником возрастает до 48%, т. е. кормовая активность голотурий возрастает. Имеется отрицательная корреляция температуры воды и ИКН ($r = -0,55$, $p < 0,05$).

В зал. Петра Великого максимальный ИКН отмечался в апреле – начале мая, составляя 20–45%. Минимальный ИКН отмечался в августе, на месяц ранее, чем на Кунашире, составляя 0–10% (Левин, 2000).

Согласно литературным данным, кормовая активность трепанга в течение года варьируется во всем ареале. При прогреве вод наступает период эстивации (летнего покоя), когда внутренние органы атрофируются, животные занимают какие-либо укрытия, перестают двигаться и питаться. В разных районах ареала сроки начала и продолжительность периода эстивации очень сильно варьируются. В целом, считается, что на севере ареала его продолжительность сокращается (Левин, 2000).

Некоторые авторы, на основании аквариальных исследований, указывают, что период эстивации зависит от температуры воды. Пороговая температура начала эстивации для половозрелых особей составляет 20°C (Yang et al., 2006) и 21,8°C (Li et al., 1996), а ее продолжительность в южных районах ареала может достигать до четырех месяцев.

У острова Кунашир в период с августа по декабрь нами были встречены особи в состоянии эстивации (см. рис. 3Б). Как правило, это были недавно отнерестившиеся особи. Ярко выраженный отрицательный пик данного периода приходился на сентябрь, вслед за пиком нереста в августе (см. рис. 2), когда средняя температура воды составляла около 15°C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ярко выраженный пик ГИ приходился на первую декаду августа, перед максимальным прогревом придонных вод. Период нереста растянут с июля по ноябрь, массовый нерест происходил во второй и третьей декадах августа, когда температура воды имела максимальные значения. Запрет на промысел должен вводиться в период с 15 июля по 30 августа, когда наблюдается максимальная генеративная активность голотурий.

Кормовая активность к периоду массового нереста снижается, о чем свидетельствует отрицательная динамика индекса кишечного наполнения. Его минимальное значение приходится на сентябрь, когда отмечалась значительная доля отнерестившихся особей, находящихся в состоянии эстивации. В период октябрь–декабрь интенсивность питания животных возрастает.

Очевидно, что в изучаемом нами районе эстивация трепанга объясняется в первую очередь постнерестовым физиологическим состоянием особей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровский, С. В. Распределение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Aspidochirotida, Stichopodidae) у острова Кунашир, южные Курилы / С. В. Дубровский, Д. И. Вышкварцев // Тр. СахНИРО. – 2002. – Т. 4. – С. 236–244.
2. Дубровский С. В. Размерно-возрастная структура и смертность дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Aspidochirotida, Stichopodidae) у острова Кунашир, южные Курилы / С. В. Дубровский, Д. И. Вышкварцев // Тр. СахНИРО. – 2004. – Т. 6. – С. 265–272.
3. Сроки размножения и состояние гонад в нерестовый период у массовых видов двустворчатых моллюсков и иглокожих залива Восток Японского моря / В. Л. Касьянов, А. Ф. Кукин, Л. А. Медведева, Ю. М. Яковлев // Биол. исслед. зал. Восток. – Владивосток, 1976. – С. 156–167.
4. Левин, В. С. Дальневосточный трепанг / В. С. Левин. – СПб. : Голанд, 2000. – 200 с.
5. Мокрецова, Н. Д. Распределение и колебания численности личинок трепанга в бухте Новгородской (залив Посъета) / Н. Д. Мокрецова, А. В. Кучерявенко, Л. Н. Кошкарева // Изв. ТИРО. – 1975. – Т. 96. – С. 296–301.
6. Низовская, Л. В. Морфология и сезонные изменения гонад у трепанга / Л. В. Низовская // Биол. и мед. исслед. на ДВ. – Владивосток, 1971. – С. 149–153.
7. Сергеенко В. А. Некоторые результаты исследований трепанга о. Кунашир / В. А. Сергеенко, В. С. Огородников // Рыбохоз. исслед. в Сах.-Курил. р-не и сопред. акваториях. – Ю-Сах., 1994. – С. 95–97.
8. Choe, S. Japanese common sea cucumber – behavior, biology and propagation of *Stichopus japonicus* Selenka / S. Choe. – Tokyo: Kaibundo, 1963. – 226 p.
9. Ito, S. Technical development in seed production of the japan sea cucumber, *Stichopus japonicus* / S. Ito, H. Kitamura // Beche-de-mer Inform Bulletin. – 1998. – No. 10. – P. 24–28.
10. Kinoshita, T. Investigation on the spawning season of *Stichopus japonicus* / T. Kinoshita, S. Sibuya // Hokkaido Suisan Shikenjyo Junpo. – 1936. – Vol. 311. – P. 11–12. – (На яп. яз.).
11. Kinoshita, T. Investigation on the spawning season of *Stichopus japonicus* / T. Kinoshita, S. Sibuya // Hokkaido Suisan Shikenjyo Junpo. – 1936a. – Vol. 312. – P. 4–5. – (На яп. яз.).
12. Kinoshita, T. A study on the spawning season of *Stichopus japonicus* / T. Kinoshita // Hokkaido Suisan Shikenjyo Junpo. – 1938. – Vol. 373. – P. 1–7.
13. Study on aestivating habit of sea cucumber (*Apostichopus japonicus* Selenka): 2. The factors relating to aestivation / F. Li, Y. Liu, B. Song et al. // J. Fish. Sci. China. – 1996. – No. 3. – P. 49–57.
14. Liu, X. Analyses and countermeasures on common problems occurring in hatcheries of sea cucumber / X. Liu, B. Gu, X. Zhang // Modern Fisheries Message. – 2002. – P. 26–27.
15. Mitsukuri, K. Notes on the habits and life history of *Stichopus japonicus* Selenka / K. Mitsukuri // Annot. Zool. Japon. – 1903. – Vol. 5. – P. 1–21. – (На яп. яз.).
16. Mitsukuri, K. Studies on the actinopodous Holothurioidea / K. Mitsukuri // J. Coll. Sci. Univ. Tokyo. – 1912. – VC. 29, part. 2. – P. 1–284. – (На яп. яз.).
17. Takaya, Y. A handy method for detection on gonadal development of the sea cucumber, *Stichopus japonicus* / Y. Takaya, K. Kawamata // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. – 1996. – No. 49. – P. 23–26.
18. Tanaka, Y. Feeding and digestive processes of *Stichopus japonicus* / Y. Tanaka // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. – 1958. – Vol. 9, No. 1. – P. 14–28.
19. Tanaka, Y. Seasonal changes occurring in the gonad of *Stichopus japonicus* / Y. Tanaka // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. – 1958a. – Vol. 9, No. 1. – P. 29–36.
20. Metabolic characteristics of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) during aestivation / H. Yang, Y. Zhou, T. Zhang et al. // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 2006. – Vol. 330, No. 2. – P. 505–510.

Дубровский, С. В. Репродуктивный цикл и интенсивность питания дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в прибрежных водах охотоморской стороны острова Кунашир, южные Курилы / С. В. Дубровский, Я. В. Похлёбкина // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2007. – Т. 9. – С. 118–124.

Изучали особенности репродуктивного цикла и интенсивность питания дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в прибрежье охотоморской стороны острова Кунашир в период с мая по декабрь. Проанализирована динамика сезонного изменения гонадного индекса (ГИ) и индекса кишечного наполнения (КИ) дальневосточного трепанга, в результате чего установлены сроки нереста, кормовой активности и периода эстивации. Имеется положительная корреляция температуры воды и ГИ ($r=0,64$, $p<0,05$), а также отрицательная корреляция температуры воды и КИ ($r=-0,55$, $p<0,05$). Массовый нерест происходит в период с середины июля до конца августа. Среднее значение ГИ достигает максимума в 3,1% в начале августа, перед периодом максимального прогрева придонных вод, при температуре около 16°C. Кормовая активность в период массового нереста снижается. В сентябре, после массо-

вого нереста, наступает период эстивации, когда голотуррии перестают питаться и располагаются в различных укрытиях. КИ в это время составляет 0,2%. С октября до декабря интенсивность питания животных возрастает.

Ил. — 3, библиогр. — 20.

Dubrovskiy, S. V. Reproductive cycle and feeding intensity of far-eastern sea cucumber *Apostichopus japonicus* in the Okhotsk Sea coastal waters near Kunashir Island (southern Kuril Islands) / **S. V. Dubrovskiy, Ya. V. Pokhlebkina** // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography. – Yuzhno-Sakhalinsk : SakhNIRO, 2007. – Vol. 9. – P. 118–124.

The reproductive cycle and feeding intensity of the far-eastern sea cucumber *Apostichopus japonicus* in the Okhotsk Sea coastal waters near Kunashir Island have been studied since May through December. Dynamics of seasonal changes in gonad index (GI) and index of intestine fullness (FI) was analyzed, and timing of spawning period, feeding activity, and estivation period was established. There are both a positive correlation of water temperature and GI ($r=0,64$, $p<0,05$) and a negative correlation of water temperature and FI ($r=-0,55$, $p<0,05$). A bulk spawning takes place since mid July to late August. The mean GI reaches the maximum (3.1%) in early August before the period of maximal warming of the near-bottom waters at about 16°C. The feeding activity decreases during the bulk spawning. The estivation period is observed in September after the bulk spawning, when sea cucumbers cease feeding and settle in different shelters. In that time, FI constitutes 0.2%. The feeding intensity of animals is increasing since October to December.

Fig. – 3, ref. – 20.