

## РАЗМНОЖЕНИЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS* SELENKA В ЛАГУНЕ БУССЕ (о. САХАЛИН)

В. А. Сергеенко<sup>1</sup>, В. А. Куликова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск); <sup>2</sup>Институт биологии моря ДВО РАН (Владивосток)

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* Selenka (семейство Stichopodidae) относится к важным промысловым объектам Дальнего Востока. Трепанг имеет высокий спрос на внутреннем и внешнем рынке, и в связи с этим его запасы подвергаются сильному антропогенному прессу. В настоящее время имеется большое количество работ по биологии трепанга, однако все эти работы посвящены голотуриям, обитающим в прибрежье Приморья и Японии (Масленников, 1984; Закс, 1930; Низовская, 1971; Бирюлина, 1972; Мокрецова, 1987; Левин, 2000; Takaya and Kawamata, 1996). Совершенно отсутствуют в известной нам отечественной и зарубежной литературе сведения об особенностях гаметогенеза и сроках нереста трепанга в прибрежных водах Сахалина. Учитывая, что лагуна Буссе является самым северным участком ареала этого вида, можно ожидать здесь определенных особенностей в развитии гонад и сроках нереста трепанга. Без знания сроков массового нереста дальневосточного трепанга и нахождения личинок в планктоне невозможна рациональная эксплуатация запаса. В качестве охранных мер этого вида, издавна применяемых в странах Юго-Восточной Азии, применяется ограничение промыслового сезона в виде запрета на лов во время массового нереста (Левин, 2000; Takaya and Kawamata, 1996).

Сезонная динамика гонадного индекса отражает репродуктивное состояние гонад трепанга и готовность животных к массовому нересту (Касьянов и др., 1980, с. 19–33). Величина гонадного индекса позволяет довольно точно прогнозировать появление личинок трепанга в планктоне. Знание этих параметров позволит оперативно регулировать сроки запрета на его вылов (Сергеенко, 2002). Задачей настоящей работы является исследование биологии и экологии размножения дальневосточного трепанга: сезонной динамики развития гонад, сроков массового нереста и нахождения личинок в планктоне, а также особенностей их распределения в лагуне Буссе.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

На протяжении двух лет, в 2000–2001 гг. в летне-осенний период, три раза в месяц с глубины от 4 до 6 м собирали пробы дальневосточного трепанга для определения динамики гонадного индекса. При выполнении биоанализов взвешивали массу кожно-мышечного мешка (КММ) и гонад. При вычислении гонадного индекса (ГИ) использовали процентное отношение массы гонад к массе КММ ( $ГИ = \text{масса гонад} \times 100 / \text{масса КММ}$ ). Общая масса тела анализируемых животных составляла не менее 110 г, так как особи менее 110 г считаются неполовозрелыми, и их было решено не анализировать (Takaya and Kawamata, 1996). О сроках готовности трепанга к нересту судили по изменению массы гонад и их состоянию. Сбор планктона в лагуне Буссе и прилегающей к ней части зал. Анива проводили сетью «Норпак» с площадью входного отверстия 0,16 м<sup>2</sup> и фильтрующим конусом из газа № 49 в период с 1 августа по 17 сентября в 2000 г. и с 26 июня по 10 сентября в 2001 г. на 11 станциях, из которых семь располагались непосредственно в лагуне и три станции – в зал. Анива (рис. 1). Отбор проб производили от дна до поверхности. Температуру воды измеряли от поверхности до дна по горизонтам через 1 метр автономным батитермографом АВТ-1. В 2000 г. на двух станциях (ст. 1 – рядом с протокой и ст. 3 – в юго-восточной части над пластом анфельции) пробы брали в августе и сентябре. В близлежащей акватории зал. Анива в 2000 г. на станциях 8 и 9 сбор планктона был произведен один раз 27 августа и в 2001 г. на трех станциях (8, 9, 10), пробы планктона брали 22 августа и 5 сентября. Всего собрана 41 проба планктона в 2000 г. и 28 проб в 2001 г. Пробы фиксировали в 4%-ном растворе формальдегида и обрабатывали с использованием счетной камеры Богорова и бинокля МБС-9. При идентификации руководствовались литературой с описанием личинок и определительными таблицами (Касьянов и др., 1983; Крючкова, 1987; Куликова, Колотухина, 1989).

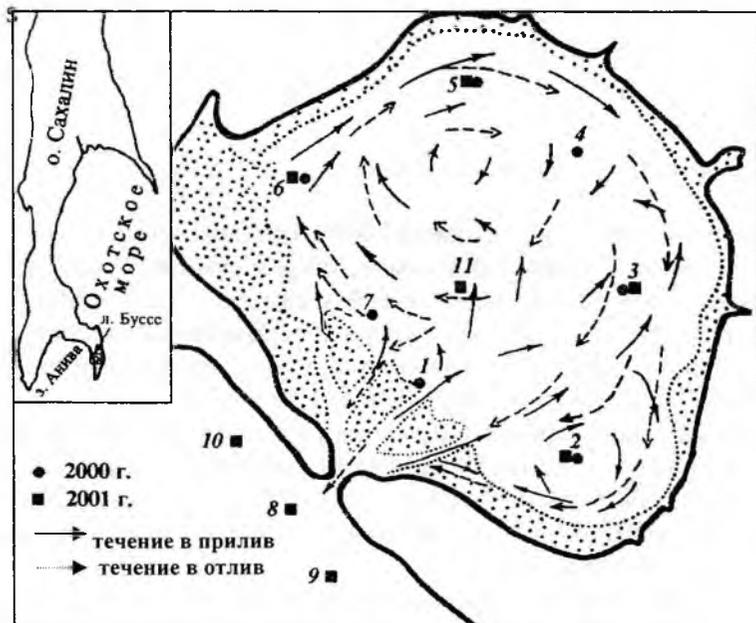


Рис. 1. Схема планктонных станций и течений в лагуне Буссе

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Рост температуры придонного слоя воды в лагуне Буссе в 2000 г. отмечался с первой декады июля. Придонная температура на глубинах 4–6 м варьировала от 14,7 до 19,8°C. В августе придонная температура изменялась от 15,2 до 21°C. Максимальный прогрев воды в 2000 г. отмечен в период с 3 по 10 августа. В середине сентября температура воды у дна составляла 17,4°C. Резкое снижение температуры воды у дна до 13,6°C отмечено в третьей декаде сентября (рис. 2). В 2001 г. в июне температура придонного слоя воды практически не повышалась, варьируя от 6,7 до 10,9°C. В июле отмечался рост температуры. В августе–сентябре ее значения близки к таковым 2000 г. Таким образом, в лагуне Буссе в период с первой декады июля по вторую декаду сентября отмечался маловыраженный слой скачка по температуре, разница между поверхностной и придонной температурой была незначительной и составляла в среднем 2–3°C. Гидродинамика лагуны определяется преимущественно приливотливными течениями и ветровыми сгонно-нагонными перемещениями воды.

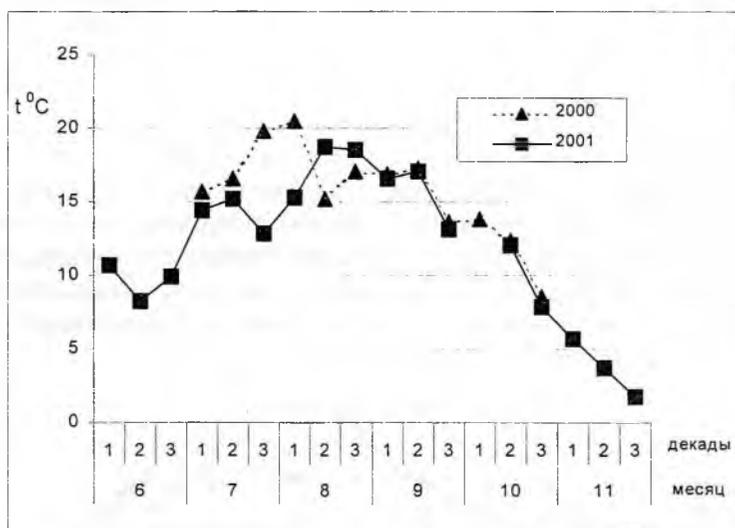


Рис. 2. Динамика температуры придонного слоя воды в лагуне Буссе в 2000 и 2001 гг.

Со второй по третью декаду июля 2000 г. гонадный индекс трепангов увеличивался довольно быстро, как у самок, так и у самцов. У самок трепанга в третьей декаде июля он составлял 16,3%, у самцов – 14,7%. Максимального значения гонадный индекс достигал в первой декаде августа и составлял 27,2% у самок и 21,6% – у самцов. Во второй декаде августа гонадный индекс у большинства особей был довольно высоким (16,1% у самок и 15,1% у самцов), и гонады были заполнены зрелыми половыми клетками. В конце августа значения гонадного индекса у самцов и самок уменьшаются вдвое, и с первой декады сентября по октябрь включительно гонады резко уменьшаются в массе, и происходит снижение гонадного индекса до минимальных значений – 0,6 и 0,5% соответственно (рис. 3).

Рост значения гонадного индекса (ГИ) трепанга в 2001 г. происходил постепенно с первой декады июня по первую декаду июля. Прирост гонадного индекса происходил синхронно у самцов и самок и составлял от 1 до 2% за

декаду. Со второй по третью декаду июля включительно половые железы животных стали быстро увеличиваться в размерах и массе. Прирост гонадного индекса к концу июля составил в среднем 4,2% у самок и 5% – у самцов. Максимальные значения гонадного индекса также отмечались в первой декаде августа и составляли 25,9% у самок и 22,4% – у самцов. Во второй декаде августа значения ГИ самцов и самок несколько снизились, но еще оставались достаточно высокими, и лишь к концу месяца уменьшились в два раза и составили 7,8% у самок и 8,5% – у самцов. В начале сентября почти все особи имели опустошенные от половых клеток и редуцированные гонады. Соответственно уменьшился и гонадный индекс: до 3,9% у самок и до 4,3% – у самцов (рис. 4).

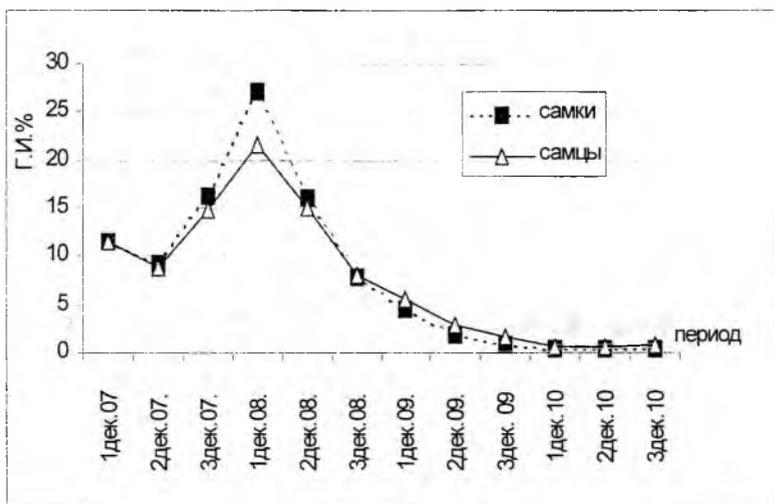


Рис. 3. Динамика гонадного индекса трепанга в лагуне Буссе в 2000 г.

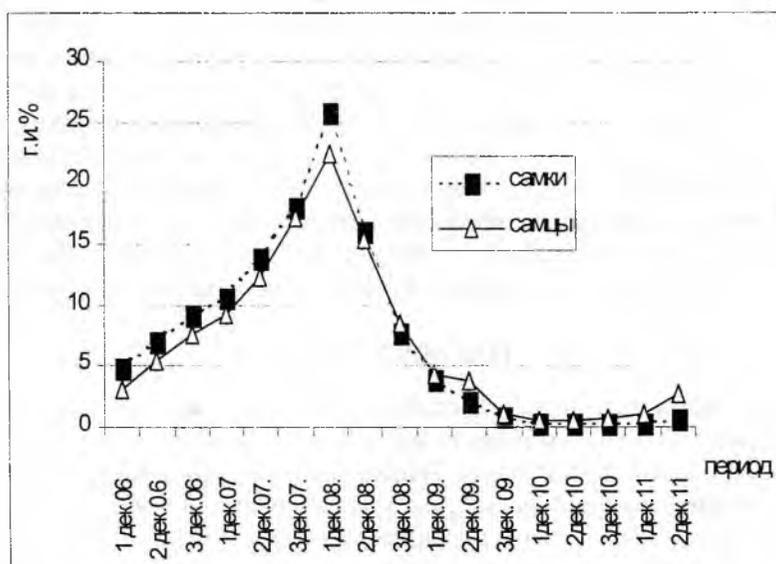


Рис. 4. Динамика гонадного индекса трепанга в лагуне Буссе в 2001 г.

До 14 августа 2000 г. на станции 3 личинки дальневосточного трепанга встречались в планктоне единично, а на станции 1 отсутствовали. В основном это были личинки на стадии ранней аурикулярии, и их плотность не превышала 33 экз./м<sup>3</sup>. В середине августа на станции 3 плотность личинок резко возросла до 1131 экз./м<sup>3</sup>, также отмечены личинки трепанга в незначительных количествах и на станции 1, где их плотность достигала 18 экз./м<sup>3</sup> (рис. 5). Во второй половине августа на станции 3 плотность личинок трепанга резко упала до 28 экз./м<sup>3</sup>, а на первой станции до 8 экз./м<sup>3</sup>. На всех других станциях, где пробы планктона брали с 19 августа, плотность личинок варьировала от 9 до 80 экз./м<sup>3</sup>. В сентябре личинки трепанга отсутствовали.

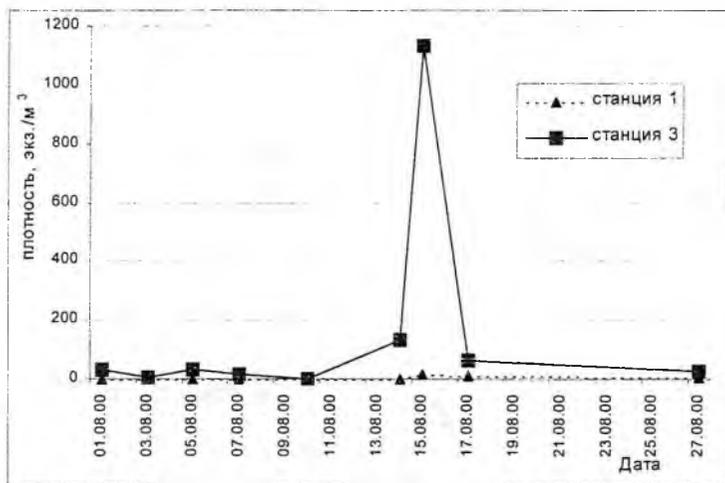


Рис. 5. Динамика плотности личинок трепанга на станциях 1 и 3 в лагуне Буссе в 2000 г.

В 2001 г. сроки появления личинок трепанга в планктоне схожи с таковыми в 2000 г. Первые личинки появились 2 августа в восточной части лагуны на станции 3, плотность их была незначительной и составляла 25 экз./м<sup>3</sup>. Максимальное количество личинок в планктоне также наблюдали в середине августа. Личинки встречались на всех станциях, их численность варьировала от 400 экз./м<sup>3</sup> в центральной части лагуны до 1378 экз./м<sup>3</sup> в северо-западной на станции 6. К концу месяца плотность личинок дальневосточного трепанга резко сократилась (рис. 6). В третьей декаде августа личинки *Apostichopus japonicus* были встречены только на двух станциях (5, 11), где численность их составила от 67 до 145 экз./м<sup>3</sup> соответственно. В начале сентября они встречались в небольшом количестве (100 экз./м<sup>3</sup>) только на станции 3. За пределами лагуны, в примыкающем к ней районе зал. Анива, личинки трепанга в планктонных пробах не обнаружены.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В 2000 г. массовый нерест трепанга и его пик отмечали в первой декаде августа, несмотря на то, что значительное количество трепанга имели уже зрелые гонады в первой декаде июля. Вымет половых продуктов, вероятно, стимулировал температурный скачок, который произошел в начале августа. Это связано, прежде всего, с резким повышением температуры воды у дна. С конца второй декады июля по первую декаду августа включительно произошло резкое увеличение температуры придонного слоя воды с 15,5 до 21°C (рис. 2).

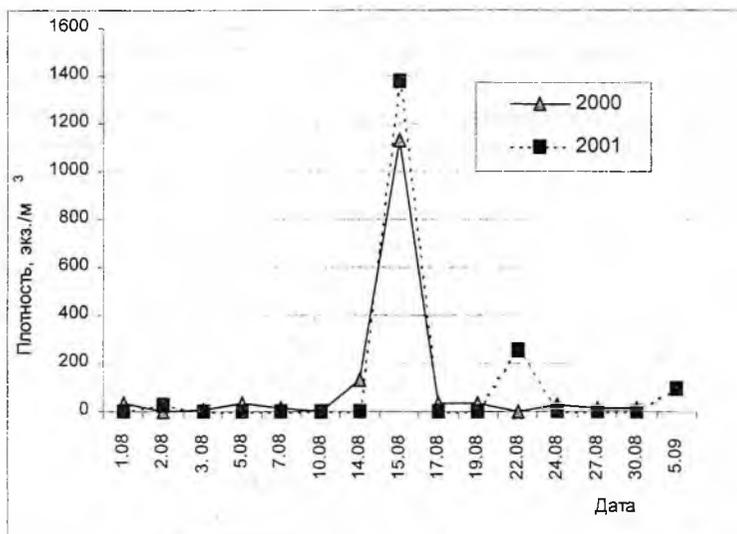


Рис. 6. Динамика плотности личинок трепанга в лагуне Буссе в 2000 и 2001 гг.

Начало массового нереста трепанга в первой декаде августа подтверждают и данные планктонной съемки. Личинки на стадии аурикуляррии единично встречались в планктоне на одной станции только в первых числах августа, причем все пойманные личинки были на стадии ранней аурикуляррии. При этом необходимо учитывать, что поздняя аурикуляррия формируется в зависимости от температуры воды через 10–14 дней после вымета яйцеклеток и спермиев в воду и начала гастрюляции (Кашенко, 1998). Их плотность в планктоне в первых числах августа не превышала 34 экз./м<sup>3</sup>. К середине августа плотность личинок возросла, достигнув максимума 1131 экз./м<sup>3</sup>, и к концу месяца вновь резко упала до 12 экз./м<sup>3</sup>. На других станциях, где пробы планктона начали отбирать с 19 августа, концентрация личинок на обеих стадиях не превышала 80 экз./м<sup>3</sup> при минимальных значениях 9 экз./м<sup>3</sup>. В конце августа личинки были встречены только на одной станции в количестве 12 экз./м<sup>3</sup>. В сентябре личинки трепанга в планктоне отсутствовали в результате их оседания на субстрат. Весь нерестовый период в 2000 г. занял примерно 1,5 месяца (с конца июля по август включительно).

Общая картина созревания половых продуктов трепанга в 2001 г. почти не отличалась от таковой в 2000 г. Пик нереста в 2001 г. также пришелся на первую декаду августа. По сравнению с предыдущим годом, сезон нереста трепанга в 2001 г. был несколько короче и более синхронным. Общий период нереста, по видимому, занял один месяц – август. Об этом свидетельствуют данные планктонной съемки 2001 г. В июне и июле личинки трепанга в планктоне отсутствовали. Первые личинки на стадии ранней аурикуляррии были встречены 2 августа в незначительном количестве – 25 экз./м<sup>3</sup>. К середине августа плотность личинок резко возросла, достигнув максимума 1378 экз./м<sup>3</sup>. Личинки трепанга присутствовали практически во всех пробах. К концу месяца плотность личинок снизилась до 67 экз./м<sup>3</sup>, но по сравнению с таким же периодом 2000 г. была значительно выше. В начале сентября личинки встречались в планктоне только на одной станции, и плотность их составляла 100 экз./м<sup>3</sup>. Исследования более поздних сентябрьских проб показали отсутствие личинок, что объясняется их осе-

данием на дно. В распределении личинок дальневосточного трепанга по акватории лагуны Буссе определенных закономерностей не выявлено. В целом личинки в пределах акватории лагуны распределены равномерно. Это, прежде всего, связано с тем, что трепанг занимает обширные участки акватории по всей лагуне, за исключением центральной ее части, где присутствуют жидкие илы с запахом сероводорода (Дубровский, Сергеенко, 2002). Практически полное отсутствие личинок *A. japonicus* на контрольной станции 1 у входа в центральную протоку и за ее пределами, в близлежащей акватории зал. Анива, служит подтверждением того, что они почти не выносятся течением из лагуны (Куликова, Сергеенко, 2003). В близлежащей к лагуне акватории залива Анива (ст. 8, 9, 10) личинки беспозвоночных, в том числе и массовых для лагуны видов иглокожих (морской еж) и двустворчатых моллюсков (гигантская устрица), отмечены в незначительных количествах, а личинок трепанга не было вообще. По всей видимости, выносу личинок трепанга препятствуют сложная система течений, имеющая циклический характер, и поведенческие адаптации, в частности вертикальные миграции личинок, связанные с их физиологией и возрастом и способствующие удерживанию личинок в определенном районе лагуны.

Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют, что сезонная динамика гонадного индекса хорошо отражает репродуктивное состояние гонад трепанга и готовность животных к массовому нересту. Величина гонадного индекса позволяет довольно точно прогнозировать появление личинок трепанга в планктоне.

Сроки массового нереста трепанга лагуны Буссе отличаются незначительно от сроков размножения трепанга, обитающего у побережья Приморья. Нерест трепанга и наибольшее количество личинок на стадии аурикулярии в лагуне Буссе и у берегов Приморья отмечаются в середине августа при максимальном прогреве воды (Мокрецова и др., 1975). В отличие от трепанга, обитающего у берегов Хоккайдо и начинающего нереститься уже в конце мая – начале июня по август включительно, продолжительность нереста трепанга в лагуне Буссе более короткая и занимает один месяц – август (Левин, 2000; Takaya and Kawamata, 1996). Столь непродолжительное время нереста трепанга связано с однородными условиями обитания и быстрыми процессами прогрева и охлаждения воды в лагуне из-за ее мелководности. Пик нереста отмечается в начале августа, что подтверждается массовым появлением личинок трепанга в планктоне в середине августа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюлина, М. Г. Запасы трепанга в заливе Петра Великого / М. Г. Бирюлина // Вопр. гидробиологии некоторых р-нов Тихого океана : Сб. науч. тр. – Владивосток, 1972. – С. 22–32.
2. Дубровский, С. В. Особенности распределения дальневосточного трепанга *Apostichopus* (= *Stichopus*) *japonicus* в лагуне Буссе (о. Сахалин) / С. В. Дубровский, В. А. Сергеенко // Биология моря. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 102–106.
3. Закс, И. Г. Сырьевые запасы трепанга в дальневосточных морях / И. Г. Закс // Рыб. хоз-во Дальнего Востока. – 1930. – № 2. – С. 37–40.
4. Кашенко, С. Д. Влияние температуры и солености на раннее развитие трепанга *Stichopus japonicus* / С. Д. Кашенко // Биология моря. – 1998. – Т. 24, № 2. – С. 103–107.
5. Крючкова, Г. А. Краткий определитель личинок морских ежей, офиур и голотурий залива Петра Великого Японского моря : Препринт Ин-та биологии моря ДВО АН СССР / Г. А. Крючкова. – Владивосток, 1987. – 56 с.

6. **Куликова, В. А.** Пелагические личинки двусторчатых моллюсков Японского моря. Методы, морфология, идентификация : Препринт Ин-та биологии моря. Камчат. отд-ние природопользования ДВО РАН / В. А. Куликова, Н. К. Колотухина. – 1989. – 60 с.

7. **Куликова, В. А.** Численность и распределение пелагических личинок двусторчатых моллюсков и иглокожих в лагуне Буссе (залив Анива, остров Сахалин) / В. А. Куликова, В. А. Сергеев // Биология моря. – 2003. – Т. 29, № 2. – С. 97–105.

8. **Левин, В. С.** Дальневосточный трепанг / В. С. Левин. – СПб., 2000 – 195 с.

9. **Личинки** двусторчатых моллюсков и иглокожих / В. Л. Касьянов, Г. А. Крючкова, В. А. Куликова, Л. А. Медведева. – М. : Наука, 1983. – 214 с.

10. **Масленников, С. О.** О трепанговом промысле в водах Уссурийского залива / С. О. Масленников // Зап. О-ва изуч. Амур. края. – Владивосток, 1894. – Т. 4. – С. 1–13.

11. **Мокрецова, Н. Д.** Распределение и колебания численности личинок трепанга в бухте Новгородской (залив Посъета) / Н. Д. Мокрецова, А. В. Кучерявенко, Л. Н. Кошкарева // Изв. ТИНРО. – 1975. – Т. 96. – С. 296–301.

12. **Мокрецова, Н. Д.** Культивирование трепанга / Н. Д. Мокрецова // Культивирование тихоокеан. беспозвоноч. и водорослей. – М. : Агропромиздат, 1987. – С. 116–135.

13. **Низовская, Л. В.** Рост овоцитов и ядерно-плазменные отношения у трепанга / Л. В. Низовская // Науч. сообщ. Ин-та биологии моря. – Владивосток, 1971. – Вып. 2. – С. 168–171.

14. **Размножение** иглокожих и двусторчатых моллюсков / В. Л. Касьянов, Л. А. Медведева, С. Н. Яковлев, Ю. М. Яковлев. – М. : Наука, 1980. – 207 с.

15. **Сергеев, В. А.** Сезонная динамика развития гонад трепанга и сроки появления личинок дальневосточного трепанга в лагуне Буссе / В. А. Сергеев // Мор. прибреж. экосистемы: водоросли, беспозвоноч. и продукты их переработки : Тез. докл. – М. : Изд-во ВНИРО, 2002. – С. 37.

16. **Takaya, Y.** A handy method for detection on gonadal development of the sea cucumbea, *Stichopus japonicus* / Y. Takaya and K. Kawamata // Reprint from the Scientific Report of Hokkaido Fisheries Exspereimental Station. – 1996. – No. 49. – С. 23–26. – (На яп. яз.).

Сергеенко, В. А. Размножение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* Selenka в лагуне Буссе (о. Сахалин) / В. А. Сергеенко, В. А. Куликова // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2003. – Т. 5. – С. 208–215.

На основании материалов гидробиологических водолазных и планктонных съемок 2000–2001 гг. рассматриваются особенности сезонной динамики развития гонад трепанга. Определены сроки наступления массового нереста и появления личинок трепанга в планктоне в связи с ростом гонадного индекса. Результаты исследований могут быть использованы для регулирования сроков запрета и совершенствования промысла, прогнозирования массового нереста трепанга и оседания личинок этого вида.

Ил. – 6, библиогр. – 16.

Sergeenko, V. A. Reproduction of a sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka in the Busse Lagoon (Sakhalin Island) / **V. A. Sergeenko, V. A. Kulikova** // 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, 2003. – Vol. 5. – P. 208–215.

Based on the materials of hydrobiological diving and planktonic surveys conducted in 2000–2001, peculiarities of seasonal maturation dynamics of the sea cucumber gonads are considered. The dates of beginning of the mass spawning and appearance of larval sea cucumbers in plankton in connection with the increase in gonad index are determined. Results of researches can be used in order to regulate the closure periods and to improve the fishery as well as to forecast a mass spawning of sea cucumbers and their larval laying.

Fig. – 6, ref. – 16.