

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.55(265.54)

Г.С. Гаврилова, А.В. Кучерявенко*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**ТОВАРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА
APOSTICHOPUS JAPONICUS В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО:
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ
ХОЗЯЙСТВА МАРИКУЛЬТУРЫ В БУХТЕ СУХОДОЛ**

Рассмотрены методические приемы товарного выращивания дальневосточного трепанга на плантациях марикультуры в зал. Петра Великого, основными этапами которого являются промежуточное подращивание сеголеток в садках и пастбищное содержание. Показано, что в бухте Суходол (Уссурийский залив) выживаемость молоди трепанга при промежуточном подращивании в садках зависела от размеров мальков и плотности посадки, ее значения изменялись от 35 до 82 %. Выживаемость молоди в возрасте 2 лет на искусственном рифе достигала 85 %. Мониторинговые исследования на донных участках показали, что за время существования хозяйства (8 лет) сформирована плантация трепанга площадью около 30 га со средней плотностью распределения 1,5 экз. · м⁻². Величина изъятия товарной продукции трепанга, приобретенного на заводах, может быть рассчитана с учетом коэффициентов выживаемости мальков в первые годы жизни. Продукция, полученная в результате коллекторного сбора молоди трепанга, рассчитывалась по результатам оценки текущего состояния скопления (численности, биомассы, размерной структуры) с применением консервативной охранной меры (коэффициента изъятия 6,4 %).

Ключевые слова: трепанг, товарное выращивание, выживаемость, коэффициент изъятия.

Gavrilova G.S., Kucherjavenko A.V. Farming of sea cucumber *Apostichopus japonicus* in Peter the Great Bay: methodical specifics and business results of the aquaculture farm in the Sukhodol Bight // Izv. TINRO. — 2010. — Vol. 162. — P. 342–354.

Possibilities of sea cucumber (trepang) cultivation are investigated in the Sukhodol Bight (Ussuri Bay, Peter the Great Bay, Japan Sea) since 2005. Technique of its growing for commercial purposes is developed and the rate of allowable catch is determined. The method of trepang cultivation includes three stages: the juveniles collecting and growing in cages, the young trepangs growing on artificial reef, and sea ranching of the specimens with the weight > 10 g. The juveniles survival depends on their size and density in cages; 35–82 % of specimens survived in winter-spring period. Individual daily growth of the juveniles is low in winter (on average 0.22 mg/day) and increases to 2.47 (for small-sized) — 13.90 (for large-sized) mg/day in summer. When the weight of young trepangs exceeds 0.7 g, they

* Гаврилова Галина Сергеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: gavriloa@tinro.ru; Кучерявенко Александр Васильевич, научный сотрудник.

are transplanted to artificial reef. On this stage the annual survival rate is 85 %, they distribute over the reef surface with average density 5.5 ind.m⁻², and their weight increased to 10 g in a year. Bottom plantation for adult trepangs has the square 30 hectares where they distribute with the average density 1.5 ind.m⁻². After 8 years of the farm work, the total number of rearing trepangs increased to about 240 000, 45 % of them had commercial size. Commercial production of plantation is estimated taking into account the number, biomass, and size structure of cultivated stock, using the conservative allowable catch rate (6.4 %). In the case of purchased juveniles (without stage 1), the commercial production can be estimated from the survival rate of young trepangs in the stage 2.

Key words: sea cucumber, cultivation, survival, allowable catch.

Введение

Товарное выращивание дальневосточного трепанга широко развито и применяется в Японии, Южной Корее и КНДР, но неизменным лидером все последнее десятилетие является Китай. Разнообразие методов выращивания мальков, полученных на заводах, в этой стране удивляет. Для получения товарной продукции используются садки, бывшие креветочные пруды, охраняемые зоны в прибрежной полосе, бетонные бассейны, расположенные на берегу. Последнее время используются мощные подвесные установки, сопоставимые по площади с водным зеркалом водоема — по сути “второе дно” (Chen, 2004).

В искусственных прудах с морской водой, где ее подмена осуществляется естественным током воды во время приливов, молодь длиной от 1–2 до 5–6 см выращивают при высокой плотности (20–30 экз. · м⁻²), подкармливая ее искусственными комбикормами.

Еще один способ предполагает выращивание трепанга в садках: донных, которые закрепляются в районах, защищенных от волн и удобных для охраны и наблюдения; или подвесных — многоярусных, типа гребешковых, либо одноярусных, одинаковых по конструкции с донными.

Наиболее дешевым считается метод пастбищного выращивания, при котором животных расселяют сразу на донные участки. Предварительно на плантациях проводятся мелиоративные работы, например устанавливаются искусственные рифы. В некоторых случаях для формирования рифов производят даже взрывные работы, на рифах дополнительно формируют заросли водорослей, внося спороносные слоевища (Технология ..., 2001).

Описанные методы товарного выращивания трепанга далеко не всегда применимы в условиях зал. Петра Великого. Низкие значения температуры воды зимой существенно замедляют скорость роста трепанга, а образование и сохранение льда на большинстве акваторий бухт в течение длительного времени способны повредить аквакультурные конструкции. Существенным ограничением для садкового метода является требование защищенности акватории от волн. Ограничения на тот или иной вид деятельности накладывает и существующее национальное законодательство. Очевидно, что для зал. Петра Великого (наверное, как и для иных регионов) необходима разработка адаптированных методов товарного выращивания. Полученные за последние годы результаты изложены в настоящей работе, рассмотрены особенности и этапы промежуточного и пастбищного выращивания трепанга, а также результаты его товарного выращивания в бухте Суходол.

Материалы и методы

Разработка адаптированных методических приемов началась в 2005 г., когда в бухтах Уссурийского залива было расселено ~80 тыс. заводских сеголеток трепанга. До этого расселение мальков проводилось в бухтах Северной с 2000 г. и Киевка в 2003 г. Однако оценить результаты предыдущих работ оказалось

довольно трудно, так как в этот период не были определены коэффициенты выживаемости молоди первых лет жизни. С 2005 г. осуществлялось научное сопровождение таких работ в бухте Суходол, цель которых состояла в создании методики товарного выращивания трепанга и биологического обоснования допустимых коэффициентов изъятия товарной продукции. При этом решались следующие задачи: оценка выживаемости молоди трепанга 1–2-го годов жизни; получение данных о скорости роста молоди на плантациях; характеристика формирующегося скопления трепанга (оценка численности, биомассы и размерной структуры).

В бухте Суходол проводилось товарное выращивание заводских сеголеток трепанга и молоди, собранной на коллекторах в самой бухте. Оценивали выживаемость и рост молоди трепанга, приобретенной на заводе в бухте Киевка в 2005 и 2006 гг., а также молоди, собранной на коллекторы в самой бухте в 2005–2007 гг. Численность трепанга определяли в садках, на искусственном рифе и на донных скоплениях акватории на глубинах 2–12 м.

Промежуточное подращивание мальков поколений 2005 и 2006 гг. проводили в донных садках соответственно зимой 2005/06 и 2006/07 гг. на глубине 5–7 м. Садки были обтянуты москитной сеткой с ячейей 2–5 мм, их рабочий объем составлял 0,22 м³. Ежегодно использовали по 3 садка для подращивания заводской молоди, и 1 садок — для молоди с коллекторов.

Донный искусственный риф (ИР), сооруженный в бухте в июле 2006 г., использовали для оценки выживаемости молоди трепанга второго года жизни. Глубина места расположения рифа — 5–7 м, донные отложения — ил, илистый песок, на которых трепанг при предварительном обследовании обнаружен не был. Численность трепанга на ИР определяли прямым подсчетом животных на структурных элементах рифа с известной площадью.

Результаты и их обсуждение

Методические особенности товарного выращивания трепанга на плантациях зал. Петра Великого

Товарное выращивание одного поколения трепанга в зал. Петра Великого занимает от трех до пяти лет и может быть разделено на этапы: приобретение и транспортировка сеголеток трепанга; промежуточное подращивание; пастбищное выращивание. На каждом из этих этапов необходимо соблюдение методических особенностей работ, так как они будут влиять на жизнестойкость и соответственно выживаемость поколения мальков в процессе всего периода выращивания.

Условия транспортировки и сбора сеголеток трепанга

Сеголетки трепанга для товарного выращивания в хозяйствах марикультуры получают разными способами: покупают на заводах или в других хозяйствах; собирают на коллекторных установках на акватории фермы. Таким образом, товарное выращивание будет начинаться либо с перевозки сеголеток к месту расселения, либо с переборки коллекторов с молодью.

Транспортировку сеголеток трепанга к месту расселения проводят на субстратах, помещенных в емкости с морской водой. При перевозке молоди на значительные расстояния (до нескольких миль) морскую воду в емкостях необходимо аэрировать и периодически подменивать до 2/3 объема единовременно. Температура воды при перевозке не должна повышаться более чем на 4–5 °С, так как это может привести к высокой смертности мальков.

Сбор молоди на акватории самого хозяйства производится как на видоспецифичных для трепанга коллекторах, так на коллекторах для оседания спата гребешков или устриц. Молодь трепанга при переборке коллекторов накаплива-

ют в емкостях с проточной или сменяемой морской водой. Необходимо также следить за температурой воды в емкостях, которая не должна изменяться больше чем на ± 2 °С.

Перед расселением желателен определить среднюю массу мальков. Для этого безвыборочно берут 50–100 экз., на 1–3 мин (для обсушивания) помещают на москитную сетку или марлю, определяют общую массу животных и среднюю массу малька.

Промежуточное подращивание

Промежуточное подращивание необходимо для повышения выживаемости, а также более полного учета сеголеток трепанга. На этом этапе определяются условия выпуска молоди в тот или иной водоем, оценивается выживаемость и скорость роста мальков в зимний и весенний периоды.

Выживаемость у морских беспозвоночных животных при переходе к донному образу жизни связана как с жизнестойкостью того или иного поколения, так и с конкретными внешними условиями (особенностями гидрологического режима, наличием хищников и др.) и соответственно изменяется год от года. Жизнестойкость сеголеток трепанга определяется прежде всего их размерами. При расселении мальков непосредственно на донные участки трудно, а порой и невозможно проводить учетные работы и оценку выживаемости, так как индивидуальная масса сеголеток, получаемых на заводах Приморья, обычно составляет 10–200 мг, на коллекторах — 10–500 мг.

В полузакрытых бухтах зал. Петра Великого выпуск сеголеток осенью предлагается осуществлять размещая их в садках. Создание для сеголеток своеобразных “убежищ” при расселении будет способствовать повышению выживаемости. Садки могут быть размещены на дне бухт или в толще воды на линейных установках, которые в зимний период притапливаются для того, чтобы избежать повреждения во время образования льда. Донные садки фиксируются на дне аналогично тому, как это делается при установке порядков для ловли крабов или брюхоногих моллюсков. Возможно также и индивидуальное размещение садков, местоположение которых определяется бумом на поверхности воды.

Конструкция садков может быть самой разнообразной (садки для выращивания спата гребешков, ловушки для брюхоногих моллюсков и ракообразных и т.д.). Обязательными элементами конструкций являются субстраты внутри садков для прикрепления сеголеток (сито, сетка, дель или распущенные на пряди куски фала) и защитный материал на каркасе, в качестве которого также могут быть использованы дель или капроновое сито.

Выживаемость и скорость роста сеголеток при промежуточном подращивании оцениваются с помощью контрольных садков, в которые отсаживается точно известное количество животных. Численность и масса тела мальков определяются в весенние и летние месяцы следующего года. Полученные данные по выживаемости позволяют реально оценить количество животных, выпущенных для подращивания на донные участки.

Пастбищное выращивание трепанга

При товарном выращивании трепанга неизбежно пастбищное содержание животных. На акваториях, где оно планируется, необходимо проведение работ по двум направлениям: оценка пригодности и мелиорация участков для создания плантаций; мониторинг состояния скопления трепанга (оценка плотности, размерной структуры, пополнения молодь).

Одним из основных условий существования молоди трепанга является наличие укрытий, поэтому в природе основные поселения мальков приурочены к зарослям водорослей, валунным россыпям, устричным и мидийным банкам. Мо-

лодь и крупноразмерные животные этого вида занимают, как правило, разные биотопы. При выборе участков дна для расселения молоди необходимо учитывать возможность дальнейших миграций животных. Акваторию, где планируется пастбищное выращивание молоди, целесообразно разделить на несколько участков и в дальнейшем чередовать их для расселения молоди и промысла.

При отсутствии биотопов, пригодных для расселения мальков, вносятся дополнительные субстраты, изменяющие рельеф дна. Сведения об увеличении численности гидробионтов, в том числе и трепанга, на той или иной акватории в результате установки там искусственных субстратов приведены в литературе (Явнов, Раков, 1988; Вышкварцев и др., 1989, 2006). В тех странах, где товарное выращивание трепанга поставлено на промышленную основу, созданы соответствующие технологии изменения условий на донных участках (Технология ..., 2001).

Состояние скоплений бентосных животных с ограниченной двигательной активностью, к которым относится трепанг, может быть оценено по таким характеристикам, как концентрация животных, их средние размеры, размерная структура. Оценку предпочтительнее проводить на полигоне с известной площадью, исключив тем самым колебания численности, связанные с изменением площади распределения, что неизбежно при использовании площадного метода учета численности. В то же время площадь участка должна быть достаточна для того, чтобы нивелировать изменчивость численности, связанную с сезонными миграциями трепанга. При изучении распределения трепанга могут быть применены разные методы водолазного учета: по результатам сбора или величине улова на усилие (Левин, Шендеров, 1975), количественный водолазный способ, методика подводных ландшафтных исследований (Преображенский и др., 2000). Применяя водолазный учет по результатам сбора, плотность в скоплениях трепанга можно вычислить с помощью уравнения, предложенного авторами (Левин, Шендеров, 1975) и отражающего производительность сбора свободнолежащих донных организмов с редким распределением:

$$\acute{\alpha} = 1,15 N^2/y^2 T^2,$$

где $\acute{\alpha}$ — плотность распределения, экз./м²; N — количество собранных особей; T — время сбора, ч; y — скорость водолаза, м/ч.

Кроме того, можно воспользоваться графиком перевода величин, приведенным в работе Ю.Э. Брегмана с соавторами (Временная инструкция ..., 1987).

Товарное выращивание трепанга в бухте Суходол

Выживаемость сеголеток трепанга при *промежуточном подращивании* в садках сильно варьировала (табл. 1). Наиболее низкие значения получены для зимы 2005/06 г. В 2005 г. исследования проводились впервые и, на наш взгляд, сказалось отсутствие навыков в работе: была нарушена целостность садков, в некоторых из них не доставало субстратов. В связи с этим данные этого года скорее свидетельствуют о сохранности мальков, а не об их выживаемости.

Выживаемость мальков зависела от их размеров. Для заводских сеголеток со средней массой тела ~10 мг эта величина в среднем составила 35 % (поколения 2006–2007 гг.). Выживаемость сеголеток трепанга, собранных на коллекторах в 2007 г. (средняя масса тела 590 мг), была выше — 82 %. Мальки, собранные на коллекторах, также содержались в садках в период с октября по июнь. Согласно литературным данным, у сеголеток трепанга, средняя масса которых составляла 288, 50 и 8 мг, при пастбищном выращивании в Желтом море выживаемость составила соответственно 47, 38 и 8 % (Технология ..., 2001).

Плотность посадки также сказывается на выживаемости. Эта величина (при отсутствии дополнительной подачи кормов) контролируется в первую очередь

скоростью осадконакопления и содержанием органического вещества во взвеси. Исследования показали, что в бухте Суходол (и, по-видимому, в однотипных бухтах зал. Петра Великого) выживаемость (сохранность) мальков контролируется фактором плотности при общей биомассе животных в садках, превышающей $\sim 0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ (табл. 2).

Таблица 1

Выживаемость сеголеток трепанга разных навесок, %

Table 1

Survival of trepang juveniles with different size, %

Масса тела, мг	Выживаемость (разброс величин), среднее значение	Район исследований, источник данных
3–10	(2–30) 9*	Бухта Суходол, собственные данные, 2005/06 г.
3–10	(13–54) 35	Бухта Суходол, собственные данные, 2006/07 г.
590	82	Бухта Суходол, собственные данные, 2007/08 г.
288; 50; 8	(47; 38; 8) 31	Желтое море, Технология ... (2001)

* Нарушена целостность садков.

Таблица 2

Выживаемость молоди трепанга при различной плотности посадки в садках, %

Table 2

Survival of trepang juveniles in conditions of different density in cages, %

Суммарная биомасса мальков, г · м ⁻³	Средняя масса особи, г	Выживаемость
500	1,29	76,5
634	0,56	83,9
1932	0,34	40,0
2432	1,78	55,0

Среднесуточные приросты у мальков трепанга различались в период зимне-весеннего содержания и активного роста в июне-августе: в первом случае этот показатель составил $0,22 \text{ мг} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$, во втором — более $3,0 \text{ мг} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$ (мелкие особи в июне-июле — 2,47, в июле-августе — 3,73; крупные особи — соответственно 12,8 и 13,9 %). Увеличение индивидуальной массы тела происходило на фоне повышения температуры воды в бухте, где начиная с июня ее значения превысили 10°C (рис. 1).

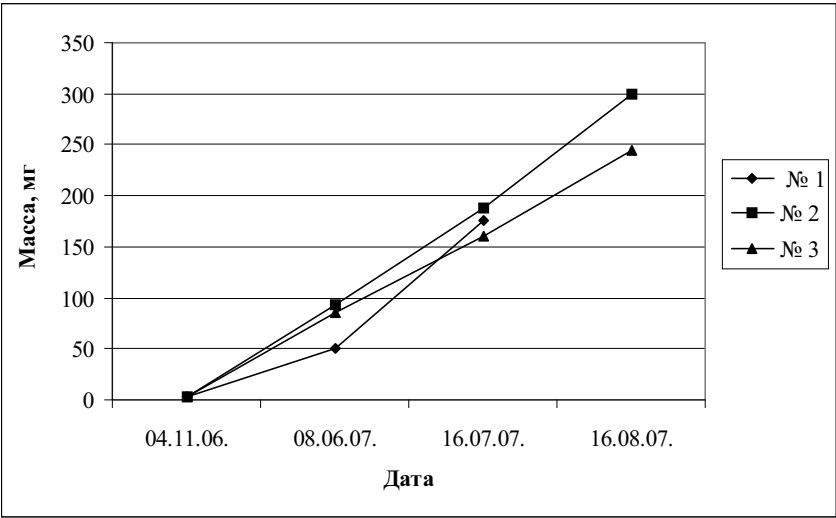


Рис. 1. Изменение средней индивидуальной массы тела трепанга в садках
Fig. 1. Change of the average individual weight of trepangs in cages

У мальков трепанга 1–2-го года жизни, как правило, наблюдались значительные индивидуальные различия в скорости роста, выделялись медленно- и быстрорастущие особи. Суточные приросты в модальных размерных группах мальков возрастали от июня к августу и составили в июне-июле $2,47 \text{ мг} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут.}^{-1}$, а в июле-августе — $3,73 \text{ мг} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут.}^{-1}$. В группе быстрорастущих животных средне-суточные приросты выше в 3–5 раз. Количество быстрорастущих особей составляло от 3 до 19 %.

В благоприятном диапазоне температур (12–20 °C) у мальков трепанга с массой тела от 0,2–0,3 до 2,0 г индивидуальная скорость роста составляла в среднем до 1,5 % массы тела в сутки.

Сеголетки трепанга, собранные на коллекторах в бухте, как правило, имели большие размеры и соответственно более высокие значения выживаемости. На рис. 2 показана размерно-массовая структура сеголеток трепанга урожая 2007 г., собранных на коллекторах. При средней массе 0,6 г у 25 % особей индивидуальная масса тела превышала это значение. В то же время размеры сеголеток с коллекторов могут различаться год от года. Например, средние значения массы тела годовиков в 2006 г. (т.е. сеголеток 2005 г.) составили 0,9–4,2 г, а максимальные значения — ~20,0 г (табл. 3), что сопоставимо с массами сеголеток 2006 г.

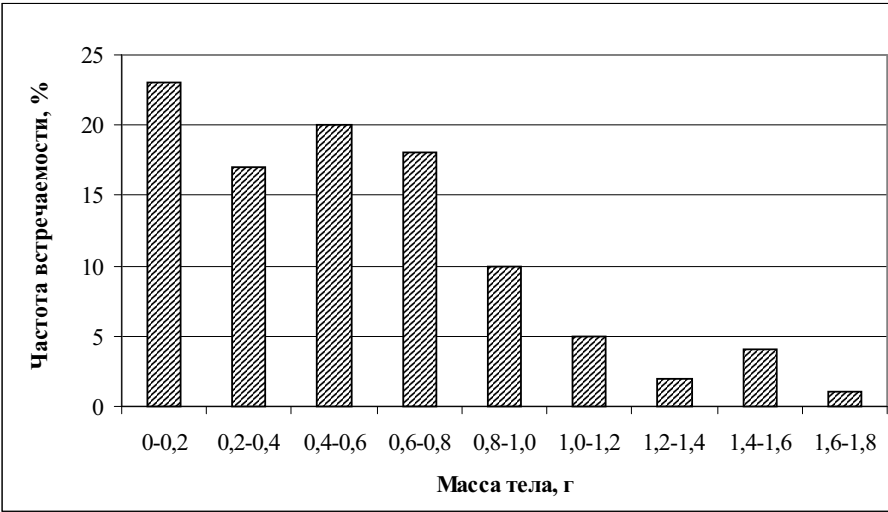


Рис. 2. Массовая структура сеголеток трепанга с коллекторов в 2007 г.
Fig. 2. Weight structure of trepang juveniles in 2007

Таблица 3
Массовая характеристика годовиков трепанга, собранных на коллекторах в 2005 г., г

Table 3 Mass characteristics of the one-year old trepangs in 2005, g		
№ садка	Среднее значение массы	Максимальное значение массы тела
1	1,6	20
2	4,2	25
3	0,9	10

После 8–9-месячного подращивания проводилась переборка садков, сортировка и пересадка молоди. Мальков с массой тела до 300 мг и неполной пигментацией кожного покрова оставляли в садках до осени, что позволяло повысить выживаемость этой группы животных.

Крупных особей расселяли в природных биотопах или на искусственных конструкциях, например рифах.

В бухте Суходол в августе 2006 г. мальки были расселены на искусственном рифе после подращивания в садках. В момент расселения средняя масса

мальков составляла 0,72 г. Осмотр рифа через год в сентябре 2007 г. показал, что трепанг распределен на его горизонтальных поверхностях со средней плотностью 5,5 экз. · м⁻² (разброс величин от 1 до 25 экз. · м⁻²). Общая численность составила 795 экз., или 85 % расселенного количества мальков.

Среди мальков трепанга в возрасте 2 лет увеличилась доля животных с массой тела более 5 г (рис. 3). Среднее значения массы тела составило 12,7 г, модальное — 5,0 г.

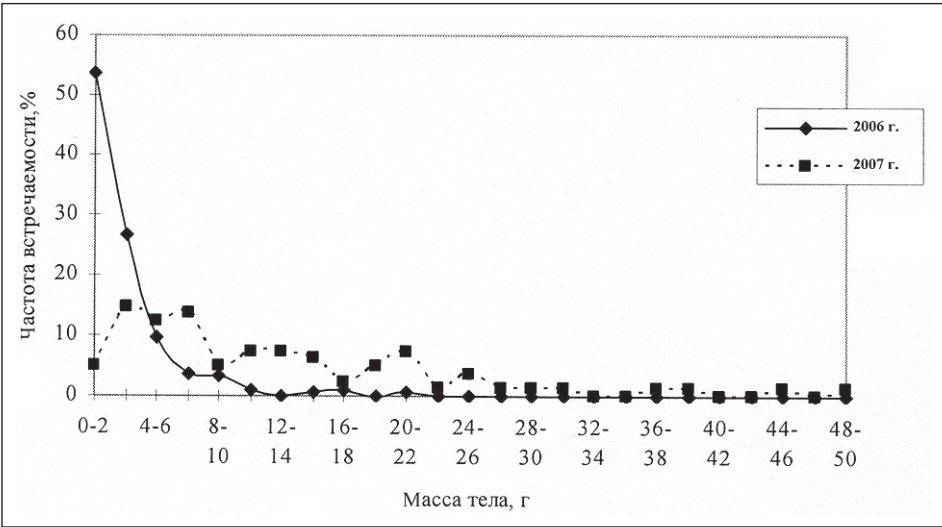


Рис. 3. Частотное распределение массы тела у мальков трепанга в 2006 и 2007 гг., расселенных на ИР в августе 2006 г.

Fig. 3. Weight structure of young trepangs settle on artificial reef in August 2006, by the measurements in 2006 and 2007

Сравнение литературных и собственных данных показывает, что масса тела мальков в возрасте 1–2 лет в бухте Суходол схожа с таковой в бухтах зал. Посьета (табл. 4).

Таблица 4

Массовые характеристики молоди трепанга в разном возрасте, г

Table 4

Mass characteristics of young trepangs in different ages, g

Возраст	Бухта Суходол						Зал. Посьета	
	Масса тела молоди, полученной на заводе			Масса тела молоди, полученной на коллекторах			Масса тела молоди, полученной на коллекторах (Раков, 1982)	
	Разброс	Средняя	Мода	Разброс	Средняя	Мода	Разброс	Средняя
Сеголетки	0,0001–0,0010	0,0005	–	0,1–1,6	0,6	0,15	0,03–0,79	0,183
1 год	0,1–6,6	1,3	0,4	0,9–4,2	1,4	–	0,016–2,670	0,368
2 года	1,9–49,3	12,7	5,0	–	–	–	3,4–23,2	9,0

В итоге при промежуточном выращивании заводских сеголеток в садках среднее значение выживаемости составляло ~35 %, сеголеток, собранных с коллекторных установок, ~82 %. Плотность посадки мальков в садках влияла на выживаемость (или сохранность) мальков, поэтому она не должна превышать некоторых оптимальных для конкретной акватории значений. Завышение плотности посадки может привести к уменьшению численности вследствие гибели животных или их ухода из садков. При расселении молоди в возрасте 1+ с массой тела более 0,5 г на искусственных рифах ее выживаемость составляла 85 % при сохранении высоких концентраций (5–7 экз. · м⁻²).

Мониторинговые исследования на скоплениях трепанга в южной части бухты Суходол проводились с 2006 г. (табл. 5). К июню 2008 г. на этом участке трепанг был распределен на площади около 30 га. Основное скопление сконцентрировано в прибрежной полосе на глубинах 2–9 м (рис. 4). Расчет численности и биомассы трепанга проводили на площади 16 га, в местах наибольших концентраций животных, анализировались межгодовые изменения этих величин, а также плотности и размерной структуры.

Таблица 5
Характеристика скопления трепанга в бухте Суходол в 2006–2008 гг.

Table 5
Parameters of the sea cucumber population in the Sukhodol Bight in 2006–2008

Дата съемки	Общая биомасса, т	Численность, тыс. экз.	Промысловая биомасса, т	Средняя масса особи, г	Плотность скопления, экз. · м ⁻²
30.10.06 г.	10,5	176,0	1,5	59,5	1,1
28.04.07 г.	11,3	188,8	1,6	60,1	1,2
11.06.08 г.	30,9	240,0	14,1	128,8(88,5)	1,5

Примечание. В скобках — масса кожно-мышечного мешка.

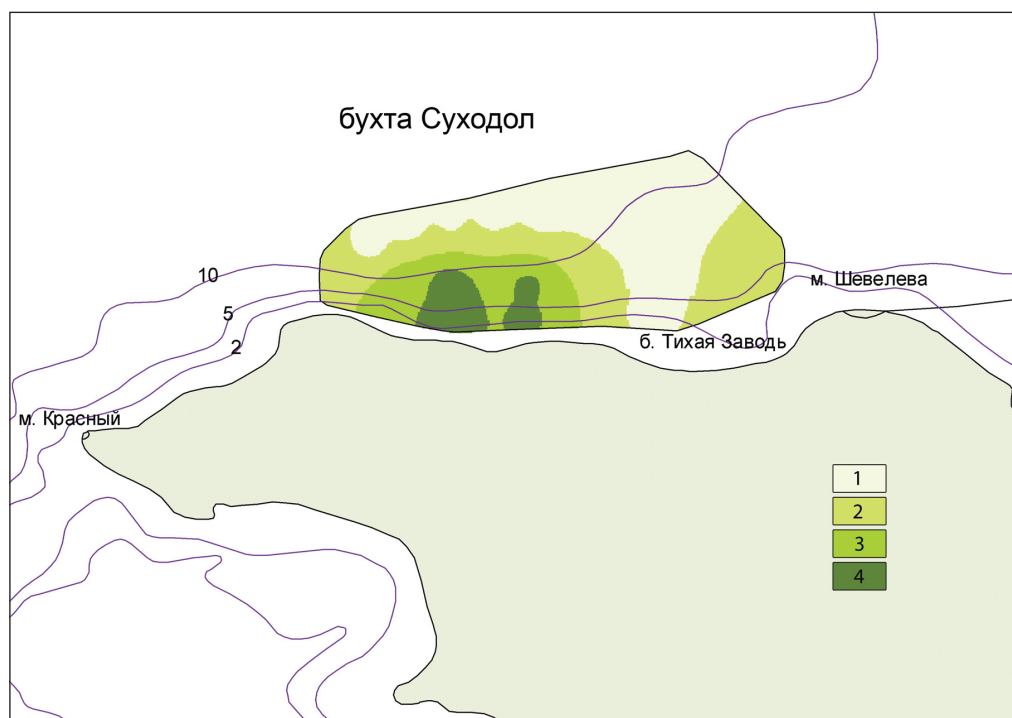


Рис. 4. Распределение дальневосточного трепанга в южной части бухты Суходол (июнь 2008 г.): 1 — 0,1–0,5; 2 — 0,5–1,0; 3 — 1,0–1,5; 4 — 1,5–2,0 экз. · м⁻²

Fig. 4. Trepanг distribution in the southern Sukhodol Bight in June 2008: 1 — 0,1–0,5; 2 — 0,5–1,0; 3 — 1,0–1,5; 4 — 1,5–2,0 ind · m⁻²

В 2006–2007 гг. в скоплении преобладали непромысловые животные (общая масса тела до 120 г), доля которых в выборках была почти одинакова и составила соответственно 85,8 и 84,4 % (рис. 5, табл. 5). Численность животных с массой тела более 60 г составляла соответственно 80,7 и 53,2 %. Промысловая часть скопления за этот период возросла с 14,2 до 15,6 % (табл. 6).

В 2006–2008 гг. произошло значительное увеличение общей численности, численности промысловой части и биомассы скопления (см. табл. 5). Увеличи-

лась и концентрация животных, которая оценивалась по результатам промысловых усилий. Рост общей численности и численности промысловых особей в 2008–2009 гг. был предсказуем, так как в 2003 г. было отмечено одно из наиболее значительных пополнений, только на коллекторах было собрано больше 85 тыс. экз. мальков.

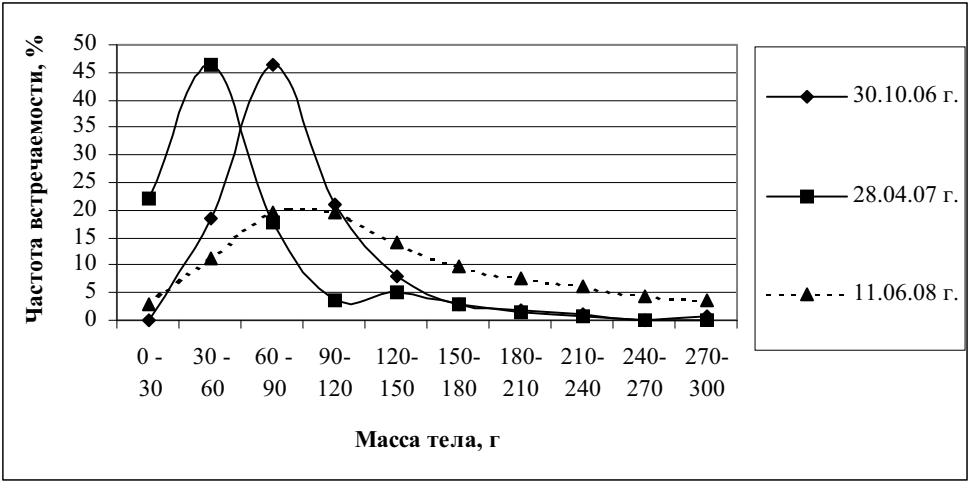


Рис. 5. Массовая структура поселения трепанга в бухте Суходол по результатам съемок разных лет

Fig. 5. Weight structure of trepang population in the Sukhodol Bight in different years

Таким образом, к 2008 г. на марикультурной плантации сформировалось скопление трепанга, регулярно пополняющееся молодью, в котором также увеличивалась и численность животных промыслового размера (их доля составила более 45 %). Возросла плотность поселения животных. Такой результат позволил рассматривать данный участок в качестве пригодного для добычи товарной продукции. Рассмотрев размерную структуру скопления и определив численность и биомассу размерной группы, которая должна пополнить промысловую часть скопления, можно рассчитать и потенциальный урожай.

Таблица 6
Частотное распределение массы тела трепанга в бухте Суходол в 2006–2008 гг., %
Table 6
Weight structure of trepangs in the Sukhodol Bight in 2006–2008, %

Масса тела особи, г	30.10.06 г.	28.04.07 г.	11.06.08 г.
0–30	–	22,0	3,0
30–60	18,6	46,3	11,3
60–90	46,3	17,6	19,5
90–120	20,9	3,7	19,5
120–150	7,9	5,2	14,3
150–180	2,8	2,9	9,8
180–210	1,7	1,5	7,5
210–240	1,1	0,7	6,0
240–270	–	–	4,5
270–300	0,6	–	3,8

Определение коэффициентов изъятия товарной продукции дальневосточного трепанга

Методика оценки товарной продукции голотурий и определение оптимальных объемов ее изъятия на плантациях представляют несомненный интерес. Поскольку в настоящее время пополнение скоплений в бухтах залива идет за счет разных источников, правомочно использовать и различные схемы расчета коэффициентов изъятия.

Товарная продукция, полученная в результате вселения молоди, приобретенной на заводе и в других хозяйствах, может быть рассчитана с учетом коэффициентов выживаемости мальков в первые годы жизни:

$$П = М \times K_1 \times K_2,$$

где P — численность товарных особей, экз.; M — численность приобретенной молоди, экз.; K_1 и K_2 — коэффициенты выживаемости мальков соответственно 1 и 2-го года жизни.

Величина *товарной продукции, полученная в результате других мероприятий по восстановлению численности трепанга на донных участках*, может быть определена по результатам оценки текущего состояния скопления (численности, биомассы, размерной структуры), для чего должны быть применены соответствующие коэффициенты.

Исследования по определению коэффициентов изъятия и разработке стратегии промысла для голотурий проводились американскими и канадскими учеными на скоплениях красного гигантского трепанга *Parastichopus californicus* (Bradbury, 1994; Bradbury et al., 1998; Humble, 2005). В частности, для голотурий было введено понятие максимального устойчивого улова (MSY — maximum sustainable yield), при определении которого использовалась модифицированная модель Шеффера (Walters, Hilborn, 1976). Брэдбири с соавторами (Bradbury et al., 1998) провел оценку параметров продукционной модели на основании оценок индексов биомассы по данным водолазных съемок. Модельные оценки MSY изменялись в пределах 12,1–34,9 %, наилучшей оценкой оказалась 13,0 % величины промысловой биомассы.

Вудби с соавторами (Woodby et al., 1993) применяли модификацию продукционной модели Кадди (Caddy, 1986) для оценки промысла трепанга у берегов Аляски. При уменьшающихся значениях биомассы скоплений или редком распределении авторы предлагали в качестве *консервативной охранной меры* снижать вдвое MSY , рассчитанный по этой модели, и рекомендовали годовое изъятие в размере 6,4 % промысловой биомассы.

Мы попытались оценить влияние изъятия товарной продукции на характеристики скопления в том случае, если применяются модельные оценки коэффициентов. Например, после изъятия из промысловой части скопления трепанга в бухте Суходол (14,1 т) от 12,1 до 34,9 % животных на полигоне в 16 га останется поселение с удельной промысловой биомассой соответственно от 77 до 57 г · м⁻². Многолетними исследованиями установлено, что средняя популяционная плотность в промысловых скоплениях трепанга составляет от 0,3 до 0,7 экз. · м⁻² (Закс, 1930; Селин, Черняев, 1994; Левин, 2000), т.е. при минимальном промысловом размере (масса кожно-мышечного мешка 100 г) на промысловых участках должна поддерживаться как минимум удельная биомасса от 30 до 70 г · м⁻². Сравнение величин показывает, что при использовании модельных коэффициентов изъятия реально сохраняется репродуктивный потенциал скопления. Однако в начальный период эксплуатации таких плантаций марикультуры, на наш взгляд, целесообразно применение *консервативной охранной меры* при нижнем значении MSY 6,4 % промысловой биомассы, что позволит увеличить репродуктивную часть поселения и оценить влияние промысла. Необходимость применения консервативной охранной меры должна пересматриваться в соответствии с результатами ежегодных оценок величин пополнения за счет марикультурных методов (вселение заводской молоди, сбор мальков на коллекторах).

Поскольку величина изъятия на плантациях будет переменной, на начальном этапе работ по восстановлению численности трепанга расчет объема допустимого изъятия должен производиться после оценки величины промысловой части скопления и пополнения текущего года.

В заключение приведем пример расчета товарной продукции трепанга на плантации в бухте Суходол.

Товарная продукция, полученная в результате вселения молоди, приобретенной на заводе и в других хозяйствах, к концу 2008 г. составила по нашим оценкам 0,8 т. При этом учитывалось, что численность товарных особей равна 8032 экз. при минимальной промысловой индивидуальной массе трепанга 0,1 кг. Численность товарного трепанга получена с учетом выживаемости 35 % мальков в первый год жизни и 85 % — во второй. Естественная убыль трепанга в возрасте 3–4 лет была принята равной еще 5–10 %.

Величина *товарной продукции, полученная в результате коллекторного сбора молоди трепанга и расселения ее на донные участки*, рассчитывалась по данным оценки текущего состояния скопления (численности, биомассы, размерной структуры) с применением консервативной охранной меры (коэффициента изъятия 6,4 %). Для бухты Суходол 6,4 % промысловой биомассы (за вычетом товарной продукции заводской молоди) составит 0,846 т.

Таким образом, суммарная товарная продукция трепанга, полученная на плантациях марикультуры к 2008 г., составила 1,6 т.

Заключение

Предложенные схемы расчета представляются правомочными исходя из следующих соображений. Сеголетки трепанга, приобретенные мариводами, уже являются их собственностью, а после достижения промысловых размеров становятся товарной продукцией, численность которой соответствует численности сеголеток за вычетом погибших животных. При этом используются ресурсы самой бухты — вода определенного качества, кормовая база, — поэтому логично определить долю от объема товарного трепанга, которая должна быть оставлена для поддержания естественного воспроизводства.

Восстановление скоплений может происходить и при использовании только собственных ресурсов бухты и репродуктивного потенциала производителей трепанга. При этом в бухте проводились дополнительные мероприятия, позволяющие улучшить состояние естественного воспроизводства: устанавливались дополнительные субстраты, увеличивающие выживание сеголеток и соответственно общее пополнение, проводились охранные мероприятия. Товарной продукцией в данном случае может быть часть половозрелой группы животных, изъятие которой не повлияет на условия воспроизводства в бухте, что может быть обозначено как максимальный устойчивый улов или консервативная охранный мера. Оценка численности такой группы выполняется через модельные коэффициенты.

По нашим оценкам, за последние 10 лет численность молоди трепанга, полученной на заводах и собранной на коллекторах, может составить от 10 до 15 млн экз., т.е. в современных условиях в Приморье началось товарное выращивание трепанга на марикультурных плантациях, что позволяет получать продукцию, подлежащую изъятию. Выполненные исследования дают возможность оценить потенциальные объемы товарной продукции дальневосточного трепанга на плантациях культивирования и эффективность предлагаемых методов определения коэффициентов изъятия.

Список литературы

Временная инструкция по технологии донного выращивания приморского гребешка после годичного подращивания в садках / Ю.Э. Брегман, В.З. Калашников, В.Н. Григорьев и др. — Владивосток : ТИНРО, 1987. — 26 с.

Вышварцев Д.И., Лебедев Е.Б., Левенец И.Р. Проблема рационального использования подводных аккумулятивных равнин мелководных бухт залива Петра Великого // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. “Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий”. — Владивосток, 2006. — С. 40–41.

Вышкварцев Д.И., Лебедев Е.Б., Явнов С.В. Оценка заселения рифа "СОТОС" в двух бухтах залива Посьета (Японское море) // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Научно-технические проблемы марикультуры в стране". — Владивосток : ТИНРО, 1989. — С. 75–76.

Закс И.Г. Сырьевые запасы трепанга в дальневосточных морях // Рыб. хоз-во Дальнего Востока. — 1930. — № 2. — С. 37–40.

Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство : монография. — СПб. : Голланд, 2000. — 199 с.

Левин В.С., Шендеров Е.Л. Некоторые вопросы методики количественного учета макробентоса с применением водолазной техники // Биол. моря. — 1975. — № 2. — С. 64–70.

Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения. Управление морскими экосистемами : монография. — Владивосток : Дальнаука, 2000. — 352 с.

Раков В.А. Темпы роста и продолжительность жизни дальневосточного трепанга в заливе Посьета // Биол. моря. — 1982. — № 4. — С. 52–54.

Селин Н.И., Черняев М.Ж. Особенности распределения, состав поселений и рост дальневосточного трепанга в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. — 1994. — Т. 20, № 1. — С. 73–81.

Технология разведения трепанга и морского ежа. — Циндао : Изд-во Морского университета, 2001. (Кит. яз.)

Явнов С.В., Раков В.А. Создание искусственных рифов в заливе Петра Великого (Японское море) // Тез. докл. 3-й Всесоюз. конф. по морской биологии. — Киев, 1988. — Ч. 2. — С. 279–280.

Bradbury A. Sea cucumber dive fishery in Washington State: an update // Beche-de-mer Inform. Bull. — 1994. — № 6. — P. 15–16.

Bradbury A., Palsson W.A., Pacunski R.E. Stock assessment of the sea cucumber *Parastichopus californicus* in Washington // Echinoderms / eds R. Mooi, M. Telford, A.A. Balkema. — San Francisco, Rotterdam, 1998. — P. 441–446.

Caddy J.F. Stock assessment in data-limited situation: the experience in tropical fisheries and its possible relevance to evaluation of invertebrate resources // Can. Spec. Publ. Fish. and Aquat. Sci. — 1986. — № 92. — P. 379–392.

Chen J. Present status and prospects of sea cucumber industry in China // Advances in sea cucumber aquaculture and management : FAO Fisheries technical paper. — 2004. — № 463, session 1. — P. 25–38.

Humble S. An adaptive, rotational harvest strategy for data-poor fisheries on sedentary species : application to the giant red sea cucumber (*Parastichopus californicus*) fishery in British Columbia : MSc Thesis, Dissertation. — Simon Fraser University (Canada), 2005. — 81 p.

Walters C.J., Hilborn R. Adaptive control of fishing systems // J. Fish. Res. Bd Canada. — 1976. — Vol. 33. — P. 145–159.

Woodby D.A., Kruse G.H., Larson R.C. A conservative application of a surplus production model to the sea cucumber fishery in southeast Alaska // Proc. Intern. Sympos. Management strategies for exploited fish population. — 1993. — P. 191–202.

Поступила в редакцию 23.03.10 г.