

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Тихоокеанский научный исследовательский
рыбохозяйственный центр» (ФГУП «ТИНРО-Центр»)

Г.С. ГАВРИЛОВА

ТОВАРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА



**Владивосток
2013**

УДК 594.639.3.07

ББК 47.4

Г12

Гаврилова, Г.С.

Товарное выращивание дальневосточного трепанга : монография / Г.С. Гаврилова ; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр. — Владивосток : ТИНРО-Центр, 2013. — 99 с.

ISBN 978-5-89131-112-1

В монографии анализируются характеристики поселений дальневосточного трепанга зал. Петра Великого, а также приводятся литературные данные о численности и промысле этого вида в других частях ареала. Рассматривается эффективность пополнения популяции залива марикультурными методами — за счет коллекторного способа и заводского получения молоди. В книге приводятся методика товарного выращивания трепанга на донных плантациях и первые результаты получения его продукции. Затрагивается проблема оценки приемной емкости зал. Петра Великого при масштабном культивировании этой голотурии.

Книга адресована специалистам по воспроизводству гидробионтов, гидробиологам, экологам, а также студентам биологических факультетов.

Научный редактор: доктор биологических наук О.Н. Лукьянова.

Рецензент: доктор биологических наук, профессор В.П. Шунтов.

Печатается по решению Ученого совета ТИНРО-центра.

ISBN 978-5-89131-112-1

© ТИНРО-Центр, 2013

© Гаврилова Г.С., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Голотурии широко распространены в прибрежных зонах океана и играют немаловажную роль в хозяйственной деятельности этих районов, так как это деликатесный пищевой продукт и дорогостоящее сырье для фармакологической промышленности. Современные промысловые голотурии на мировом рынке подразделяют на товарные категории: низкую, среднюю и высокую. При классификации учитываются распространение, коммерческая значимость и необходимость применения природоохранных мероприятий к тому или иному виду. Рабочим семинаром СИТЕС (*Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora*) в 2006 г. только 5 видов голотурий из 44 были отнесены к высокой товарной категории. Из них в северо-западной части Тихого океана распространен дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (The Proceeding of the Technical workshop ..., 2005; Toral-Granda, 2006).

Дальневосточный трепанг отнесен также и к группе видов, для которых природоохранные мероприятия, запрещающие их изъятие, не являются обязательными. При этом экспертами были приняты во внимание многие обстоятельства: восприимчивость популяций к промысловым нагрузкам и изменениям факторов внешней среды, географическое распространение, прошлое и современное состояние различных популяций, важность для мировой торговли, растущая значимость в отдельных странах, информация о биологических особенностях (например, рост в разных частях ареала или генетическая изолированность популяции).

Заключение СИТЕС вполне соответствует состоянию численности и объемам промысла вида *A. japonicus* в целом. В последнее время его добыча из природных популяций превышала 8 тыс. т в год, из которых более 7 тыс. т приходится на долю Японии, 900 т добывается в Южной Корее и более 350 т — в Китае (Copand, 2004). Для сравнения — в 2000 г. был зарегистрирован максимальный вылов всех голотурий, составивший 23,4 тыс. т.

При этом состояние популяций дальневосточного трепанга в разных частях ареала далеко не одинаковое. В зал. Петра Великого (Японское море) в настоящее время его можно охарактеризовать как депрессивное из-за значительного перелова. Численность трепанга в заливе крайне низкая, поэтому его добыча запрещена уже в те-

чение нескольких десятилетий, однако не прекращается браконьерский промысел.

Товарное выращивание дальневосточного трепанга широко развито и применяется в Японии, Южной Корее и КНДР, но неизменным лидером все последнее десятилетие является Китай, где производство сушеного трепанга на аквакультурных предприятиях уже в 2002 г. достигло 5,86 тыс. т (Chen, 2004). В 2004 г. было заявлено о выращивании уже 100 тыс. т трепанга (сырой вес, 8–9 тыс. т — сухой вес) и последующем увеличении его производства. Разнообразие методов выращивания мальков, полученных на заводах, в этой стране поистине удивляет. Для получения товарной продукции используются садки, бывшие креветочные пруды, охраняемые зоны в прибрежной полосе, бетонные бассейны, расположенные на берегу, в которые подается морская вода. Последнее время стали применять мощные подвесные установки, размеры которых сопоставимы с площадью бухт, где они расположены, это, по сути, «второе дно». На таких установках работает и живет многочисленный обслуживающий персонал, а районы, где они созданы, называют деревнями на воде (*village on the sea*) (Yang et al., 2004).

В начале XX века для стабилизации численности трепанга на участках промысла применяли наиболее простые способы. В Японии и сто лет назад для этой цели использовали затопленные камни и искусственные конструкции, а в дальнейшем начали строить искусственные рифы. Создавались также и охраняемые районы, в которых концентрировали производителей трепанга. Это, в свою очередь, приводило к образованию поблизости питомников молоди на естественных (морские травы, водоросли, камни) или искусственных субстратах. До 1970-х гг. технология заводского способа получения молоди в Японии не применялась, поэтому развивалось пастбищное выращивание с мелиорацией донных биотопов на малых глубинах. В литературе описано строительство искусственных рифов высотой 1,6 м для оседания и выращивания молоди на насыпном галечном субстрате в зал. Аомори (Технология разведения ..., 2001).

Во второй половине 1980-х гг. стало возможным массовое получение молоди разных навесок на заводах, что привело к настоящему буму в развитии товарного выращивания трепанга в Китае. Молодь размером 5–6 см стали выращивать в искусственных прудах с морской водой, поступающей во время приливов, и на искусственных рифах, а мальков размером до 2 см предварительно подращивали на субстратах — сетчатых мешках. Плотность молоди в прудах достигает 10–20 экз. · м⁻².

Для подращивания мальков используют и специально отгороженные участки дна в нижней или средней литорали и верхней сублиторали, смена воды в которых обеспечивается приливами. Внутри запруд устанавливают искусственные субстраты, а при создании высоких плотностей (20–30 экз. · м⁻²) подкармливают мальков искусственными комбикормами.

Выращивают трепанга и в садках. Донные садки закрепляют на грунте, в районах, удобных для охраны, наблюдения и защищенных от волн. Подвесные (многоярусные, одноярусные, одинаковые по конструкции с донными) — размещают на установках в толще воды. В садках молодь трепанга также подкармливают комбикормом на основе водорослей.

Наименее затратным считается метод пастбищного выращивания молоди, при котором сеголеток расселяют сразу на дно. На донных участках создают благоприятные для роста молоди условия (искусственные рифы, подкормка) и в дальнейшем оценивают формирующиеся поселения трепанга. Мелиоративные работы считаются важными и обязательными и для создания рифов производятся даже взрывные работы, заросли водорослей на рифах формируют, внося спороносные слоевища (Технология разведения ..., 2001).

В последние годы в Китае 75 % продукции аквакультуры выращивают, применяя морское «ранчирование», под которым понимается получение молоди в искусственных условиях, выпуск ее для подращивания в природные водоемы и последующая добыча взрослых особей (Chen, 2004).

В последние годы заводское разведение и товарное выращивание дальневосточного трепанга стало развиваться в зал. Петра Великого. В Приморье работают три небольших завода, производящие молодь трепанга, и в нескольких хозяйствах собирают сеголеток на коллекторы. В результате на донных плантациях увеличилась численность поселений трепанга.

Стоит отметить, что не все описанные выше способы товарного выращивания трепанга применимы в условиях зал. Петра Великого. Метод пастбищного выращивания сеголеток малоэффективен из-за их маленьких размеров осенью текущего года. Садковое выращивание в толще воды ограничено в мелководных бухтах, поскольку образование и сохранение льда в течение почти четырех месяцев в году приводит к повреждению аквакультурных конструкций. 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 других прибрежных акваторий) необходима разработка адаптированных методов товарного выращивания.

Исследования в этом направлении начались в 2005 г., когда в бухтах Уссурийского залива было расселено около 100 тыс. заводских сеголеток. На основе первых полученных данных разработаны главные положения методики товарного выращивания трепанга, для тиражирования которой исследования продолжают и в других районах.

Товарное производство трепанга планируется развивать в разных районах зал. Петра Великого и у юго-восточного побережья Приморья. Для этого необходимо получать многочисленные генерации молоди и оценить возможности пополнения популяции трепанга марикультурными методами. Объемы товарной продукции трепанга будут зависеть не только от количества морских ферм, занимающихся разведением, но и от продукционных возможностей акваторий.

В связи с этим необходим анализ накопленного опыта, способов и приемов товарного выращивания трепанга, а также оценка потенциальной продукции этого вида в хозяйствах марикультуры Приморья. Основной проблемой остается и разработка регламента добычи трепанга на донных плантациях, который находится под пристальным вниманием всех заинтересованных сторон и контролирующих органов.

Глава 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОСЕЛЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ АРЕАЛА

Основными районами распространения дальневосточного трепанга являются побережья п-ова Корея, северо-восточного Китая и японских островов. В российских водах этот вид голотурий встречается у берегов Приморья, о-вов Сахалин и Кунашир (Левин, 1982; Дубровский, Вышкварцев, 2002; Дубровский, Сергеев, 2002).

1.1. Характеристика поселений трепанга зал. Петра Великого

Численность, биомасса, концентрация

Залив Петра Великого — один из участков ареала, где численность и биомасса дальневосточного трепанга в прошлом достигали высоких значений (Закс, 1930; Левин, 2000). До середины 1970-х гг. его поселения можно было встретить вдоль всего побережья от зал. Посьета до мыса Поворотного на глубинах до 20–25 м. Наибольший вылов трепанга в заливе пришелся на 1920-е гг. и составлял около 1000–1100 т сырца ежегодно (Лебедев, 2006). В настоящее время разрешено изъятие 1 т для проведения научно-исследовательских работ (Прогноз ..., 2008). Однако по некоторым оценкам браконьерский вылов трепанга за период с 1992 по 1998 г. в зал. Петра Великого составил 2632 т или в среднем 376 т в год (Лебедев, 2006).

Имеющиеся данные не позволяют четко проследить изменения обилия трепанга в межгодовом аспекте. Несмотря на промысловый статус этого вида (до конца 1970-х гг.) и, казалось бы, немалое число экспедиций, в литературе прошлого века существуют лишь три оценки численности и биомассы популяции залива, приведенные в работах И.Г. Закса (1930) и М.Г. Бирюлиной (1972). Такое положение дел сложилось благодаря еще и тому, что, как было замечено почти сто лет назад, обычные методы количественного учета донного населения практически неприменимы к учету трепанга (Закс, 1930). И.Г. Закс оценил численность трепанга в 150 млн экз., положив в основу расчетов представление о величине трепангоносной площади и средней плотности скоплений в промысловый период в прибрежной зоне. Под «трепангоносной площадью» автором понималась неширокая прибрежная кайма, которая охватывает в среднем глубины 16–20 м, т.е. речь идет о площадях фаций, в которых может быть распределен

трепанг. Повторно методом фацеального анализа в двух его модификациях численность промысловой части популяции трепанга была оценена только в 2001 г. Определение «трепангоносной» площади дна залива выполнено более подробно и корректно. Численность трепанга оценена в пределах от 4,5 до 7,2 млн экз. (Лебедев, 2006).

С середины прошлого века в течение длительного времени (включая и современные исследования) учет проводили стандартным гидробиологическим методом: Л.В. Микулич методом «пробных площадок» оценила в 1959 г. запасы трепанга в пределах 22 тыс. т (174,5 млн экз.), М.Г. Бирюлина в 1970 г. — в 6 тыс. т (60,0 млн экз.) (Бирюлина, 1972). Известно, что точность определения этим методом зависит от количества пробных площадок на единице площади дна (Одум, 1986). В 1959 и 1970 гг. в прибрежной полосе залива, на глубинах до 20–25 м, было выполнено соответственно 261 и 766 водолазных станций. На каждой из них с 2–5 участков дна площадью 1 м² проводился сбор трепанга, т.е. всего за период исследований определения плотности выполнены на 783 и 2298 пробных площадках соответственно. В 1959 г. на 100 м² размещали 11, в 1970 г. — 41 пробную площадку. Если принять во внимание среднюю ширину трепангоносной площади, вычисленную А.М. Лебедевым (2006), равную 286 м, и площади, на которых был распределен трепанг, то получается, что в период съемки 1959 г. разрезы выполнялись через 500, а в 1970 г. — через каждые 100 м. В наших исследованиях в 1995–1999 гг. пробные площадки (разрезы) располагали через каждые 300 м, при этом просматривалась вся длина разреза шириной 1,5–2,0 м. С такой же частотой делались определения и при исследованиях после 2000 г. (Рейсовый отчет ..., 2006). Таким образом, результаты исследований 1970, 1995–1999 и 2000 гг. могут быть сравнимы, так как близка частота отбора пробных площадок.

В архиве ФГУП «ТИНРО-Центр» сохранились материалы ежегодных экспедиций по учету численности трепанга в некоторых районах зал. Петра Великого в 1970–1980 гг. (Особенности распределения ..., 1977; Некоторые черты ..., 1981; Изучение биологии ..., 1983). В табл. 1.1 приведены количественные характеристики скоплений в западных районах залива в 1977 г., в котором был введен запрет на промысел трепанга, а также в 1981 и 1983 гг. Для сравнения нами были выбраны те районы, где исследования проводили во все перечисленные годы. За 4–6-летний период с момента введения запрета на промысел в большинстве районов площади скоплений и средний размер особей увеличились в 1,5–2,0 раза и, как следствие, произошло заметное повышение численности и биомассы.

Таблица 1.1

Характеристики поселений дальневосточного трепанга западной части зал. Петра Великого в 1977, 1981 и 1983 гг. (по: Особенности распределения ..., 1977; Некоторые черты ..., 1981; Изучение биологии ..., 1983)

Район	Площадь поселения, га	Плотность поселения, экз. · м ⁻²	Средняя масса особи, г	Численность, тыс. экз.	Биомасса, т
1977					
1	64	0,3	108	192	21
2	30	0,2–0,4	62	80	5
3	17	0,3	90	51	4,6
4	86	0,3	139	258	36
1981					
1	64	0,4	127	256	32
2	36	0,6	113	147	13
3	25	0,3	98	75	7
4	95	0,5	145	475	69
1983					
1	114	0,3	126	342	43
2	42	0,6	112	366	33
3	17	0,3	132	51	7
4	72	0,3	198	216	43

Примечание. 1 — бухта Баклан; 2 — акватория у о-вов Антипенко, Сибирякова; 3 — акватория у о. Кротова; 4 — мыс Веселкина-Седловидный.

По-видимому, в условиях относительного обилия вида и отсутствия существенного браконьерского лова даже кратковременный запрет на промысел мог привести к положительным результатам. Вместе с тем нельзя исключать изменчивость параметров популяции, связанную с выбором периодов проведения съемок (Гаврилова, Сухин, 2011), и методические погрешности, учитывая техническую обеспеченность гидробиологических съемок тех лет.

В 1995–1999 гг. в заливе существовало примерно 10 районов, в которых возможно было обнаружить концентрации трепанга с плотностью от 0,2 до 1,5 экз. · м⁻². Полученные данные по распределению поселений совпадали с имеющимися в литературе сведениями о расположении трепанговых участков в зал. Петра Великого, существовавших в начале XX века (рис. 1.1). Однако площади, на которых встречались поселения трепанга, оказались невелики, несмотря на тотальное (через 300 м) обследование полосы дна в диапазоне глубин 2–20 м (табл. 1.2).

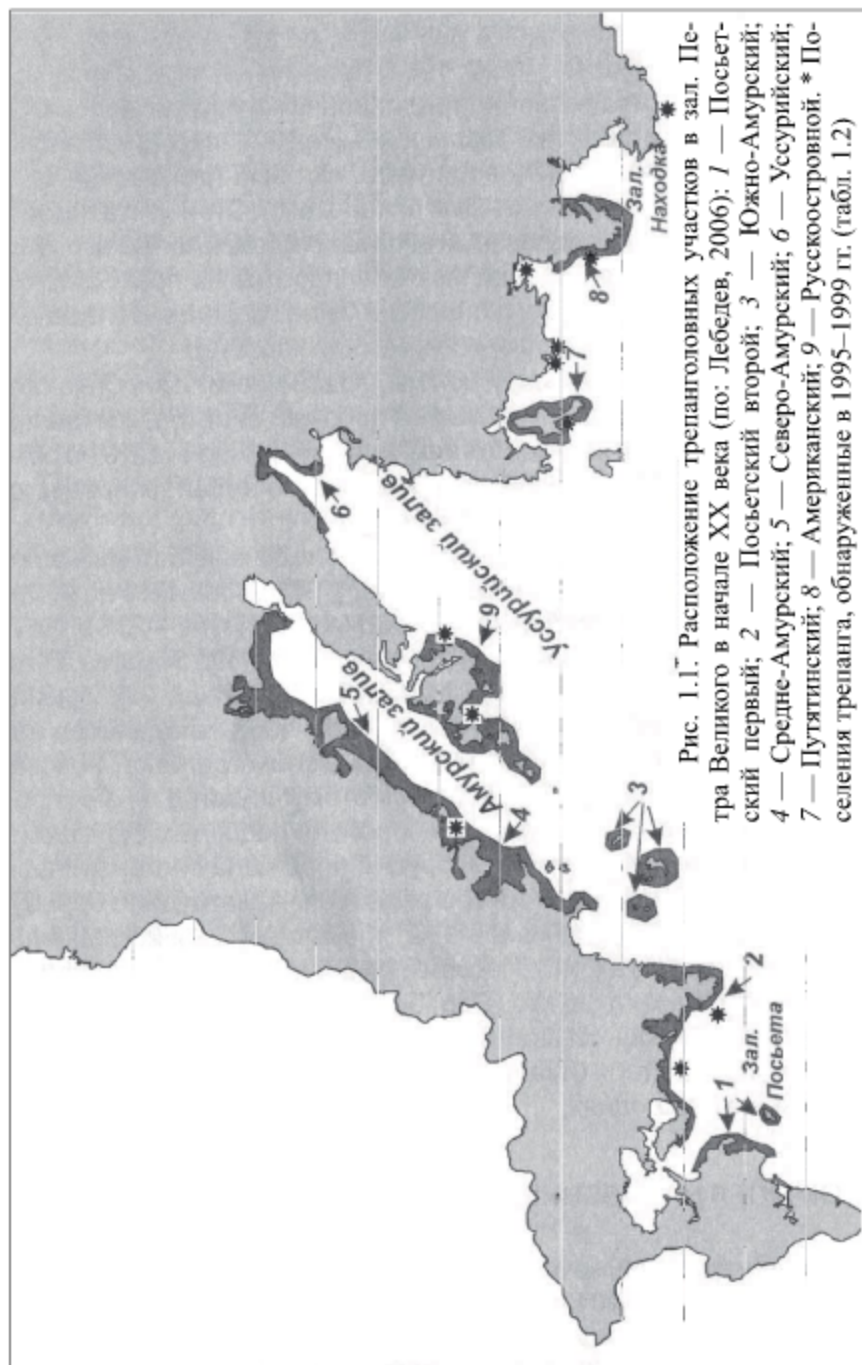


Рис. 1.1. Расположение трапециевидных участков в зал. Петра Великого в начале XX века (по: Лебедев, 2006): 1 — Посьетский первый; 2 — Посьетский второй; 3 — Южно-Амурский; 4 — Средне-Амурский; 5 — Северо-Амурский; 6 — Уссурийский; 7 — Путятинский; 8 — Американский; 9 — Русскоостровной. * Пособия трапециевидные, обнаруженные в 1995–1999 гг. (табл. 1.2)

Таблица 1.2

Характеристика поселений дальневосточного трепанга
в зал. Петра Великого в 1995–1996 гг.

Район	Площадь, скопления, га	Площадь фаций, га*	Плотность поселения, экз. · м ⁻²		Биомасса, т
			Макс.	Сред.	
Зал. Китовый	45	149	1,0	0,2	34
П-ов Гамова	34	–	6,0	0,2	42
Зал. Славянский	9	–	0,2	0,2	2
О. Попова	44	–	0,2	0,2	14
Бухты о. Русского	39	–	1,0	0,2	21
Бухта Анна	4	–	1,0	0,2	4
О. Путятин	56	462	0,2	0,2	12
Бухта Рифовая	82	–	5,0	0,2	99
Зал. Восток	60	–	0,2	0,1	8
Мыс Пассека — мыс Отрада	100	–	2,0	0,2	28
Мыс Поворотный — мыс Крылова	45	–	1,5	0,2	44
Всего по зал. Петра Великого	518				308

* Площади фаций зал. Петра Великого, которые могут быть заселены трепангом в этих районах (по: Лебедев, 2006).

Сравнения показывают, что в эти годы на одних и тех же участках залива скопления занимали площади в 3–8 раз меньше площадей «трепангоносных» фаций, рассчитанных А.М. Лебедевым (2006) путем экстраполяции результатов ландшафтного картирования по пяти типам побережья. В свою очередь, общая величина площади, полученная этим автором, на 30–50 % меньше «трепангоносной» площади, учтенной И.Г. Заксом (1930) при расчетах численности этой голотурии. Очевидно, и на это указывают имеющиеся данные, что все выполненные оценки численности вида носят весьма приблизительный характер и можно говорить лишь о порядке величин.

При обследовании побережья зал. Петра Великого в 1990-х гг., конечно, встречались участки, где на больших площадях можно было увидеть единичных особей трепанга. Однако в тот период они не были учтены, а в табл. 1.2 перечислены районы, где были обнаружены поселения с плотностью не менее 0,1 экз. · м⁻². Оценка численности в других районах была необъективной, так как известно, что при низких значениях плотности распределения учет численности донных беспозвоночных гидробиологическим методом может привести к искажению результатов (Левин, Шендеров, 1975).

В 1995–1996 гг. плотности трепанга в поселениях, как правило, составляли от 0,1 до 1,5 экз. · м⁻² (табл. 1.2). Близкие значения концентраций приводятся в ранних работах С. Масленникова (1894) и И.Г. Закса (1930) соответственно 0,17 и 0,40 экз. · м⁻², а также в более поздней публикации М.Г. Бирюлиной (1972). Для зал. Восток Н.И. Селин и М.Ж. Черняев (1994) приводят среднюю величину плотности 0,5 экз. · м⁻², отмечая при этом, что за десять лет это характеристика не претерпела существенных изменений. Одним словом, до середины 1990-х гг. в поселениях трепанга (по крайней мере, в части из них) сохранялась концентрация, соответствующая особенностям поведения этого вида (образование групп, совместное их перемещение) и позволяющая осуществлять успешное воспроизводство.

Однако уже в 1999 г. плотность трепанга в большинстве районов залива снизилась и составляла от 0,001 до 0,100 экз. · м⁻². Такая ситуация наблюдалась практически вдоль всего побережья, что было связано с общим уменьшением его численности в эти годы. Аналогичные величины концентраций трепанга приводит в своей работе и А.М. Лебедев (2006). В этот период произошло беспрецедентное сокращение репродуктивной части популяции и, как следствие, значительное снижение уровня воспроизводства. Сокращение численности справедливо связывают с браконьерским промыслом. Как упоминалось выше, его средние ежегодные объемы в 1992–1998 гг. могли составлять более 350 т сырца, однако начиная с 2000 г. они снизились до 100 т и ниже (Лебедев, 2006).

Концентрации молоди трепанга на разных субстратах

Приведенные сведения о численности и плотности поселений трепанга относятся к животным с массой тела более 60 г, которые в основном и учитываются при водолазных обследованиях. Однако к началу 2000-х гг. заметно снизилась и численность мальков трепанга. Молодь трепанга концентрируется отдельно от взрослых форм, создавая так называемые питомники, и в дальнейшем мигрирует, пополняя родительские поселения. Концентрации мальков часто приурочены к каменистым участкам литорали, полям анфельции или зарослям зостеры. В 2000 г. в зал. Восток в поселениях молоди (средняя масса тела 15 и 31–67 г) величины плотности составляли на глубинах 0,5–1,5 м — 8,3 экз. · м⁻², а на 5–6 м — 2,8 экз. · м⁻² (Селин, 2001). Для сравнения — на каменистом участке литорали Амурского залива в прол. Старка в октябре-ноябре 1977 г. плотность молоди с массой тела от 0,2 до 10,0 мг составляла от 50 до 200 экз. · м⁻².

Определяющим фактором для выживания мальков на участке была степень его защищенности от волнения (Левин, 1979). Если принять выживаемость сеголеток, равной 10 %, концентрация молоди в возрасте 1–2 лет в этом питомнике составят 5–20 экз. · м⁻².

Поселения молоди трепанга существуют практически на всех полях анфельдии в зал. Петра Великого. В 1999 г. численность молоди оценивалась на двух из них — в прол. Старка на глубине 10–12 м и в бухте Троицы — в восточной ее части на глубине 6–10 м. Количество мальков, учтенных в пробе, пересчитывали на 1 кг массы водорослей. В прол. Старка среднее количество молоди с массой тела 4–9 г составило 9 экз. в 1 кг анфельдии. Близкие значения от 4 до 8 экз. · кг⁻¹ для этого района приведены в литературе (Жильцова и др., 2002). В бухте Троицы численность молоди была ниже и составляла до 5 экз. на 1 кг (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Концентрация мальков трепанга на полях анфельдии

Район	Год	Плотность молоди, экз. · кг ⁻¹	Источник данных
Прол. Старка	1977	30–75	Левин, 1982
	Май 1999	9	Собственные данные
	2000	4–8	Жильцова и др., 2002
Бухта Троицы	1970	15–60	Бирюлина, 1972
	1980	Низкое	Левин, 1982
	1999	До 5	Собственные данные
Бухта Баклан	1970	15	Бирюлина, 1972
Бухта Северная	1970	15–105	То же
	2008	9–22	Пространственное распределение ..., 2008

Для этих же районов существуют данные о численности молоди трепанга на пластах анфельдии в конце 1970-х гг. (Левин, 1982). Если выполнить перерасчет количества молоди с 1 м² поля на 1 кг водорослей (Лавин, Чернышев, 1977), то для прол. Старка получим величину 30–75 экз. · кг⁻¹, что в несколько раз превышает показатели 1990-х гг. Для бухты Троицы низкая численность молоди была характерна и в 1980-е гг., хотя конкретных цифр автор не приводит. По данным М.Г. Бирюлиной (1972) в 1970 г. количество молоди на пластах анфельдии в бухте Троицы составляло 1–4, в бухте Баклан — 1, в бухте Северная — 1–7 экз. · м⁻² или соответственно 15–60, 15 и 15–105 экз. · кг⁻¹.

Во всех районах расселение молоди на полях анфельдии неравномерно и, по-видимому, определяется гидрологическими условиями района. Разноразмерные группы молоди трепанга встречались

на отдельных участках полей, при этом большие площади оставались незаселенными. Масса тела мальков изменялась от 8 до 65 г, т.е. животные принадлежали к разным поколениям. В бухте Троицы на поле анфельции было встречено поселение трепанга площадью примерно 4 га, в котором индивидуальная масса большинства особей превышала 100 г, т.е. имела промысловые значения. Несмотря на то что пласт водорослей находился практически у самого дна и животные имели возможность переместиться на грунт, они удерживались на талломах водорослей.

Данные о размерном составе поселений трепанга

Сведения о размерном составе поселений трепанга в заливе очень немногочисленны в течение всего периода наблюдений. Чаще публиковались величины средней массы тела, которые дают лишь приблизительное представление о текущем состоянии популяции (Бирюлина, 1972; Селин, Черняев, 1994; Селин, 2001).

В период с 1995 по 1999 г. нами были получены данные, позволяющие получить представление не только о средних и модальных величинах массы тела трепанга в этот период, но и об изменениях масс-частотных характеристик популяции всего залива. В эти годы, за исключением 1998, исследования проводились весной и в самом начале лета, т.е. в период весенне-летних кормовых миграций трепанга. Для расчета средних значений в единый массив объединялись данные, полученные на всех разрезах в каждом из районов.

Средние и модальные значения массы кожно-мышечного мешка трепанга в эти годы рассчитаны для нескольких районов залива (табл. 1.4). В 1999 г. только в двух из девяти районов средняя масса кожно-мышечного мешка трепанга незначительно превышала промысловую меру (особи с массой кожно-мышечного мешка (КММ) более 100 г). Во всех остальных районах преобладали неполовозрелые, мелкоразмерные особи при низкой их численности.

Существенные изменения происходили и в размерно-массовой структуре популяции. Частота встречаемости промысловых особей трепанга в заливе заметно снизилась за пять лет (рис. 1.2). На большей части акватории животные имели прижизненную массу тела 30–98 г, а доля животных промыслового размера едва превышала 30 %. В некоторых районах она составляла лишь 16–20 %. Аналогичная ситуация отмечалась и другими авторами для отдельных районов залива. Так, в зал. Восток в 2000 г. поселение трепанга на 94 % было представлено одно-трехлетними животными, не достигшими половой зрелости (Селин, 2001).

Таблица 1.4
Средние и модальные значения массы кожно-мышечного мешка трепанга из разных районов зал. Петра Великого, г

Район исследований	1995 г., n = 818		1996 г., n = 1387		1997 г., n = 1573		1998 г., n = 886		1999 г., n = 1492						
	Май-июнь	М	Апрель-май	Х	М	Апрель-июнь	Х	М	Август-сентябрь	Х	М				
Зал. Посыета	Х	144	Х	139	М	70	Х	157	Х	85	М	50	Х	82	М
Бухты Баклан-Бойсмана		128		108		90		103		-		-		87	
О-ва Амурского залива		124		104		70		120		66		40		79	
Усурийский залив		86		67		65		120		-		-		-	
О. Аскольд		95		101		115		119		87		40		-	
О. Путятина		-		95		100		109		-		-		116	
Бухта Рифовая		117		97		50		93		-		-		104	
Мыс Подосенова — мыс Павловского		72		100		70		78		-		-		75	
Восточный берег зал. Находка		-		99		110		112		-		-		98	

Примечание. Х — среднее значение массы кожно-мышечного мешка трепанга в районе исследований, г; М — модальные значения массы кожно-мышечного мешка трепанга в районе исследований, г; n — численность выборки по всему зал. Петра Великого.

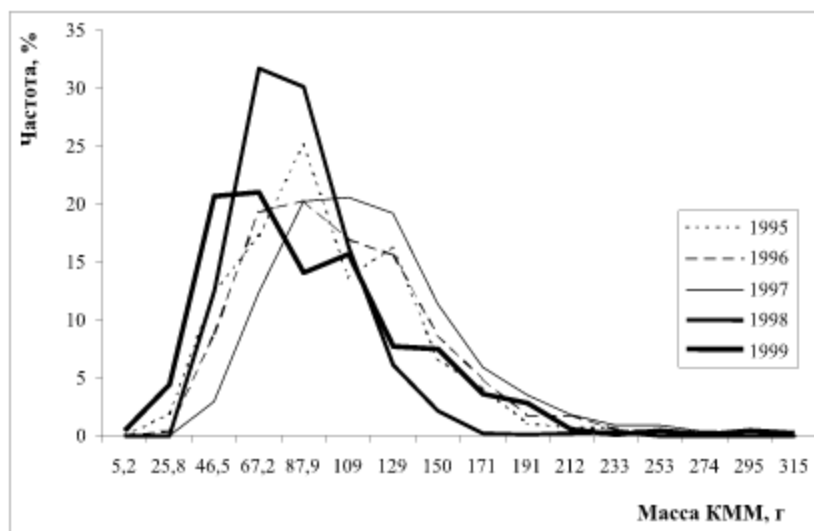


Рис. 1.2. Распределение частоты встречаемости массы кожно-мышечного мешка трепанга в зал. Петра Великого в 1995–1999 гг.

Результаты обследований поселений трепанга в последнее десятилетие в разных районах зал. Петра Великого до настоящего времени не опубликованы, но существуют в виде архивных материалов ТИНРО-центра. Исследования, которые выполнялись под руководством Л.Г. Седовой, показали, что в 2006 г. трепанг встречался на небольших площадях с очень низкими концентрациями. Индивидуальная масса тела особей составляла 20–140 г, доля животных промыслового размера не превышала 10,4 % (Рейсовый отчет ..., 2006). В последующие годы ситуация не улучшилась, в 2009 г. концентрации трепанга встречались крайне редко (Рейсовый отчет ..., 2009). В заливах Амурский и Китовый поселения трепанга в основном состояли из неполовозрелых особей, на долю которых приходилось соответственно 95,3 и 72,2 %. В Амурском заливе до 83 % особей имели массу тела от 10 до 60 г.

Все приведенные выше данные свидетельствуют о неблагоприятной ситуации, сложившейся в популяции дальневосточного трепанга зал. Петра Великого в последние десятилетия. В настоящее время крайне низкие биомассы и низкие концентрации половозрелых особей не позволяют получать многочисленные поколения молоди. В конце 1990-х гг. в несколько раз, а в ряде случаев на порядок, снизилась численность мальков трепанга на полях анфельции, одном из наиболее предпочитаемых субстратов для оседания

личинок этого вида, что позволяет говорить и о снижении в целом уровня воспроизводства. Размерная структура популяции, сложившаяся к концу 1990-х гг., доказывает факт значительного перелома этих голотурий. Принимая во внимание данные последних лет, становится очевидно, что изъятие трепанга не прекращается и в настоящее время.

Популяция зал. Петра Великого находится в северной части ареала, что не способствует быстрому ее восстановлению, так как условия воспроизводства и темпы роста животных значительно отличаются от таковых в более южных районах. На эффективность ежегодного пополнения оказывает влияние межгодовая изменчивость термических условий. В результате анализа термического состояния вод залива и определения на его основе аномальных лет установлено, что в период с 1992 по 2005 г. не было ни одного теплого по термическим условиям года. В этот период наблюдалось 5 холодных (1993, 1995, 1996, 1998, 2002) и 8 нормальных (1992, 1994, 1997, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005) лет (Лучин, Тихомирова, 2010). Следовательно, в течение 13 лет в заливе не складывались особенно благоприятные термические условия для воспроизводства субтропических, субтропическо-низкобореальных видов.

1.2. Некоторые данные о численности и промысле дальневосточного трепанга в других частях ареала

Основными районами распределения дальневосточного трепанга являются прибрежные воды Японии, Кореи и провинций на северо-востоке Китая (Шаньдун, Ляонин, Хэбэй, Цзянсу). Каких-либо сводных работ об изменении основных характеристик природных популяций в этих районах нами встречено не было. Современные публикации в основном содержат информацию о динамике промысла и результатах работ в области аквакультуры трепанга (Технология разведения ..., 2001; Трепанг и морской еж ..., 2003; Conand, 2004, 2005).

Объем добычи дальневосточного трепанга в 2001 г. составил 8487 т, из которых 7229 т приходится на долю Японии, 900 т — на Южную Корею и 358 т изъято в Китае (Conand, 2005). В данном случае речь идет о промысле из природных популяций трепанга без учета марикультурных плантаций. Согласно модельным оценкам максимальный устойчивый улов для голотурий составляет от 10 до 30 % промысловой биомассы (Bradbury et al., 1998). Если объемы добычи в этих странах соответствуют этому уровню, то значения промысловой биомассы могут составлять: от 22,0 до 65,0 тыс. т в

Японии, от 2,7 до 8,1 тыс. т в Южной Корее и от 1,0 до 3,2 тыс. т в Китае.

Принимая во внимание имеющиеся в литературе данные, можно говорить о том, что сокращение численности и биомассы популяций трепанга в прошлом веке произошло во всех частях его ареала. В Китае природные популяции были практически уничтожены в период с 1950 по 1970 г. Вылов трепанга в провинциях Шаньдун и Ляонин в 1950-е гг. составлял соответственно 130–140 и 130 т (сухой вес). В начале 1970-х гг. он снизился до 30–40 и 26 т, а к концу прошедшего десятилетия вылов уменьшился практически до нуля (Chen, 2004). Программа искусственного воспроизводства трепанга в промышленных масштабах, поддержанная правительством Китая в начале 1980-х гг., была создана после катастрофического сокращения численности этого вида в результате многолетнего перелова (Liu et al., 2004).

В настоящее время у северо-восточного побережья Китая объемы трепанга, выращенного на плантациях, более чем на порядок (в 16 раз) превышают объемы промысла из природных скоплений. Первые попытки получения молоди в заводских условиях в этой стране были сделаны еще в 1950-е гг. (Zhang, 1954, 1958). Однако существенные достижения в этой области получены только в 1980-е гг. (Sui, 1985; Zhang, Liu, 1998). Заводское культивирование и донное выращивание трепанга в настоящее время являются основной частью аквакультурного сектора в производстве голотурий в северном Китае (Sui Xilin, 2004). Имеющиеся данные показывают, что при прудовом выращивании молоди достигаются достаточно высокие производственные показатели (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Результаты культивирования трепанга в выростных прудах в районе г. Далянь (КНР) (по: Chang et al., 2004)

Площадь выростного пруда, га	Дата начала культивирования	Продолжительность культивирования, мес	Кол-во высаженной молоди, тыс. экз.	Размер выпущенной молоди, см	Объем вылова, кг	Индивид. масса особи при сборе урожая, г
0,35	11.1994	17	170	2,5	3500	120–140
0,33	05.1997	10	120	6,5	3100	100–120
2,0	04.1999	12	103	8,6	8260	130–210
2,0	04.2000	13	156	7,3	8870	120–195

Используя данные табл. 1.5, мы оценили некоторые характеристики поселений молоди в прудах, в частности исходные плотности, плотности в конце периода выращивания и удельную биомассу

(табл. 1.6). В приведенной работе не указана индивидуальная биомасса мальков, поэтому для расчетов были взяты величины биомассы сеголеток и годовиков схожих размеров, приведенные в монографии «Технология разведения трепанга и морского ежа» (2001).

Таблица 1.6

Расчетные данные выживаемости, плотности и удельной биомассы трепанга в выростных прудах в районе г. Далинь (КНР)

Площадь выростного пруда, га	Соотношение размер/масса, см/г	Плотность молоди, экз. · м ⁻²	Уд. масса молоди, г · м ⁻²	Выживаемость, %	Плотность особей в конце выращивания, экз. · м ⁻²	Уд. биомасса в конце выращивания, г · м ⁻²
0,35	2,5/10	48,60	486	15	7–8	1000
0,33	6,5/20	36,40	946	23	8–9	940
2,0	8,6/34	5,15	175	48	2–3	410
2,0	7,3/29	7,80	226	38	2–4	440

Расчеты показывают, что на северо-востоке Китая в течение полутора лет особи трепанга достигают массы тела 70–85 г. Такие показатели для трепанга в зал. Петра Великого характерны только на третьем году жизни. При этом в литературе говорится о том, что условия в заливах Петра Великого и Байдахэ вполне схожи (Левин, 1982). В зимний период в провинциях на северо-востоке Китая наблюдаются отрицательные значения температуры воды, а в отдельные годы мелководные участки покрываются льдом. На рис. 1.3 показаны графики среднемесячных значений температуры воды в разных районах: побережья зал. Петра Великого, южного Приморья и на западном побережье Ляодунского залива. Анализировались многолетние значения температуры воды, полученные ГМС Приморья, для бухты Киевка — данные наблюдений НИС Лазовская за 2004–2007 гг. (ФГУП «ТИНРО-Центр»), а также среднемесячные значения температуры воды в Ляодунском заливе (Чжан Фын-ин, У Боо-линь, 1958).

Очевидны различия в сумме тепла, получаемой трепангом в процессе роста в весенние, летние и осенние месяцы, которые даже для самого теплого района, зал. Посьета, составляют порядка 685 градусо-дней.

В настоящее время дальневосточный трепанг становится доминантным видом в аквакультуре северного Китая, в то время как разведение других видов голотурий находится пока в зачаточном состоянии. Столь масштабное развитие культивирования трепанга в Китае способно уменьшить пресс перепромысла голотурий не

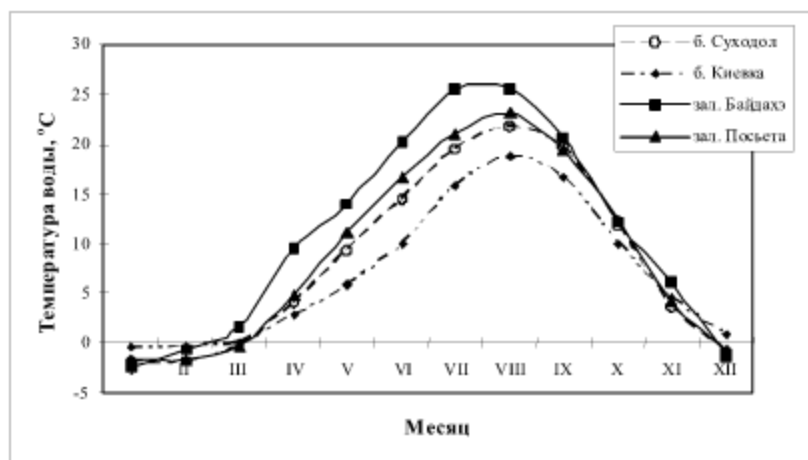


Рис. 1.3. Среднемесячные значения температуры воды на западном побережье Ляодунского залива, в зал. Петра Великого (зал. Посьета, бухта Суходол) и в бухте Киевка (восточное побережье Приморья)

только в Китае, но и во всем мире (Chen, 2004). Следует отметить, что совершенствование производства и улучшение получаемых результатов в Китае происходит постоянно. Например, если в 2001 г. урожай марикультурных плантаций составил 5,09 тыс. т, а добыча на природных скоплениях — 359,0 т, то уже в 2002 г. эти показатели составили соответственно 5,865 тыс. т и 470,0 т. В настоящее время исследования в области искусственного воспроизводства трепанга включают три основных аспекта:

- совершенствование техники получения молоди трепанга;
- создание трех основных систем выращивания молоди, полученной в заводских условиях, — прудовых хозяйств, садкового выращивания и морского «ранчирования»;
- создание охраняемых зон и поддержание в них природного запаса трепанга, прежде всего для сохранения его генетического разнообразия.

Согласно данным японской статистики максимальный вылов голотурий в этой стране был зафиксирован в 1968 г. — 13 тыс. т. К 1993 г. этот показатель снизился до 5,9 тыс. т, после чего поддерживался на уровне 6,0 тыс. т (Akamine, 2004). В Японии о сокращении численности трепанга можно судить и по динамике вылова в отдельных районах. Так, в зал. Окимура, где трепанг является основным промысловым объектом, в период с 1970 по 1977 г. объемы вылова сократились вдвое с 728 до 359 т (Разведение ..., 1990).

Однако современные величины запасов природных популяций трепанга в Японии сохранились достаточно в большом объеме. Произошло это, по-видимому, в силу нескольких причин. Прежде всего, известно, что в этой стране при рассмотрении путей сохранения и развития промысла трепанга на первый план выдвигалось восстановление численности диких популяций с помощью мелиорации естественных биотопов и пополнения их молодь, собранной в природных условиях. По-видимому, выбор именно такой тактики (концентрация производителей в закрытых, полужакрытых бухтах и заливах, сбор молоди на искусственные субстраты в природе, установка субстратов на дне для улучшения условий обитания мальков), а не заводское производство молоди с последующим ее выращиванием в искусственно создаваемых биотопах позволил этой стране сохранить столь мощный потенциал природных популяций трепанга.

Кроме того, в Японии неукоснительно соблюдаются правила рыболовства и такие ограничительные меры, как минимальный промысловый размер трепанга, квоты, запрещенные для лова сезоны и др., не являются абстрактными понятиями. Вместе с тем за два последних десятилетия, несомненно, увеличился приток и заводской молоди. По данным J. Akamine (2004) в трех районах на севере Японии (Сойя, Аомори и Мияги), где существует разведение именно этого вида голотурий, за последние 12 лет пополнение составило 3381 тыс. экз., правда, нет уточнения, за счет какой молоди (только ли заводской или собранной на коллекторах) пополнялись скопления.

Согласно информации, полученной нами от ведущих специалистов на предприятиях марикультуры Японии в 2005 г., на Хоккайдо добыча трепанга ведется вдоль всего побережья, однако почти половина общего объема (816 т в 2003 г.) добывается на севере острова в префектуре Сойя. Из сообщений японских коллег также известно, что с 1989 г. в г. Вакканай научно-экспериментальная станция в сотрудничестве с одной из промысловых компаний занимается заводским разведением трепанга. Несмотря на небольшие объемы выпуска культивируемой молоди добыча трепанга на этом участке возросла почти вдвое.

В настоящее время на большом фактическом материале и для большинства районов обитания голотурий показано, что как в тропических, так и в умеренных водах при уменьшении численности популяций до уровня, когда естественное пополнение скоплений затруднительно, восстановление запасов если и происходит, то не-

редко для этого требуется несколько десятилетий. Часто это происходит еще и потому, что при низкой численности продолжается тот или иной вид промысла (Toral-Granda, 2006). В качестве примера можно привести район Соломоновых островов, где после значительного перелова голотурии *Holothuria scabra* в конце XIX века восстановление численности до уровня, когда промысел на скоплениях стал рентабельным, произошло только через 100 лет (Richards et al., 1994).

В конце прошлого века сократилась численность и объемы промысла дальневосточного трепанга практически во всех частях его ареала. В зал. Петра Великого поселения этого вида находятся в депрессивном состоянии два последних десятилетия. Основной причиной и, по-видимому, не без оснований, считается перелов трепанга, как это было в КНР в 1950–1970-х гг., в Японии — в 1970–1990-х гг., в зал. Петра Великого — в период с 1990-х гг. по настоящее время. Неплохим (косвенным) индикатором для оценки состояния ресурсов голотурий может быть изменение районов промысла добытчиками (Uthicke, 2004). В связи с этим нельзя не вспомнить, что в начале 2000-х гг. многие аквалангисты-добытчики трепанга из зал. Петра Великого передислоцировались в район южных Курильских островов.

В настоящее время дальневосточный трепанг вновь входит в число промысловых видов в Китае, Южной Корее и Японии. Произошло это благодаря марикультурным мероприятиям, с помощью которых удалось либо восстановить численность природных популяций, либо создать индустрию заводского производства моллюды. На примере двух стран: Японии и Китая можно наблюдать, как выбранные разные стратегии восстановления и поддержания численности трепанга позволили сохранить для этого вида статус промыслового и обеспечить его товарное производство для удовлетворения все возрастающих потребностей рынка.

Для зал. Петра Великого определение тактики восстановления численности дальневосточного трепанга в настоящее время особенно актуально. Анализ первых практических шагов в этом направлении, на наш взгляд, поможет определить дальнейшее развитие событий.

Глава 2. ПОПОЛНЕНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ТРЕПАНГА ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО В 2000–2010 ГГ. В РЕЗУЛЬТАТЕ КОЛЛЕКТОРНОГО СБОРА И ЗАВОДСКОГО РАЗВЕДЕНИЯ МОЛОДИ

Для восстановления природных популяций и товарного производства голотурий необходимо получение многочисленных генераций молоди. В настоящее время в зал. Петра Великого сеголеток трепанга получают двумя способами: собирают на коллекторах и выращивают на заводах. В данной главе основное внимание уделено оценкам современных величин пополнения донных поселений трепанга за счет коллекторного сбора и заводского разведения. Описание же самих способов получения молоди подробно изложено в соответствующих справочниках, руководствах и инструкциях. Вместе с тем мы остановимся на некоторых особенностях техники разведения в разные периоды и в разных районах.

2.1. Получение молоди трепанга коллекторным способом

2.1.1. Основные этапы коллекторного способа сбора молоди трепанга

В 1970–1980-х гг. исследования по культивированию дальневосточного трепанга начинались с апробации коллекторного способа сбора молоди трепанга в зал. Посьета (А.с. № 794791). Технология для этого вида, как и других беспозвоночных, включает несколько этапов: прогнозирование сроков нереста и постановки субстратов (коллекторов) в период оседания личинок, обслуживание гидробиотехнических установок (ГБТС), оценку урожая и расселение мальков на донные участки (Справочник по культивированию ..., 2002).

Прогнозировать сроки наступления нереста можно по результатам наблюдений за температурой воды в районе работ и степенью зрелости гонад трепанга. Многолетними исследованиями установлено, что одним из методов прогнозирования может быть подсчет суммы положительных температур на поверхности воды с сентября по август следующего года. Например, нерест трепанга в зал. Посьета начинался при значениях этого показателя 1857–1883 °С, а массовый нерест приходился на период, когда сумма температур составляла 2384–2392 °С (Мокрецова, 1987). Таким образом, под-

считав «сумму тепла» на поверхности воды в конкретном районе, можно определить вероятную дату нереста трепанга. Также о начале нереста трепанга можно судить и по изменению величины гонадного индекса. Резкое ее снижение свидетельствует о начале нереста. В зал. Петра Великого от начала до массового нереста может пройти от 20 до 35 дней.

Для сбора молоди трепанга, как и для сбора спата моллюсков, используются однотипные линейные установки (Справочник по культивированию ..., 2002). На начальных этапах работ для сбора сеголеток применяли специфичные коллекторы и наполнитель. Коллектор представлял собой конструкцию, состоящую из металлического каркаса в форме усеченного конуса, обтянутого сеткой, с диаметром дна 40 см и площадью 0,12 м². В качестве субстрата для оседания мальков предполагалось использовать водоросль анфельцию (А.с. № 794791). На линейных установках размещают собранные в гирлянды коллекторы (обычно по 10 шт. на капроновом фале) с субстратами для оседания личинок: анфельция массой 0,2 кг или сетное полотно. Устанавливать коллекторы в море необходимо заблаговременно — за 7–10 дней до нереста трепанга, так как за это время на поверхности субстратов должна образоваться бактериальная и микроводорослевая пленка.

Каркасные коллекторы не нашли широкого применения в марикультурной практике и были заменены на более удобные — мешочные. Однако еще долгое время в качестве наполнителя старались использовать анфельцию. И лишь в последние годы, когда молодь трепанга в основном стали собирать в качестве дополнительной продукции на мешочных гребешковых коллекторах, стало понятно, что сетное полотно может служить в качестве субстрата не менее эффективно. Обработка же таких субстратов не так затруднительна.

Размещать коллекторные установки желательно в бухтах полузакрытого типа с глубинами до 20–25 м, защищенных от ветров преобладающих направлений и штормов. Необходимо избегать районов побережья, опресняемых речными стоками, а также мелководных участков закрытых бухт, где соленость резко снижается в период сильных дождей.

Предпочитаемые грунты для создания донных плантаций трепанга — скалы, валуны, пески с чередованием зарослей zostеры. Непригодны для этих целей отмытые подвижные пески и жидкие илы. Необходимыми условиями для создания донных плантаций является наличие убежищ для трепанга: рифов, валунов, друз моллюсков, зарослей трав и водорослей, в которых, кроме того, проис-

ходит и накопление взвеси. При отсутствии в бухтах перечисленных условий для товарного производства трепанга необходимо создавать искусственные конструкции.

Коллекторные установки размещают в бухтах, где существуют естественные поселения трепанга или предварительно сформировано маточное стадо. В период размножения в планктоне должны присутствовать личинки не только ранних, но и поздних стадий развития (поздняя аурикулярия, долиолярия).

2.1.2. Эффективность коллекторного сбора молоди трепанга в зал. Петра Великого в разные годы

Для оценки эффективности сбора молоди трепанга в заливе анализировались данные, полученные в хозяйствах марикультуры, литературные данные, а также архивные материалы и отчеты марихозяйств.

Оценить эффективность сбора молоди трепанга на коллекторы в 1970–1980-х гг. можно по результатам работ морских экспериментальных станций. В зал. Посыета в 1973 г. оседание мальков на каркасном коллекторе составляло 100–700 экз., в 1972 г. — от 30 до 200 экз. (Мокрецова и др., 1975). В Амурском заливе количество молоди трепанга, оседающей на коллекторы, составляло 30–70, в редких случаях — до 100 экз. на коллектор (табл. 2.1) (Материалы и рекомендации ..., 1982). Однако и в тот период было очевидно, что данный способ получения сеголеток эффективен далеко не каждый год. Причиной изменчивости интенсивности оседания в условиях относительного обилия трепанга могли быть не только гидрологические условия того или иного года, но и технологические особенности сбора молоди трепанга. Например, при совпадении сроков оседания личинок трепанга и очередной генерации личинок тихоокеанской мидии вся поверхность коллекторов могла быть покрыта осевшими моллюсками, что препятствовало оседанию на субстрат мальков трепанга. Такая ситуация наблюдалась на плантациях в бухте Алексеева в 1981–1982-х гг. и сказалась на результатах сбора молоди трепанга (Материалы и рекомендации ..., 1982). Мальки могли отсутствовать на коллекторах и в случае непригодности субстрата для оседания, например, в силу свойств его поверхности или недостаточной предварительной экспозиции в воде.

В 1977–1980-х гг. урожайность плантаций по сбору мальков была весьма значительной: с коллекторной установкой площадью в 1 га в бухте Алексеева можно было в среднем собирать до 658 тыс. экз., а в 1981–1982-х гг. — до 126 тыс. экз. молоди.

Таблица 2.1

Численность мальков трепанга на коллекторах в бухте Алексеева
(Амурский залив) в 1970–1980 гг.
(по: Материалы и рекомендации ..., 1982)

Количество осевшей молоди, экз. · кол. ⁻¹	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Среднее	22,1	35,5	17,8	50,0	4,1	8,0
Максимальное	85,0	127,0	25,0	56,0	10,0	11,0
Минимальное	9,0	13,0	10,0	36,0	0	5,0

Существенной была и роль трепанга в донных биоценозах бухт, о чем свидетельствуют гидробиологические исследования тех лет (Скарлато и др., 1967) и экспериментальные работы по выращиванию тихоокеанской устрицы в поликультуре. При выращивании устриц на придонных конструкциях получали дополнительно урожай еще 3–5 видов промысловых беспозвоночных, в том числе трепанга. За четырехлетний цикл на придонной конструкции, установленной в августе 1977 г. в бухте Новгородской (зал. Посьета), было получено около 43 кг трепанга (Материалы и рекомендации ..., 1982).

В 1990-х гг. технология коллекторного способа сбора молоди трепанга ни в экспериментальных, ни в действующих хозяйствах марикультуры не применялась. Основными причинами были низкая интенсивность оседания мальков и снижение марикультурной деятельности в крас. Однако неясно, какая из перечисленных причин была главной. Наблюдения за численностью молоди трепанга на полях анфельции, естественном субстрате для оседания, свидетельствуют о том, что оседание происходило ежегодно (Жильцова и др., 2002). Единственное хозяйство, которое работало во второй половине 1990-х гг. в бухте Миносок зал. Посьета, — это ООО «ТЭМП». Сохранились данные о результатах сбора молоди трепанга коллекторным способом в 1996–1998 гг. В отчете предприятия указывается, что в 1999 г. было продано и расселено на донные плантации 173 тыс. экз. молоди трепанга, собранной на специализированных коллекторах. Если предположить, что все три года на плантациях получали равное количество молоди, задействуя каждый год одинаковое количество коллекторов (3500 шт.), то получим, что при годовом сборе 57,66 тыс. экз., интенсивность оседания составляла 16,5 экз. · кол.⁻¹. При условии, что выживаемость за годы, в течение которых трепанг находился в коллекторах, составила ~50–60 %, эта величина может быть увеличена до 20–30 экз. · кол.⁻¹. Такой показатель сопоставим с данными, полученными в 1970–1980 гг. (табл. 2.1).

В начале 2000-х гг. численность трепанга в зал. Петра Великого снизилась до критических значений. Уменьшилось и оседание мальков на коллекторы. Тем не менее в бухте Миноносок в 2000 и 2001 гг. коллекторы для сбора мальков трепанга устанавливали в хозяйствах РК «Посъетская» и ООО «ТЭМП». Первое из них в 2000 г. получило урожай 50 тыс. экз., при интенсивности оседания $3,3 \text{ экз.} \cdot \text{кол.}^{-1}$, второе в 2001 г. — 29 тыс. экз., при плотности оседания $8,0 \text{ экз.} \cdot \text{кол.}^{-1}$.

Несмотря на явно невысокие показатели урожайности плантаций в этот период, ООО «ТЭМП» и в дальнейшем продолжало работы по сбору молоди трепанга на коллекторы. Кроме того, во время осенней переборки гребешковых коллекторов проводился и отбор мальков трепанга, осевших на эти конструкции. Это позволило вновь создающимся в эти годы хозяйствам марикультуры покупать посадочный материал для формирования маточного стада трепанга на своих участках. С таких мероприятий начинали свою деятельность многие марифермы в разных районах — в заливах Посъета, Амурском, Уссурийском. На примере некоторых из них мы постарались оценить результаты применения коллекторного способа в зал. Петра Великого в условиях низкой численности трепанга.

«ЧП Жарков», бухта Рейд Паллада, зал. Посъета

Работы по восстановлению численности трепанга в бухте Рейд Паллада начались с создания маточного стада, для чего были закуплены и расселены на дне трехгодовалые особи: 10 тыс. экз. в 2002 г. и 30 тыс. экз. в 2003 г.

В 2003 г. в хозяйстве приступили к сбору молоди трепанга в бухте коллекторным способом, была оценена эффективность разных субстратов для оседания сеголеток. Наилучший результат получен при использовании мешочных коллекторов с наполнителем из раковин моллюсков (табл. 2.2). Не совсем понятно, что явилось причиной для отказа от такого технологического приема в дальнейшем. В этом хозяйстве в 2003–2005 гг. работы носили явно исследовательский характер, что не удивительно, так как в качестве научного консультанта был приглашен сотрудник ИБМ ДВО РАН канд. биол. наук В.А. Брыков.

За первые четыре года деятельности хозяйства было куплено, собрано на коллекторах и отсажено на дно более 600 тыс. экз. трепанга. Даже в случае низких значений выживаемости (30 %) объем товарной продукции на этом участке может быть оценен в 200 тыс. экз. трепанга или (при минимальной промысловой мере животных) ~20 т биомассы.

Таблица 2.2

Результаты сбора молоди трепанга в бухте Рейд Паллада

Год	Общее кол-во собранной молоди, тыс. экз.	Тип коллектора, наполнитель	Кол-во коллекторов/кол-во осевшей молоди, тыс. экз.	Средняя интенсивность оседания, экз. · кол. ⁻¹
2003	144,62	Трепанговый, створки моллюсков	150/40,80	272,0
		Трепанговый, створки гребешка	50/16,30	318,0
		Трепанговый, москитная сетка	650/87,52	16,8
2004	178,30	Трепанговый, сетка, анфельция	5000/155,0	31,0
		Трепанговый донный, анфельция	144/23,30	162,0
2005	94,0	Гребешковый, москитная сетка	23500/94,0	4,0
Итого	416,92			

ООО «Акватория», бухты Новик и Иванцова (о. Русский)

В Амурском заливе воспроизводством дальневосточного трепанга занимаются несколько хозяйств, однако проследить межгодовую динамику пополнения за счет коллекторного способа в настоящее время возможно лишь в некоторых случаях. В бухте Иванцова, расположенной у южного побережья о. Русского, работы начались в 2002 г. Сбор молоди проводился как на специализированных для трепанга, так и на гребешковых коллекторах. Эффективность сбора молоди на видоспецифичных коллекторах была в данном случае выше, хотя основным субстратом, так же как и при сборе спата гребешка, служило сетное полотно и лишь в части коллекторов — анфельция (табл. 2.3). Различались в данном случае только сроки постановки субстратов.

Для бухты Новик, глубоко вдающейся в берег о. Русского, данные об эффективности коллекторного сбора получены за 3 года (табл. 2.4). И здесь более эффективный сбор наблюдался на специализированных коллекторах, а интенсивность оседания на коллекторах для трепанга в 2005–2006 гг. — в бухте Иванцова и в 2003 и 2007 гг. — в бухте Новик была близка по своим значениям. Неурожайным для сбора молоди трепанга в этом районе, по-видимому, был 2004 г., так как в двух бухтах, различающихся степенью защищенности от волнового воздействия и гидродинамическими условиями, получены низкие величины оседания (табл. 2.3, 2.4).

Таблица 2.3

Результаты сбора молоди трепанга в бухте Иванцова

Год	Общее кол-во собранной молоди, тыс. экз.	Тип коллектора, наполнитель	Кол-во коллекторов/кол-во осевшей молоди, тыс. экз.	Средняя интенсивность оседания, экз. · кол. ⁻¹
2002	18,700	Трепанговый, москитная сетка	880/18,700	21,3
2003	14,212	Трепанговый, москитная сетка	?/11,656	–
		Гребешковый, москитная сетка	?/2,556	–
2004	13,800	Трепанговый, москитная сетка	3000/13,800	4,6
2005	113,370	Трепанговый, москитная сетка	6300/103,320	16,4
		Гребешковый, москитная сетка	650/1,600	1,6
2006	120,970	Трепанговый, москитная сетка (5800) + анфельция (1500)	7300/102,930	14,1
		Гребешковый, москитная сетка	8200/18,040	2,2
Итого	281,052			

Таблица 2.4

Результаты сбора молоди трепанга в бухте Новик

Год	Общее кол-во собранной молоди, тыс. экз.	Тип коллектора, наполнитель	Кол-во коллекторов/кол-во осевшей молоди, тыс. экз.	Средняя интенсивность оседания, экз. · кол. ⁻¹
2003	20,10	Трепанговый, москитная сетка	1800/20,10	11,1
2004	27,0	Трепанговый, москитная сетка	4500/27,0	6,0
2007	103,68	Трепанговый, москитная сетка	7800/98,28	12,6
		Гребешковый, москитная сетка	3000/5,40	1,8
Итого	150,78			

Общее пополнение за счет коллекторного сбора в бухтах Новик и Иванцова за период 2002–2007 гг. составило 432,0 тыс. экз. трепанга.

Специфика обследований коллекторных установок в этом хозяйстве позволила оценить выживаемость или сохранность мальков в коллекторах в первый и второй годы жизни. После учета сеголеток

оставляли в коллекторах на протяжении еще одного-двух лет, затем вновь оценивалось количество мальков на субстратах. Полученные в результате данные свидетельствуют, скорее, о сохранности животных на субстратах, под которой подразумевается численность животных за вычетом не только убыли в результате смертности, но и за счет перемещения животных из коллекторов на дно. Принимая в таком случае полученные значения за выживаемость, можно предполагать, что ее истинные величины должны быть выше. Вместе с тем полученные таким способом данные свидетельствуют об очень высокой выживаемости молоди трепанга в коллекторах: 70–88 % в первый год жизни и ~50 % за первые два года (табл. 2.5). Сравнив литературные данные о величине смертности сеголеток донных беспозвоночных в природе (Thorson, 1966; Gosselin, Qian, 1997) с полученными результатами, можно утверждать, что коллекторный способ позволяет увеличить пополнение поселений трепанга молодью не только за счет увеличения площадей субстратов для оседания личинок, но и в результате увеличения выживаемости мальков первых лет жизни в коллекторах, которые являются убежищами для молоди и накопителями взвеси и микроорганизмов.

Таблица 2.5

Выживаемость мальков трепанга в коллекторах в первые годы жизни в бухте Новик

Поколение молоди (год рождения)	Выживаемость в возрасте 0+...-1 год, %	Выживаемость в возрасте 1+...-2 года, %	Выживаемость за два года, %
2002	–	–	56
2003	70	70	49
2005	88	–	–
2006*	88	–	–
2006**	85	–	–

* Трепанговые коллекторы.

** Гребешковые коллекторы.

ООО «Марлин Ф», бухта Парис, восточное побережье о. Русского

В бухте Парис в 2002–2003-х гг. мальков трепанга получали как сопутствующую продукцию на плантациях для сбора спата приморского гребешка. Вместе с тем были получены неплохие для этого периода результаты (табл. 2.6).

На небольшой акватории и при незначительных площадях коллекторных установок (0,7–0,8 га) пополнение молодью трепанга за два года составило около 200 тыс. экз. В случае продолжения ра-

Таблица 2.6

Результаты оседания мальков трепанга на коллекторы в бухте Парис
в 2002–2003 гг.

Год	Общее кол-во коллекторов, шт.	Кол-во коллекторов с трепангом, шт.	Интенсивность оседания, экз. · кол. ⁻¹	Общая численность мальков, тыс. экз.
2002	15000	7500	4,0	37,5
2003	17000	–	8,4	142,8
Итого				180,3

бот, даже при чередовании урожайных и неурожайных поколений, за 4–5 лет в бухте могло сформироваться маточное стадо, продуцирующее в дальнейшем обильное пополнение. В итоге мог быть получен весомый объем товарной продукции трепанга. Однако для такого развития событий необходимо отсутствие браконьерства и заинтересованность мариводов в продолжении работ, которая, в свою очередь, появляется при возможности законного изъятия произведенной продукции.

ООО «Марикультура», бухта Суходол (Уссурийский залив)

В южной части бухты Суходол работы по восстановлению численности трепанга начались в 2000 г.: проведено вселение 10 тыс. экз. животных из зал. Посъета, собрано на коллекторы и отсажено на донные плантации около 5 тыс. мальков трепанга (табл. 2.7). В дальнейшем в этом хозяйстве проводился сбор молоди трепанга в качестве сопутствующей продукции на гребешковых коллекторах, где субстратом для оседания служила москитная сетка. Пополнение поселений трепанга молодь в бухте происходит ежегодно с разной интенсивностью (табл. 2.7). Отсутствие мальков на коллекторах в 2006 г. мариводы хозяйства объясняют качеством субстратов: новое сетное полотно не было еще достаточно подготовленным для оседания личинок. Наиболее успешное пополнение трепанга в этом хозяйстве наблюдалось в 2003 и 2007 гг. В 2007 г. увеличилось не только общее количество, но и интенсивность оседания сеголеток на коллекторы и урожайность плантации в целом.

Всего на дно бухты за последние 10 лет отсажено 495,7 тыс. экз. молоди трепанга, собранной на коллекторах.

При осенней переборке коллекторов молодь трепанга вместе со спатом гребешков рассаживают в трехъярусные донные садки. По нашим оценкам выживаемость сеголеток трепанга, собранных на коллекторах и подращиваемых в садках, очень высокая: например,

Таблица 2.7

Результаты коллекторного сбора молоди трепанга в бухте Суходол
в 2000–2009 гг.

Год	Интенсивность оседания, экз. · кол. ⁻¹	Общая численность мальков, тыс. экз.	Дополнительные мероприятия
2000	6,8	4,833	Создание маточного стада, 10 тыс. экз.
2001	0,8	13,385	–
2002	–	8,405	–
2003	12,7	85,260	–
2004	1,6	8,225	–
2005	0,6	5,230	Вселение заводской молоди, 20 тыс. экз.
2006	0	0	Вселение заводской молоди, 2,1 тыс. экз.
2007	15,0	233,967	–
2008	3,0	45,237	–
2009	5,4	91,180	–
Итого		495,722	–

в 2007 г. она составила 82 %. Мальки содержались в садках в период с октября по июнь.

Итак, в зал. Петра Великого экстенсивное культивирование (коллекторный сбор молоди) дальневосточного трепанга в последнее десятилетие не получило развития, сопоставимого с таковым у двустворчатых моллюсков — приморского гребешка и тихоокеанской мидии. В настоящее время в нескольких хозяйствах сеголеток трепанга получают как сопутствующую продукцию при коллекторном сборе спата приморского гребешка. Специфичные установки для сбора мальков трепанга создаются далеко не во всех хозяйствах, а существующие — невелики по площади. Такое положение дел объясняется прежде всего сравнительно низкой интенсивностью оседания сеголеток, отражающей современный уровень воспроизводства трепанга в заливе.

На первый взгляд сравнительные оценки результатов коллекторного способа культивирования приморского гребешка и трепанга свидетельствуют не в пользу последнего. Современные величины урожайности плантаций по сбору спата гребешка варьируют в разных районах зал. Петра Великого от 3 до 10 млн и в среднем составляют 6,5 млн экз. на 1 га (Гаврилова и др., 2005а, б). Для трепанга этот показатель был на порядок меньше и в продуктивные

1970-е гг. В начале 2000-х гг. оседание молоди трепанга снизилось по сравнению с предыдущими десятилетиями, в настоящее время применение коллекторного способа только для сбора молоди трепанга специалисты хозяйств считают нерентабельным.

Вместе с тем, как показали уже первые работы в этом направлении, при улучшении условий воспроизводства для этого вида (увеличение числа производителей в бухтах, установка дополнительных субстратов) и охране плантаций от браконьерского изъятия происходит довольно быстрое увеличение концентраций молоди и пополнение донных скоплений трепанга. Имеющиеся данные позволяют количественно оценить величины такого пополнения.

Личинки беспозвоночных оседают на разные искусственные субстраты, размещенные в толще воды, что позволяет концентрироваться молоди и повышает ее численность. Так, в 2003 г. в бухте Клыкова (зал. Посъета) была определена численность трепанга на установке для сбора и выращивания тихоокеанской мидии, принадлежащей хозяйству «РК Посъетская». Мальки трепанга были встречены на всех элементах конструкций ГБТС, их общая численность на площади 1 га составила 52,5 тыс. экз. (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Оседание молоди дальневосточного трепанга на ГБТС для культивирования мидии

Элемент конструкции ГБТС	Единица измерения	Количество конструктивных элементов, шт.	Ср. величина оседания трепанга, экз. · (ед. изм.) ⁻¹	Общая численность трепанга, тыс. экз.
Мидийный коллектор	кол.	4200	2,3	9,660
Хребтина	м	24500	0,3	4,900
Рама	м	7900	1,6	12,640
Якорные оттяжка	м	9120	2,3	20,976
Кухтыль	шт.	3100	1,4	4,340
Итого				52,516

На основе приведенных выше данных оценена урожайность плантаций, на которых молодь трепанга собирают в качестве основной или дополнительной продукции. Урожайность рассчитывалась для стандартно обустроенной плантации, на одном гектаре которой расположена 21 тыс. мешочных коллекторов. Для сравнения оценивались результаты, полученные на коллекторах с одинаковым субстратом для оседания мальков, — москитной сеткой.

Урожайность 1 га плантаций гребешковых установок, где молодь трепанга собиралась как сопутствующая продукция, составила

в 2002–2003 гг. в бухте Парис соответственно 84 и 176 тыс. экз.; в 2006 г в бухте Рейд Паллада — 84 тыс. экз., в бухте Иванцова — 46,2 тыс. экз. В бухте Суходол этот показатель в период с 2000 по 2009 г. изменялся от 12,6 до 315,0 тыс. экз.

Сбор молоди трепанга на специализированных коллекторах, выставленных в сроки, подходящие для оседания его личинок, оказался более эффективным. Так, урожайность 1 га плантации в бухте Рейд Паллада в 2003 г. составила 352,8 тыс. экз., в 2004 г. — 651,0 тыс. экз. В бухте Иванцова этот показатель в разные годы изменялся от 96,6 до 447,0 тыс. экз. Для сравнения — урожайность 1 га плантации в 1970 гг. в бухте Алексева в Амурском заливе варьировала от 374 до 1050 тыс. экз., т.е. лучшие результаты последнего десятилетия были худшими 30 лет назад.

Тем не менее в результате деятельности только 4 хозяйств общая численность учтенной на коллекторах молоди трепанга за последние годы превысила 1650 тыс. экз. Это означает что более 800 тыс. особей (учитывая приведенные данные о выживаемости мальков на коллекторах) пополнили донные скопления в этих районах.

Если принять во внимание, что в этих, а также других хозяйствах занимаются культивированием гребешка, мидии, устрицы, на плантациях которых оседают и сеголетки трепанга, то порядок величин общего пополнения за счет марикультурных мероприятий должен быть значительно выше. В Приморском крае зарегистрировано около 30 хозяйств марикультуры. В этих хозяйствах ежегодно обустраиваются коллекторные установки общей площадью не менее 10 га. Приняв за среднюю величину урожайности сбор молоди трепанга с мидийной установки в бухте Клыкова (табл. 2.8), получим, что ежегодное пополнение мальков за счет марикультурных мероприятий может составлять порядка 500 тыс. экз., а за десять лет — около 5 млн сеголеток трепанга.

2.2. Получение молоди трепанга заводским способом

2.2.1. Основные результаты применения заводского способа

В Приморье существуют три небольших по мощности производства для получения молоди дальневосточного трепанга в искусственных условиях. Два из них создавались как научно-экспериментальные и научно-производственные предприятия, что вполне обосновано, так как это был первый опыт получения товарной продукции трепанга в Приморье, и на начальном этапе основная задача заключалась в крупномасштабной апробации техники получения мальков и технологических нормативов, разработан-

ных в лабораторных условиях, а также в подготовке специалистов. Статусу научно-производственных предприятий они соответствуют и по своим масштабам, так как объемы бассейнов для выращивания мальков составляют 18 и 32 м³. Согласно существующим руководствам (Liu et al., 2004) на промышленных предприятиях объем продукции рассчитывают исходя из объемов бассейнов для выращивания молоди. Обычно они составляют от 500 до 1000 м³, хотя могут изменяться и от 300 до 3000 м³. Плотность мальков товарных размеров (длина тела более 1 см) может достигать 10 тыс. экз. в 1 м³. Численность только что осевших на субстраты особей обычно превышает 20 тыс. экз. в 1 м³. Таким образом, в среднем промышленные предприятия рассчитаны на производство 5–10 млн экз. товарной молоди в год.

Предприятие, расположенное в бухте Северной Славянского залива, образовано в 2000 г. и является научно-экспериментальной базой ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз». На начальном этапе до 2005 г. выполняемые здесь работы носили скорее экспериментальный характер: отрабатывались технологии культивирования беспозвоночных, схемы водообеспечения и размещения оборудования завода, а также проходило обучение персонала. Большинство ведущих специалистов этого предприятия прошли в разные годы стажировки на заводах Китая, а в дальнейшем уже они обучали студентов этого вуза практическим навыкам.

В 2005 г. на заводе была произведена реконструкция, и в настоящее время объем бассейнов для выращивания мальков составляет ~18 м³, кроме этого, имеются емкости для содержания производителей и выращивания микроводорослей. Модернизирована система подачи в цех морской воды, оборудованы помещения для обучения студентов-практикантов.

Первая партия заводской молоди трепанга получена в 2000 г., на пастбищное выращивание было выпущено 16 тыс. экз. мальков. После проведения реконструкции завод стабильно получал достаточно высокие и, по-видимому, предельно возможные для имеющегося оборудования результаты — от 560 до 1270 тыс. экз. сеголеток трепанга в год. Всего за время работы этого цеха получено и расселено 5 148 тыс. сеголеток (табл. 2.9). Средняя масса тела мальков, выпускаемых в море в сентябре, невелика — от 8 до 22 мг, что и не удивительно при существующих плотностях (31–70 экз. · л⁻¹) животных в период содержания их на заводе. Кроме того, специализированные корма производства КНР для роста молоди на заводе применяются только последние 3–4 года.

Таблица 2.9

Результаты расселения молоди трепанга, полученной на заводе
в бухте Северной

Год расселения	Кол-во расселенной молоди, тыс. экз.	Место расселения	Способ расселения
2000	16	Бухта Северная	Садки
2001	2	«	«
2002	100	Мысы Щелкунова, Сергеева	«
2003	200	Бухта Нарва, мыс Турек	Мешки с анфельцией
2004	50	Бухта Миносок (бухта Северная)	Садки, донная плантация
2005	950	«	Садки
2006	1200	«	«
2007	800	«	«
2008	560	«	«
2009	1270	«	«
Итого	5148		

Расселение мальков, полученных на этом заводе, проводилось в бухтах Амурского залива — Северной и Нарва.

Второе предприятие научно-производственный центр марикультуры «Заповедное», построено, на берегу бухты Киевка (юго-восточное побережье Приморья) в 2003 г. и является совместным производством Преображенской базы тралового флота и ФГУП «ТИНРО-Центр». Предполагалось, что на площади 500 м² разместится оборудование для производства 1–2 млн мальков трепанга и проведения экспериментальных работ с целью создания технологий культивирования других гидробионтов. Система водоподготовки предприятия включает стационарный водозабор, многоуровневую фильтрацию морской воды и ее подогрев, а также проточное водообеспечение емкостей для содержания животных. Объем бассейнов для выращивания мальков составляет 32,5 м³, емкости для содержания производителей (четыре бассейна по 0,5 м³) оборудованы для автономного подогрева морской воды при стимуляции нереста. Оборудованы помещения и для культивирования микроводорослей.

В 2003 г. началось производство и выпуск молоди трепанга: первое расселение составило ~900 тыс. экз. молоди, высадку мальков проводили в бухтах Киевка и Мелководная, расположенных у юго-восточного побережья Приморья. Всего за первые 7 лет работы этого завода на донные участки выпущено 2838 тыс. экз. молоди

трепанга, расселение проводилось в бухтах Киевка, Соколовская, Мелководная и в бухтах зал. Петра Великого (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Результаты расселения молоди трепанга, полученной на заводе в бухте Киевка

Год расселения	Кол-во расселенной молоди, тыс. экз.	Место расселения	Способ расселения
2003	860	Бухты Киевка, Мелководная	Придонные садки
2004	71	Бухта Киевка	Садки
2005	174	Бухты Уссурийского залива, бухта Киевка	«
2006	330	Бухты Соколовская, Киевка, Суходол	Мягкие субстраты, садки
2007	1033	Бухты Киевка, Мелководная, зал. Посъета, бухта Суходол	Мягкие субстраты, садки, донные участки (риффы)
2008	24	Бухта Соколовская	Садки
2009	346	Бухта Соколовская, зал. Посъета	«
Итого	2838		

Очевидно, что техническое оборудование второго предприятия более совершенно, однако уже первые результаты работ на этом заводе, расположенном за пределами зал. Петра Великого, выявили целый ряд трудностей, и стала отчетлива видна необходимость доработки технологии получения молоди в этих условиях.

В связи с этим мы посчитали необходимым остановиться на некоторых особенностях производства молоди трепанга в северной части ареала. Более подробно результаты апробации технологии получения молоди трепанга публиковались ранее (Гаврилова и др., 2005а, 2010).

2.2.2. Некоторые аспекты технологии заводского получения молоди трепанга за пределами зал. Петра Великого

Основные этапы заводского культивирования трепанга, а также методика работы в Приморье изложены в литературе и соответствующих руководствах (Мокрецова, 1987; Временная инструкция ..., 1988, 2003).

При получении в 2003–2005 гг. молоди трепанга были апробированы все основные этапы технологии: отбор производителей и стимуляция нереста; получение и выращивание эмбрионов и ли-

чинок; осаждение личинок на твердые и мягкие субстраты; выращивание мальков. Кроме того, для обеспечения кормами личинок выращивали планктонные микроводоросли и содержали их маточные культуры, а для ювенильных особей — прикрепленные микроводоросли на твердых и мягких субстратах. В 2005 г. начата разработка комплекса противозооэпизоотических мероприятий (Terekhova, Bel'kova, 2008; Terekhova, 2009).

Результаты работ с производителями трепанга

В районе юго-восточного побережья Приморья скорость генеративного роста и подготовка к нересту у трепанга заметно отличаются от таковых в зал. Петра Великого, что сказывается на сроках и продолжительности нереста. В 2003–2005 гг. нерест трепанга в бухте Киевка протекал в третьей декаде июля и в первой декаде августа, когда температура воды на поверхности достигала максимальных значений (18–20 °С). Продолжительность нереста была незначительной и составляла 10–12 дней. Кроме того, в этом районе у производителей трепанга низкие значения гонадного индекса (ГИ — отношение массы гонады к массе стенки тела голотурии) наблюдались даже в преднерестовый период. Так, в 2004 г. в конце мая у 70 % особей трепанга, отобранных для биоанализа, гонадный индекс составлял 6 % и менее, во второй половине июля — 6–10 %, и лишь у нескольких животных этот показатель незначительно превышал 10 %. В 2005 г. зрелые гонады были отмечены у трепанга в середине июля. При этом гонадный индекс был выше (13,2 %), чем в 2004 г. (8,5 %). Особи с гонадным индексом 15 % и более встречались единично.

Поскольку период нереста в этом районе очень короткий и изменяется из года в год, эту особенность необходимо учитывать при подготовке к проведению нерестовой кампании. Например, в 2005 г. первые отнерестившиеся особи были отмечены только в первой декаде августа. В 2004 г. нерест закончился раньше — к 10 августа.

Условия, в которых проходит генеративный рост трепанга в бухте Киевка, сказываются на величине гонады и приводят к снижению плодовитости. Количество икры, полученной на заводе от одной самки в 2003–2005-х гг. в среднем не превышало 3 млн. Для сравнения — в КНР (провинция Ляонин) этот показатель составляет 6,0–8,0 млн в начале и в середине сезона и 1,2 млн в конце периода нереста (Технология разведения ..., 2001). В нашем случае также наблюдалось снижение рабочей плодовитости у самок при продлении в искусственных условиях периода размножения (табл. 2.11).

Для получения икры в более ранние сроки в 2005 г. на заводе в бухте Киевка задействовали производителей трепанга, привезенных

Таблица 2.11

Результаты нереста производителей трепанга в искусственных условиях
(по: Гаврилова и др., 2005а)

Дата нереста	Кол-во нерестившихся		Кол-во икры от одной самки, млн экз.	Результаты нереста
	самцов	самок		
2003 г.				
19.07	23	5	4,0	Гибель личинок на стадии аурикуляррия
27.07	29	10	1,60	Получена жизнестойкая молодь
30.08	5	2	0,85	Гибель личинок на стадии аурикуляррия
2004 г.				
18.07	4	1	0,6	Гибель личинок на стадии аурикуляррия
23.07	5	2	4,8	Гибель личинок на ст. аурикуляррия и долиоляррия
05.08	1	1	4,0	Получена осевшая молодь
11.08	–	2	3,5	Получена осевшая молодь
17.08	17	3	2,5	Получена осевшая молодь
2005 г.				
04.07	8	3	1,3	Получена осевшая молодь*
14.07	8	2	5,5	Получена осевшая молодь*
22.07	17	6	1,5	Получена осевшая молодь

* Производители из зал. Петра Великого.

из зал. Петра Великого. В результате первый нерест был получен 4 июля без длительного содержания животных и дополнительной стимуляции нереста.

В процессе работы с производителями трепанга, отобранными в бухте Киевка, применяли все известные методы стимуляции нереста (Временная инструкция ..., 2003). Однако применение какого-либо из интенсивных методов или комбинации таких методик целесообразно при соответствующей зрелости половых продуктов производителей, так как только в этом случае удавалось получить желаемый результат. Применение методики осушения производителей, например, эффективно в нерестовый период, поскольку позволяет планировать сроки получения личинок.

Получение эмбрионов и выращивание личинок

Инкубацию икры проводили как в специальных сосудах, так и в бассейнах с производителями. После начала нереста отдельно отсаживали самцов и самок, собирали икру и сперму, после чего

проводили оплодотворение. В случае, когда оплодотворение происходило в бассейнах с производителями, применялась промывка икры водой, профильтрованной через фильтр с диаметром пор 0,2 мкм. После сбора и промывки икра помещалась в емкости для выращивания личинок.

При содержании личинок контролировались режимы водообеспечения и кормления, их численность и состояние. Для подмены воды в бассейнах, где выращивали личинок в 2003 г., использовали сетной ящик, в 2004–2005 гг. применяли капельный проток, обеспечивающий смену 1 объема воды в сутки. Проточный режим водоснабжения, с одной стороны, позволял избежать травмирования личинок, обеспечивая очистку воды от метаболитов, с другой — позволял значительно снизить трудозатраты на этом этапе работ.

Кормили личинок смесью микроводорослей, предпочтение отдавалось видам рода *Chaethoceros* и *Dunaliella salina*, так как они относятся к группе наиболее эффективных кормов, при применении которых рост, скорость перехода на следующие стадии и выживаемость личинок довольно высокие (Технология разведения ..., 2001). Для выращивания 1 млн личинок на протяжении периода планктонного развития (13–15 сут) использовалось около 300 л культуры планктонных микроводорослей с плотностью 1 млн кл. · мл⁻¹.

При соблюдении основных технологических требований (Временная инструкция ..., 2003) рост личинок трепанга проходил без осложнений. Чаще основной причиной остановки развития личинок была недостаточная зрелость половых продуктов производителей. В этом случае личиночное развитие останавливалось на одной из промежуточных стадий (табл. 2.12). Например, при стимуляции нереста в июле 2004 г. две полученные генерации личинок погибли на стадии аурикулярия после 10–12 дней развития. Отставание в росте наблюдалось уже на стадиях гастрюла и аурикулярия, после чего личинки погибли. В случае, когда рост личинок проходил без отклонений, развитие завершалось успешно и на 13–14-й день мальки оседали на субстраты (табл. 2.12).

Вместе с тем отставание в росте личинок на промежуточных стадиях не обязательно приводило к их гибели. Так, у личинок, полученных 17 августа, переход на стадию долиолярия произошел лишь на 16-е сут, а весь период развития составил 21 сут. Задержка в развитии началась на стадии диплеврула и была заметна еще на стадии ранней аурикулярии. Однако в дальнейшем отставание в развитии нивелировалось, и после метаморфоза все личинки осели на субстраты (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Рост и развитие личинок трепанга разных генераций
(по: Гаврилова и др., 2005а)

Стадия развития	Размер, мкм				
	I нерест (18 июля)	II нерест (23 июля)	III нерест (4 августа)	IV нерест (10 августа)	V нерест (17 августа)
Гастрюла	100x150	100x200	150x200	150x200	150x200
Диплеврула	150x300	200x300	250x300	200x300	150x250
Ранняя аурикулярия	200x400	300x550		300x500	250x300
Аурикулярия	250x450	350x600	300x600	350x650	300x450
	550x600	400x600	550x800	550x950	650x850
Долиолярия	Гибель	Гибель	300x350	150x300	225x350
Пентактула	–	–			
Время развития до оседания, сут	–	–	14	13	21

В 2005 г. все три генерации личинок, полученные в июле, развивались синхронно, без отклонений от нормы. На 13–14-е сут началось оседание молоди. Выживаемость от стадии диплеврулы до пентактулы (начало оседания) колебалась от 17 до 40 %, в среднем составляя 28 %. От диплеврулы до осевшей молоди этот показатель в среднем составлял 14,0 %, при максимуме — 21,5 % (табл. 2.13).

Таблица 2.13

Выживаемость личинок трепанга на разных стадиях развития
(по: Методические рекомендации ..., 2008), %

Год	От диплеврулы до появления пентактулы	От появления пентактул до осевшей молоди	От диплеврулы до осевшей молоди
2003	25	~36	~9
2004	17–40 ~ 28	~75	21
2005	I партия	29	61
	II партия	36	20
	III партия	21	–
	Среднее	29	34

* Величина рассчитана на основании величины выживаемости по стадиям.

При данных значениях выживаемости для получения 1 млн осевшей молоди необходимо получить как минимум 10–11 млн личинок ранних стадий. Для их выращивания требуется задействовать емкости общим объемом 10 м³.

Выращивание молоди трепанга ранних стадий развития

Установку субстратов для оседания или пересадку личинок в выростные бассейны проводили после перехода личинок на стадию долиолярия, что способствовало более равномерному распределению их на субстратах при оседании. Оптимальной считается плотность оседания личинок 300–400 экз. на стандартную гофрированную пластину (0,2–0,3 экз. · см²) (Liu et al., 2004). Однако регулировать величину оседания изначально невозможно. Поэтому при численности мальков на стандартной пластине более 1000 экз. проводили разреживание, для чего в кассете чередовали пластины с мальками и пустые субстраты. Выживаемость личинок на стадии оседания составляла в среднем 35 % (максимум — до 75 %). В 1 м³ объема бассейнов при условии размещения в нем субстратов общей площадью около 50 м² для оседания можно вносить 85–225 тыс. личинок поздних стадий. Для оседания 1 млн мальков необходимо 2500 пластин, которые могут быть смонтированы в 125 кассет. Для размещения этих пластин требуется задействовать емкости общим объемом 16–20 м³. В 2005 г. в бассейны с личинками вносили также мягкие субстраты — москитную сетку, на которой также предварительно выращивали прикрепленные микроводоросли.

Развитие и рост мальков зависели от их плотности на субстратах, температуры воды и обеспеченности кормами. В 2003 г. при выращивании молоди во 2–3 декадах августа при температуре воды 18–20 °С через 30 дней после оседания 60 % особей имели длину около 5 мм и пигментированное тело, выживаемость составила около 60 %. В 2004 г. оседание мальков произошло лишь в конце августа — начале сентября. К этому времени у большинства особей длина тела не превышала 1–3 мм, кожные покровы были не пигментированы. На этой стадии развития молодь трепанга не адаптирована к резким изменениям факторов среды. В этот период в бухте Киевка наблюдался выход на мелководье холодных глубинных вод и резкое понижение температуры воды. Температура воды, подаваемой в бассейны, в течение суток понизилась от 20–21 до 16 °С. В дальнейшем при такой температуре наблюдалось отставание в росте и высокая смертность (до 90–95 %) молоди. Неблагоприятное влияние на развитие ранней молоди трепанга и ее выживаемость в условиях резкого понижения температуры воды (ниже 21 °С) уже отмечалось в литературе. В таких условиях через месяц выживаемость составила лишь 4 % (Технология разведения ..., 2001).

Субстраты, которые использовали для оседания мальков и их подращивания на самых ранних стадиях, проходили предва-

рительную подготовку. За 3–4 нед до начала оседания молоди на субстратах выращивали многовидовые культуры прикрепленных диатомовых водорослей, доводя плотность клеток до 2–3 млн · м⁻². Микроводоросли служили основным кормом для мальков с размерами от 1 до 3–5 мм. Когда более 20 % молоди достигает таких размеров и начинается процесс пигментации кожного покрова, необходимо вводить в рацион дополнительные корма и увеличивать массу корма.

Выполненные в 2003–2005 гг. работы позволили уточнить бионормативные данные заводской технологии (рис. 2.1) и оценить реальные возможности цеха.

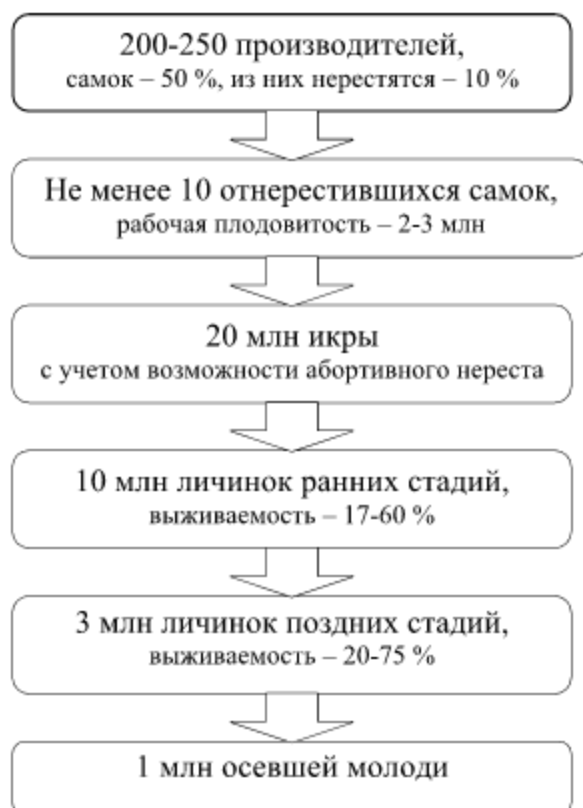


Рис. 2.1. Бионормативные данные для расчета мощности цеха

Результаты апробации показали, что существующих мощностей цеха достаточно для содержания производителей, получения необходимого количества личинок и осевшей молоди. Однако недо-

статочно для производства необходимого количества планктонных микроводорослей в случае полной загрузки бассейнов личинками (10 м^3) и для выращивания жизнестойкой (товарной) молоди (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Объемы продукции и необходимое производственное оборудование цеха для одного цикла выращивания трепанга

Этап культивирования трепанга	Необходимое количество	Необходимый объем бассейнов, м^3	Фактический объем бассейнов, м^3
Содержание производителей	250 экз.	1,25	2,0
Выращивание личинок	$10 \cdot 10^6$ экз.	10,0	12,5
Выращивание микроводорослей*	3 м^3	2,0	0,15
Получение осевшей молоди	$1,5 \cdot 10^6$ экз.	30,0	32,5
Получение товарной молоди	$1 \cdot 10^6$	66,0	32,5

* Концентрация микроводорослей $1 \text{ млн кл.} \cdot \text{мл}^{-1}$.

Для возможной оптимизации работы предприятия были предложены изменения в технологической схеме работ. Например, получение в течение летнего сезона нескольких партий молоди и подращивание части ее в садках в море через 1–2 нед после оседания. В случае получения первой партии личинок в первой декаде июля оседание молоди происходит в середине третьей декады июля. В этот период для оседания мальков удобнее использовать мягкие субстраты (например, сетное полотно). В середине августа субстраты с мальками размещаются в садки, в море. В результате будут освобождаться емкости на заводе для выращивания следующих генераций молоди. По температурным условиям подращивание молоди в садках в бухте Киевка эффективно до второй декады сентября. Во второй-третьей декаде сентября возможно выхолаживание поверхностного слоя воды до температуры $10 \text{ }^\circ\text{C}$, что вызывает замедление роста мальков трепанга на ранних стадиях развития. Однако в течение месяца молодь трепанга адаптируется к условиям бухты. В садках молодь трепанга содержится до весны следующего года.

Апробация заводского способа разведения дальневосточного трепанга за пределами зал. Петра Великого показала, что получение молоди и оснащение предприятий для этих целей имеют свои особенности. Короткий период нереста, позднее и несинхронное созревание производителей, низкая плодовитость самок в период

размножения требуют увеличения общей их численности при проведении нерестовых мероприятий. Для получения необходимого количества икры при производстве 1 млн осевшей молоди потребовалось 200–250 экз. производителей. При отборе производителей в бухте Киевка в июне-июле, получение личинок возможно начиная с третьей декады июля. Для более раннего нереста и получения личинок необходимо длительное содержание производителей при повышенных температурах или доставка производителей из мелководных районов зал. Петра Великого.

Для получения молоди товарных размеров (1,5–2,0 см) необходимо несколько условий:

— уменьшение плотности посадки с началом пигментации кожного покрова у мальков, соответственно увеличение объемов выростных бассейнов. В этом случае может быть увеличена и численность жизнестойкой молоди;

— эффективное подрачивание молоди до товарных размеров в течение 3–4 мес в этом районе возможно при дополнительном подогреве воды начиная с сентября, что увеличивает затраты на производство;

— применение эффективных кормов через 1–2 нед после оседания.

Оптимизация работ для данного предприятия возможна прежде всего за счет совершенствования технического обеспечения, а именно увеличения площадей выростных бассейнов, а также объемов подогретой воды и нагревательных мощностей. Соответственно трудозатраты и себестоимость получаемой продукции (молоди трепанга) будет на предприятиях в этих районах выше.

Апробация технологических разработок выявила и проблемы заводского разведения, предварительные исследования по которым в рамках лабораторных работ вряд ли были возможны. Основные из них — болезни трепанга на разных стадиях развития и разработка комплекса противоэпидемиологических мероприятий, а также обеспеченность кормами личинок и молоди.

Эпизоотии на заводе начались в 2005 г. В первой декаде августа произошла гибель части производителей и молоди трепанга. Заболевание развивалось в течение 1–2 сут. Характерными симптомами были: изменение поведения (животные совершали вращательные движения телом, откреплялись от субстратов), лизис кожных покровов и появление язв на теле взрослых особей. Молодь прекращала питаться, мальки покрывались слизью и опадали с субстрата. Подсчет молоди, проведенный в начале сентября, показал,

что ее численность на пластинах уменьшилась на 61 %. Обработка воды в бассейнах с молодью трепанга насыщенным раствором перманганата калия лишь на время стабилизировала ситуацию. В начале октября у молоди трепанга вновь наблюдались аналогичные симптомы. В результате смертность мальков составила более 80 %. Аналогичные симптомы заболевания описаны в литературе для заводов Китая (Wang et al., 2004).

Для получения как можно большего количества молоди товарных размеров необходимо и применение эффективных кормов. Как показали дальнейшие работы на заводе, использование стартовых кормов китайского производства позволяет ускорить рост мальков. В 2007 г. 37 % мальков имели длину тела более 1 см (Мокрецова и др., 2008).

Итак, за годы существования заводов в Приморье произведено и выпущено для пастбищного подращивания около 8 млн мальков трепанга, основная часть которых получена с 2002 г., т.е. за 8 лет. Очевидно, что заводское разведение проходит все еще этап становления и пока не существует крупномасштабного товарного производства молоди. Вместе с тем имеющийся опыт работ трудно переоценить, так как на предприятиях уже были получены результаты, соответствующие нормативам для таких заводов по количеству молоди на 1 м³ бассейнов (5–10 до 20 тыс. экз. · м⁻³) (Liu et al., 2004). В бухте Северной только для трех лет не были получены нормативные показатели, в бухте Киевка — для двух. Однако качество продукции — размеры мальков на заводах — пока не соответствует кондиции товарной молоди.

Межгодовые изменения продукции заводов были вызваны несколькими причинами, из которых наиболее часто повторяющиеся — это гибель личинок и мальков в результате болезней и необеспеченность кормами на этапе выращивания личинок из-за массовой гибели микроводорослей. Профилактика и диагностика болезней объектов марикультуры в целом и трепанга в частности — одна из наименее разработанных проблем заводского культивирования. Предупреждение эпизоотий и методы борьбы с ними являются исследовательской проблемой на заводах не только Приморья в России, но и других стран. Это направление было признано приоритетным в аквакультурном секторе в прошедшем десятилетии, так как экономические потери, связанные с болезнями гидробионтов, могут быть очень существенными. В 1993 г. в Китае из-за болезней была уничтожена продукция креветок на восточном побережье, убытки составили 420 млн дол. США. Потери в Таиланде в аквакультуре

ракообразных превысили в 1994 г. 650 млн дол., в Эквадоре в 1999 г. потери при культивировании ракообразных составили 63 тыс. т (более 280 млн дол.). Массовая смертность моллюсков из-за вирусных заболеваний отмечалась в конце 1990-х гг. в Японии, что привело к потере 50 % их продукции (Bondad-Reantaso et al., 2005). В результате в конце прошлого, начале текущего столетия многие страны, а также международные организации начали финансировать разработку программ и развитие научных исследований по диагностике и профилактике болезней объектов аквакультуры (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Инвестиции разных стран и организаций в развитие программ и научных исследований болезней водных животных
(по: Bondad-Reantaso et al., 2005)

Направление инвестиций	Страна/организация	Объемы инвестиций, млн дол. США
Разработка стратегии борьбы с болезнями и профилактики	Австралия (1998–2003 гг.)	2,09
	США (1998–2003 гг.)	0,375 (в год)
Научные исследования	КНР	6,0
	Таиланд	5,0
	Норвегия	50,1
Разработка программ контроля за болезнями гидробионтов	США (2002–2004 гг.)	20,0
	Китай	73,0
	Канада	34,0
Программы развития	ФАО	1,104
	Asian Development Bank (ADB)	0,290
	Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC)	0,116

Считается, что существующие угрозы для аквакультурных предприятий, связанные с болезнями, еще не до конца оценены и необходимо создание общепризнанных методических руководств (протоколов) в рамках международных организаций, обязательных для исполнения всеми странами, занимающихся получением молоди гидробионтов в заводских условиях (Sui Xilin, 2004; Wang et al., 2004; Purcell, Eeckhaut, 2005).

Еще одной причиной, сдерживающей развитие интенсивного культивирования, могут быть социально-экономические условия, на фоне которых развивался этот сектор рыбохозяйственной деятельности. При оценке результатов заводского выращивания молоди трепанга можно опираться на сравнение становления такого

рода производства в Приморье и в северо-восточных провинциях Китая, одной из самых успешных стран в развитии аквакультуры трепанга.

Началом лабораторных работ по заводскому разведению трепанга в Китае считается 1950 г., в течение 1960–1970-х гг. исследования в этой области развивались быстро, ими занимались несколько научно-исследовательских институтов прежде всего в провинциях Шандун, Ляонин, Хэбей (Liu et al., 2004). Значительный прогресс в области искусственного разведения трепанга начался с середины 1980-х гг. В это время и далее в течение 1990-х гг. была существенно улучшена техника разведения трепанга, разработаны подробные методические руководства и получено значительное государственное финансирование для предприятий такого рода (Технология разведения ..., 2001; Sui Xilin, 2004). Подготовке специалистов по марикультуре уделялось особое внимание. Многочисленные выпускники университетов, имеющие специальность «маривод», работают непосредственно на заводах, в качестве научных сотрудников, управленцев и хозяйственников. В итоге через 35 лет в результате усилий нескольких институтов и мощной государственной поддержки в Китае было создано производство молоди трепанга разных навесок. Через 55 лет — получены чрезвычайно высокие результаты: современная продукция заводов Китая составляет 0,8–1,6 млрд экз. молоди в год (Sui Xilin, 2004). Кроме того, у наших соседей марикультура развивалась как отрасль сельского хозяйства, а навыки в разведении гидробионтов передавались из поколения в поколение.

В Приморье лабораторные исследования по технике разведения трепанга начались в 1970-х гг. и к концу 1980-х гг. было разработано первое методическое пособие для получения личинок трепанга в искусственных условиях (Временная инструкция ..., 1988). До 1990-х гг. научно-исследовательские работы проводились небольшой группой сотрудников ТИПРО (3–4 чел.), а в дальнейшем и такие работы прекратились на целое десятилетие. В начале 2000-х гг. исследования были продолжены и сделаны первые шаги для внедрения техники разведения трепанга во ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз» и ФГУП «ТИПРО-Центр». Таким образом, в Приморье период исследований по проблеме составил порядка 15 лет, и в последние 10 лет проводятся апробация и внедрение технологии. Финансирование работ во все годы осуществлялось, как правило, на договорных началах и было весьма незначительным. Создание научно-производственных предприятий было инициативой руководителей ФГУП «ТИПРО-

Центр» и ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз». До настоящего времени такие предприятия не стали экономически привлекательными, а количество специалистов в области заводского разведения гидробионтов по-прежнему исчисляется единицами.

Однако даже существующие результаты свидетельствуют о том, что практика заводского разведения в современных условиях в Приморье позволяет ускорить восстановление популяции трепанга и получать товарную продукцию, которая может подлежать изъятию, что в свою очередь должно стимулировать дальнейшее развитие производства. Например, в бухте Северной большее, если не основное пополнение поселений трепанга за последние 10 лет, произошло за счет вселения заводской молодежи, которое составило порядка 5 млн сеголетов, при том, что общая современная численность трепанга в бухте составляет ~3 млн экз. (Пространственное распределение ..., 2008).

Общая численность трепанга в бухте Киевка оценивается 200 тыс. экз., а вселение заводской молодежи уже как минимум вдвое превышает эту величину. В последние годы подрастает 2–3 поколения молодежи трепанга, полученной в искусственных условиях. Кроме того, молодежь трепанга, полученная на этом заводе, пополнила скопления в бухтах заливов Уссурийского и Посъета.

Однако организация работы заводов за пределами залива Петра Великого намного сложнее в силу существующих там гидрологических условий и соответственно особенностей размножения и роста дальневосточного трепанга, а также социальных факторов — удаленности и малонаселенности этих районов. По-видимому, деятельность расположенных здесь предприятий будет успешной только при их высокой технической оснащенности и организации производства, а также достаточном финансировании. Следует отметить, что строительство заводов по производству молодежи трепанга, как и других теплолюбивых видов, целесообразно в западном или центральном районах зал. Петра Великого, где работа предприятий будет более эффективна. Создание таких производств у восточного побережья Приморья неизбежно приведет к дополнительным трудо- и энергозатратам, что не делает их конкурентно способными. Для производства одного и того же количества молодежи в этих районах потребуется изъятие из природы большего количества производителей, длительное содержание их при повышенных температурах и соответствующем кормлении либо доставка их из зал. Петра Великого. А для получения товарной продукции на донных плантациях необходимо большее количество молодежи, так

как выживаемость ее в этих условиях ниже, а период выращивания длиннее.

Сравнение результатов коллекторного и заводского способов показывает, что за 10 лет с 2000 г. численность молоди, полученной на заводах (8,0 млн экз.), оказалась больше (несмотря на все трудности), чем учтенной на коллекторах (1,6 млн экз.). Заводское пополнение превышает и потенциально возможное пополнение на коллекторах (5 млн экз.). Численность же пополнения за счет всех марикультурных мероприятий (~13 млн экз.) как минимум вдвое превысила численность донных скоплений (4–7 млн экз.), насчитывавшихся в заливе в 2001 г. (Лебедев, 2006).

Глава 3. ТОВАРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ И ПРОДУКЦИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА НА ПЛАНТАЦИЯХ

Разработка методики товарного выращивания, оценка товарной продукции трепанга и определение оптимальных коэффициентов ее изъятия на плантациях являются важными прикладными задачами. В зал. Петра Великого одно поколение трепанга достигает промышленных размеров за три-пять лет. На плантациях за это время должна быть получена его товарная продукция. Методические приемы товарного выращивания заводской молоди начали отрабатывать в 2005 г. в бухте Суходол Уссурийского залива. Оценить более ранние результаты расселения мальков в бухте Северной (с 2000 г.) и в бухте Киевка (с 2003 г.) оказалось довольно трудно, так как в то время не были определены коэффициенты выживаемости молоди в первые годы жизни. В 2005–2009 гг. был разработан вариант методики товарного выращивания трепанга в бухтах зал. Петра Великого и биологическое обоснование коэффициентов изъятия товарной продукции (Гаврилова, Кучерявенко, 2010).

Товарное производство трепанга состоит из нескольких этапов: приобретения и транспортировки его сеголеток, промежуточного их подращивания и пастбищного содержания. На каждом из них необходимо соблюдение методических особенностей работ, так как они влияют на жизнестойкость и, следовательно, выживаемость того или иного поколения мальков.

При *промежуточном подращивании* мальков трепанга содержали в бухтах на марикультурных конструкциях, которые служат для них укрытием, а также коллекторами для накопления пищевого материала (взвеси). В этот период у мальков трепанга завершается пигментация кожного покрова, заметно увеличивается длина и масса тела. В зал. Петра Великого промежуточное подращивание сеголеток в течение одного-полутора лет необходимо для увеличения массы тела и, следовательно, повышения их выживаемости и более объективного учета товарной молоди для пастбищного содержания. При расселении сеголеток (и заводского, и коллекторного происхождения) сразу на донные участки трудно, а чаще просто невозможно проводить учетные работы и оценку выживаемости, так как

индивидуальная масса мальков, получаемых на заводах Приморья, обычно составляет 10–200 мг, а на коллекторах — 10–500 мг.

Выживаемость молоди донных беспозвоночных животных, как правило, выше на тех участках, где для них созданы разнообразные убежища. Известно, что в тех районах зал. Петра Великого, где устанавливали искусственные рифы, отмечалось и увеличение численности гидробионтов, в том числе трепанга (Явнов, Раков, 1988; Вышкварцев и др., 1989, 2006). А в странах, где товарное выращивание трепанга поставлено на промышленную основу, созданы соответствующие технологии изменения условий на донных плантациях (Технология разведения ..., 2001).

В полузакрытых бухтах зал. Петра Великого сеголеток трепанга целесообразно подращивать на субстратах в садках, размещая их на дне бухт или в толще воды на линейных установках. Донные садки фиксируются аналогично тому, как это делается при установке порядков при ловле крабов или брюхоногих моллюсков. Возможно также и индивидуальное размещение садков в бухтах, закрытых от штормов. В толще воды садки размещают на стационарных ГБТС, притапливая их в зимний период, чтобы избежать повреждений при образовании льда.

Выживаемость и скорость роста при промежуточном подращивании оцениваются в контрольных садках с точно известным количеством сеголеток. Численность и массу тела мальков определяют летом следующего года, через 10–12 мес. Полученные данные о выживаемости дают реальную оценку количества трепанга, выпущенного для пастбищного содержания.

В современных условиях в зал. Петра Великого *пастбищное содержание* при товарном производстве трепанга является обязательным. Вряд ли в ближайшем будущем в заливе будут развиваться аналоги существующих садковых, прудовых или наземных бассейновых систем выращивания (Chang et al., 2004). На акваториях, где планируется пастбищное содержание, необходимо оценить пригодность участков для создания плантаций, в случае необходимости провести мелиоративные мероприятия и контролировать численность трепанга. Состояние поселений и обилие бентосных животных с ограниченной двигательной активностью, к которым относится трепанг, оценивается по таким характеристикам, как концентрации животных, их средние размеры или средняя индивидуальная биомасса, размерная структура, общая численность и биомасса. Оценку предпочтительнее проводить на полигонах с известной площадью, исключив тем самым изменения численности, свя-

занные с изменением площади распределения, что неизбежно при использовании площадного метода учета численности (Аксютина, 1968). В то же время площадь участка должна быть достаточной для того, чтобы нивелировать колебания численности, связанные с сезонными перераспределениями трепанга. При оценке численности трепанга могут применяться разные методы количественного учета: пробных площадок (Скарлато и др., 1964; Одум, 1986), подводных ландшафтных исследований (фациальный) (Преображенский и др., 2000), по результатам сбора или величине улова на усилие (Левин, Шендеров, 1975).

3.1. Результаты товарного выращивания трепанга в бухтах Суходол и Северная

Товарное выращивание трепанга апробировано в двух полузакрытых бухтах зал. Петра Великого — Суходол и Северная.

В бухте Суходол проводилось промежуточное выращивание сеголеток трепанга, полученных на заводе в бухте Киевка, и молоди, собранной на коллекторах в самой бухте. Заводских сеголеток перевозили из бухты Киевка (восточное побережье Приморья) в бухту Суходол (Уссурийский залив): в 2005 г. — на рыболовном сейнере, в 2006 г. — наземным транспортом. В первый год жизни мальков содержали в донных садках, обтянутых капроновым ситом с ячейей 2–5 мм, на глубине 5–7 м. Использовали донные трехъярусные садки, размещенные в разных частях плантации. Молодь в возрасте 1,5–2,0 года расселяли на донной плантации в южной части бухты Суходол (бухта второго порядка Тихая заводь).

В бухте Северной подращивали сеголеток, полученных на заводе, расположенном здесь же, что позволило избежать длительной перевозки и нескольких пересадок молоди до расселения на плантации. Садки с сеголетками размещали на линейных установках в толще воды. Использовали садки для выращивания гребешка и ловушки для брюхоногих моллюсков, обшитые капроновым ситом с ячейей 2 мм. Донные плантации для дальнейшего пастбищного содержания трепанга были созданы на мелководье в восточной части бухты.

Промежуточное подращивание

Наиболее низкие значения выживаемости сеголеток получены в бухте Суходол в 2005–2006 гг. (табл. 3.1). В 2005 г. исследования проводились впервые и, на наш взгляд, сказались отсутствие навыков в работе: была нарушена целостность садков, в некоторых из

них недоставало субстратов. В связи с чем данные этого года скорее свидетельствуют о сохранныости мальков, а не о выживаемости.

Таблица 3.1

Данные о выживаемости сеголеток трепанга в разных районах при промежуточном подращивании

Период содержания в садках	Район исследований	Масса тела сеголеток, мг	Выживаемость (разброс величин и среднее значение), %	Источник данных
11.05–06.06	Бухта Суходол	3–10	(2–30) 9*	Гаврилова, Кучерявенко, 2010
10.06–06.07	Бухта Суходол	3–10	(13–54) 35	То же
10.07–07.08	Бухта Суходол	590	82	«
10.07–06.08	Бухта Северная	8	(43–49) 45	Гаврилова и др., 2010
10.08–07.09	Бухта Северная	23	(74–92) 83	То же
–	Желтое море	288, 50, 8	(47, 38, 8) 31	Технология разведения ..., 2001

* Нарушена целостность садков.

В 2006 г. выживаемость заводских сеголеток в этой бухте в среднем составила 35 %, а сеголеток трепанга, собранных на коллекторах в 2007 г. (средняя масса тела — 590 мг), была значительно выше — 82 %. Высокая выживаемость наблюдалась и у заводских сеголеток трепанга в бухте Северной — в среднем 45 и 83 % для поколений 2007 и 2008 гг. В этой бухте средняя масса тела мальков при высадке составляла в указанные годы лишь 8 и 23 мг.

Полученные данные показали, что выживаемость сеголеток трепанга при промежуточном подращивании в садках значительно, более чем на порядок, превышает выживаемость сеголеток беспозвоночных в природе (менее 1,4 %) (Thorson, 1966; Gosselin, Qian, 1997), но может существенно изменяться в разные годы в разных бухтах. Значительный разброс значений выживаемости у сеголеток трепанга отмечался и в других исследованиях. У молоди трепанга со средней массой тела 288, 50 и 8 мг в Желтом море выживаемость составила соответственно 47, 38 и 8 % (Технология разведения ..., 2001).

Выживаемость сеголеток зависела от их размеров и плотности посадки в садках. В бухте Северной масса тела сеголеток поколений 2007 и 2008 гг. различалась в 2,7 раза. Выживаемость более крупных мальков была выше в 1,8 раза (83 и 45 %) (табл. 3.1). Выживаемость

молоди в бухте Суходол снижалась при общей биомассе в садках, превышающей $0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. По-видимому, при таких и более высоких значениях уменьшается обеспеченность мальков пищей в садках, которая в данном случае определяется скоростями накопления взвеси в бухте. Высокие значения выживаемости (83 %) в бухте Северной сохранялись при общей биомассе трепанга в садках до $2 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, однако в этой бухте скорости осадконакопления, по нашим оценкам, превышают таковые в бухте Суходол. По-видимому, при концентрациях биомассы $0,4-0,6 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ кормовые ресурсы бухт залива не будут ограничивать выживаемость и рост мальков трепанга в садках. Соответственно численность сеголеток в садках может составлять до 6 тыс. $\cdot \text{м}^{-3}$ (500 экз. — на гребешковый садок или 800 экз. — на ловушку с объемом $0,12 \text{ м}^3$).

У мальков трепанга первого-второго года жизни существуют значительные индивидуальные различия в скорости роста (табл. 3.2). В бухте

Таблица 3.2

Масса разновозрастной молоди трепанга в бухтах зал. Петра Великого, г

Возраст	Бухта Суходол*			Бухта Северная**			Зал. Посыета***	
	Разброс	Средняя	Мода	Разброс	Средняя	Мода	Разброс	Средняя
Сеголетки заводские коллект.	0,010 0,1–1,6	0,005 0,6	– 0,15	0,001–0,02 –	0,008; 0,022 –	– –	– 0,03–0,79	– 0,183
1 год заводские коллект.	0,1–6,6 0,9–4,2	1,3 1,4	0,4 –	0,04–9,82 –	1,04 –	0,5 –	– 0,02–2,67	– 0,368
2 года заводские коллект.	1,9–49,3 –	12,7 –	5,0 –	2,2–24,0 0,99–38,10	10,3 11,3****	4–8, 12–16 –	– 3,4–23,2	– 9,0

* Данные Г.С. Гавриловой, А.В. Кучерявенко (2010).

** Данные Г.С. Гавриловой с соавторами (2010).

*** Данные В.А. Ракова (1982).

**** Возраст мальков 1 год 9 мес.

Суходол в группе быстрорастущих животных среднесуточные приросты массы тела в летний период были выше в 3–5 раз. Количество быстрорастущих особей составляло от 3 до 19 %. В благоприятном диапазоне температур (12–20 °С) у мальков трепанга с массой тела от 200 мг до 2 г индивидуальная скорость роста составляла в среднем до 1,5 % массы тела в сутки. В бухте Северной в 2008 г. среди годовиков высокие скорости роста наблюдались у 21–34 %, в 2009 г. у 8–11 % молоди трепанга масса тела превышала 1 г.

В возрасте двух лет только у небольшой части особей масса тела достигает ~50 г (табл. 3.2). Таким образом, лишь у небольшой части той или иной генерации трепанга масса тела к трем годам достигнет промысловых значений (масса кожно-мышечного мешка 100 г), большая часть особей будет соответствовать им только в возрасте 4–5 лет.

Сеголетки и годовики трепанга, собранные на коллекторах в этих бухтах, как правило, имели большие размеры и соответственно более высокую выживаемость, чем заводские. Но в разные годы размеры сеголеток и молоди в возрасте одного-двух лет на коллекторах также различаются. Средние значения массы тела годовиков в бухте Суходол в 2006 г. (сеголетки 2005 г.) составили 0,9–4,2 г, максимальные — 20,0 г, что сопоставимо с массой тела сеголеток 2006 г. (средняя масса тела — 0,59 г). В бухте Северной масса тела мальков трепанга в возрасте 1+ из гребешковых садков поколения 2007 г. изменялась от 0,99 до 38,0 г при средней массе 11,3 г и модальном значении 4,0–6,0 г.

После годичного подращивания проводили сортировку и пересадку молоди. Мальков с массой тела до 300 мг и неполной пигментацией кожного покрова оставляли в садках до осени, что позволяло повысить и ее выживаемость. Более крупные особи расселялись на донных плантациях с искусственными конструкциями (рифами), где оценивалась выживаемость мальков трепанга в возрасте 1+. Через год на рифе в бухте Суходол было учтено 85 % расселенного количества мальков, в бухте Северной — 29 %. Эти цифры в дальнейших расчетах были приняты за выживаемость, хотя понятно, что в открытых системах ошибки при таких определениях могут быть весьма значительными. Существенная разница (почти в три раза) наблюдалась и в значениях выживаемости мальков в разных бухтах.

Размерно-массовые характеристики двухгодовалых животных в этих двух бухтах оказались довольно близкими (табл. 3.2). В бухте Суходол средняя масса тела мальков составила 12,7 г, модальная — 5,0 г, встречены экземпляры с массой тела от 2,0 до 49,0 г. В

бухте Северной масса тела двухгодовиков изменялась от 2,2 до 24,0 г (средняя масса 10,3 г). Наиболее многочисленными были особи с массой тела 4–8 г (25 %) и 12–16 г (27 %). Более 50 % животных имели массу тела, превышающую 12 г.

Полученные данные показали, что промежуточное подращивание в садках позволяет значительно увеличить выживаемость мелкоразмерных сеголеток трепанга. Значительный разброс величин выживаемости может быть следствием разной жизнестойкости поколений молоди, изменчивости факторов среды и различий в условиях проведения промежуточного подращивания. Наибольшие величины выживаемости получены для бухты Северной в условиях, когда молодь трепанга не перевозилась на дальние расстояния, высадка ее в садки проводилась на заводе, расположенном в самой бухте. Вода, подававшаяся в бассейны завода, поступала из той же бухты, куда позднее расселяли заводских сеголеток. В этом случае мальки были более адаптированы к условиям водоема после расселения в садки. После двух лет выращивания выживаемость мальков составила 13 (2009 г.) и 24 % (2010 г.), и более 200 тыс. экз. животных, полученных в заводских условиях, были выпущены для пастбищного содержания.

В бухте Суходол в 2005–2007 гг. пополнение состояло из заводских и коллекторных сеголеток, численность которых составляла 6,5 и 167,0 тыс. экз., к 2008 г. 172 тыс. мальков были выпущены на донные плантации.

Пастбищное содержание

В 2006–2008 гг. результаты пастбищного содержания трепанга оценены на плантации с площадью около 30 га в бухте Суходол. Основная часть поселения была сосредоточена на глубинах 2–9 м (рис. 3.1). Численность и биомассу поселения трепанга определяли на площади 16 га, межгодовые изменения этих величин анализировали в местах с наибольшей концентрацией животных (табл. 3.3).

В 2006 и 2007 гг. в поселении 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. 3.2, табл. 3.3). Численность особей 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. 3.4).

В течение трех лет концентрация трепанга, общая его численность, численность промысловой части и биомассы поселения значительно увеличились. Рост общей численности и численности

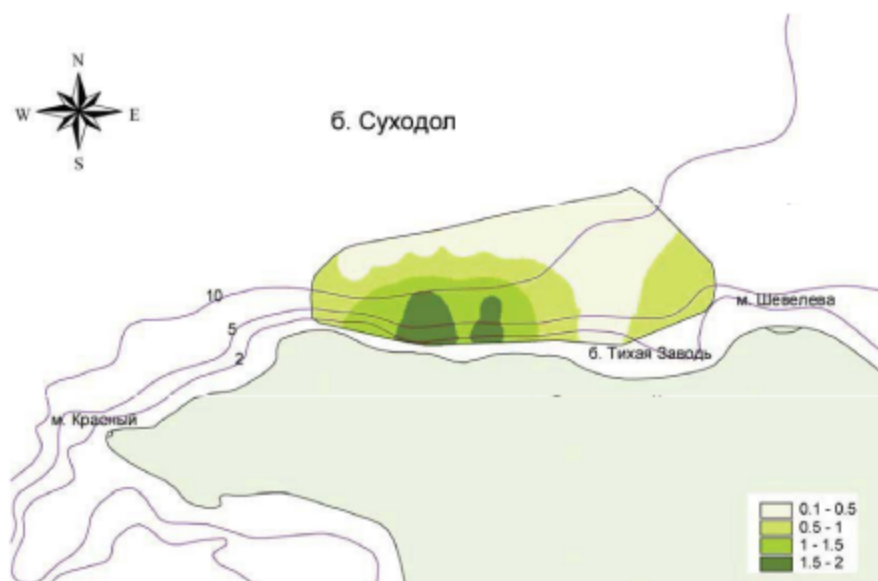


Рис. 3.1. Распределение плотности (экз. · м⁻²) дальневосточного трепанга в южной части бухты Суходол (июнь 2008 г.) (по: Гаврилова, Кучерявенко, 2010)

Таблица 3.3
Характеристики поселения трепанга в бухте Суходол в 2006–2009 гг.
(по: Гаврилова, Кучерявенко, 2010)

Дата съёмки	Общая биомасса, т	Общая численность, тыс. экз.	Пром. численность, тыс. экз.	Пром. биомасса, т	Средняя масса особи, г	Плотность, экз. · м ⁻²
30.10.06 г.	10,5	176,0	–	1,5	59,5	1,10
28.04.07 г.	11,3	188,8	–	1,6	60,1	1,20
11.06.08 г.	30,9	240,0	–	14,1	88,5	1,50
26.06.09 г.	40,8	438,4	236	31,5	96,3	2,74

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 более 85 тыс. экз. молоди (см. табл. 2.7).

К 2008 г. на плантации сформировалось поселение трепанга, регулярно пополняющееся молодью (см. табл. 2.7). Увеличилась численность особей промыслового размера (их доля составила более 45 %), возросла плотность особей на плантации (см. табл. 3.3, 3.4). Потенциальный урожай рассчитывали, определяя численность

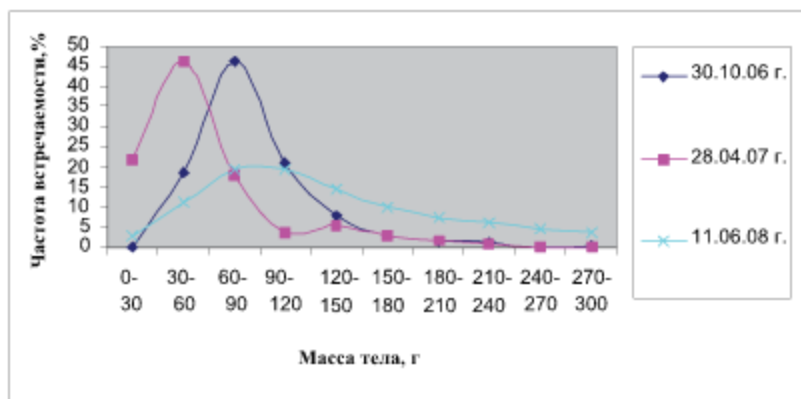


Рис. 3.2. Частота встречаемости трепанга с разной массой тела в поселениях бухты Суходол в 2006–2008 гг. (по: Гаврилова, Кучерявенко, 2010)

Таблица 3.4
Частотное распределение величин массы тела трепанга в бухте Суходол в 2006–2009 гг., %

Масса тела особи, г	30.10.06 г.	28.04.07 г.	11.06.08 г.	26.06.09 г.
0–30	–	22,0	3,0	4,3
30–60	18,6	46,3	11,3	28,0
60–90	46,3	17,6	19,5	11,0
90–120	20,9	3,7	19,5	24,7
120–150	7,9	5,2	14,3	15,1
150–180	2,8	2,9	9,8	8,6
180–210	1,7	1,5	7,5	4,3
210–240	1,1	0,7	6,0	
240–270	–	–	4,5	1,1
270–300	0,6	–	3,8	

и биомассу особей трепанга, которые должны пополнить промысловую часть поселения. Такие результаты позволили оценить возможность и объемы добычи товарной продукции на этой плантации.

3.2. Обоснование для расчета коэффициентов изъятия товарной продукции трепанга

Коэффициенты изъятия товарной продукции определяли для плантаций с разными условиями пополнения. Увеличение численности поселений трепанга в бухтах залива происходит за счет

естественного воспроизводства и вселения молоди, полученной на заводах, поэтому могут быть применены различные схемы расчета объемов изъятия.

Товарная продукция трепанга может быть рассчитана только с учетом коэффициентов выживаемости мальков в первые годы жизни в том случае, если молодь приобретена на заводах или в других хозяйствах и уже является собственностью владельцев морских ферм:

$$П = М \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где $П$ — численность товарных особей; $М$ — численность приобретенной молоди; K_1 и K_2 — коэффициенты выживаемости мальков 1- и 2-го годов жизни.

На донных плантациях, пополнение молодью которых осуществляется за счет естественного воспроизводства, но проводятся мероприятия для восстановления численности трепанга, величина товарной продукции должна определяться с учетом текущего состояния поселения: численности, биомассы, размерной структуры. Коэффициенты изъятия рассчитываются с учетом этих характеристик.

Известна модельная оценка коэффициентов изъятия для промысла на участках обитания красного гигантского трепанга *Parastichopus californicus* (Bradbury, 1994; Bradbury et al., 1998; Humble, 2005). Максимальный устойчивый улов (MSY — maximum sustainable yield) на скоплениях этих голотурий авторы определили применив модифицированную модель Шеффера (Walters, Hilborn, 1976). Оценку параметров продукционной модели провели с учетом индексов биомассы трепанга по данным водолазных съемок. Модельные оценки MSY изменялись в пределах 12,1–34,9 %, при оптимальном значении — 13,0 % величины промысловой биомассы.

Согласно данным, полученным при использовании другой продукционной модели для оценки промысла трепанга у берегов Аляски (Caddy, 1986), при уменьшающихся значениях биомассы скоплений или редком распределении голотурий необходимо применять *консервативную охранную меру* — снижать вдвое модельные оценки MSY, что соответствует изъятию в объеме 6,4 % промысловой биомассы (Woodby et al., 1993).

Модельные коэффициенты изъятия были применены на плантациях в бухте Суходол. Предварительно оценивалось влияние изъятия на изменение объемов товарной продукции. Расчеты показывают, что после изъятия от 12,1 до 34,9 % промысловой биомассы (14,1 т) на полигоне в 16 га останется поселение с удельной промысловой

биомассой от 77 до 57 г · м⁻². Средняя плотность в природных промысловых скоплениях трепанга составляет 0,3 экз. · м⁻² (Закс, 1930; Селин, Черняев, 1994; Левин, 2000) или (при минимальной индивидуальной промысловой биомассе 120–150 г масса кожно-мышечного мешка — 100 г) 30–50 г · м⁻². Следовательно, при изъятии товарной продукции в пределах модельных оценок на плантации в бухте будет сохраняться репродуктивная часть поселения. Однако в начальный период эксплуатации плантаций целесообразно применение *консервативной охранной меры* при нижнем значении MSY — 6,4 % промысловой биомассы. Это позволит увеличить репродуктивную часть поселения и оценить дальнейшее влияние промысла.

Необходимость применения консервативной охранной меры должна пересматриваться с учетом ежегодного пополнения за счет марикультурных методов (вселение заводской молоди, сбор мальков на коллекторах). Поскольку величина изъятия на плантациях — величина переменная, на начальном этапе работ расчет объема изъятия должен проводиться после оценки величины промысловой части скопления и пополнения текущего года.

Расчет товарной продукции трепанга в 2008 г. бухте Суходол показал следующие результаты.

1. *Товарная продукция, полученная в результате вселения молоди, приобретенной на заводе и в других хозяйствах*, к концу 2008 г. составила не менее 0,8 т. При этом учитывалось, что численность товарных особей — 8032 экз., а минимальная промысловая индивидуальная масса КММ трепанга — 0,1 кг. Численность товарного трепанга получена с учетом 35 % выживаемости мальков в первый год жизни и 85 % — во второй. Естественная убыль трепанга в возрасте 3–4 лет была принята равной 10 %.

2. *Величина товарной продукции, полученная в результате коллекторного сбора молоди трепанга и расселения ее на донные участки*, рассчитывалась по результатам 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) составят 0,846 т.

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

Предложенные схемы расчета представляются достаточно правдоподобными. Действительно, сеголетки трепанга, приобретенные хозяйствами на заводах, являются их собственностью, и численность товарного трепанга может соответствовать численности

сеголеток за вычетом погибших особей. Однако при товарном выращивании использовались ресурсы самой бухты: вода определенного качества, кормовая база, поэтому логично было бы в дальнейшем определить долю от объема товарного трепанга, которую хозяйства должны сохранять в бухтах для поддержания естественного воспроизводства вида.

Восстановление поселений только за счет естественного воспроизводства трепанга также целесообразно. Не только вселение заводской молоди, но и действия, улучшающие воспроизводство (установка дополнительных субстратов, за счет которых увеличивается выживаемость сеголеток, создание маточных поселений, охрана участков), могут быть отнесены к марикультурным мероприятиям, дающим хозяйствам право на изъятие товарного трепанга. В этом случае товарная продукция — это часть половозрелой группы животных, изъятие которой не повлияет на условия воспроизводства в бухте, что может быть определено как максимальный устойчивый улов или консервативная охранная мера. Оценка численности такой группы выполняется через модельные коэффициенты (Woodby et al., 1993).

3.3. Современные величины продукции трепанга на плантациях

В настоящее время в зал. Петра Великого увеличение численности трепанга отмечается только на донных плантациях, но в большинстве хозяйств это происходит в основном за счет естественного воспроизводства с применением марикультурных мероприятий и только в нескольких из них — за счет пополнения заводской молодью. В этом случае должна сохраняться высокая численность репродуктивной части плантаций, которая будет обеспечивать их дальнейшее пополнение. Насколько быстро происходит увеличение биомассы поселения, можно оценить по величине продукции, которая, в свою очередь, помогает ориентироваться и в определении оптимальной величины изъятия.

Данными о межгодовых изменениях биомассы трепанга на единице площади в 2006–2009 гг. мы располагали только относительно бухты Суходол (табл. 3.3). В начале работ пополнение на плантации шло довольно медленно: 10 тыс. производителей и 26,5 тыс. экз. молоди, собранной на коллекторах за три года. В период с 2003 по 2005 г. только учтенное пополнение составило 121 тыс. экз. (22 тыс. экз. — заводской и 99 тыс. экз. — молоди, учтенной на коллекторах). Поэтому можно было прогнозировать значительный прирост

биомассы трепанга в 2008 г. В 2007–2009 гг. плантация пополнилась еще 370 тыс. экз. сеголеток.

Годовая продукция трепанга на этой плантации оценена двумя методами (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Годовая продукция трепанга на донных плантациях, рассчитанная разными методами, $г \cdot м^{-2}$

Метод	2006/07 г.	2007/08 г.	2008/09 г.	2009 г.
По соотношению $P = C \cdot B^*$	48	92	45	56
Модельная оценка (по: Tumbiolo, Downing, 1994)	16,5	32,0	44,0	60,0

* P — продукция, $г \cdot м^{-2}$; C — годовая удельная продукция; B — среднегодовая биомасса, $г \cdot м^{-2}$.

Во-первых, величины продукции были рассчитаны на основании данных о среднегодовой биомассе трепанга на плантации и величинах годовой удельной продукции. Значения годовой и суточной удельной продукции для этого вида ранее приводились в литературе и составляли соответственно 1,82 и 0,005 $сут^{-1}$ (Брегман, 1973; Левин, 1982). Такие высокие скорости продуцирования (и даже выше) были получены и нами при изучении роста молоди трепанга в садках в первый-второй год жизни (см. табл. 3.2). Однако у особей с массой тела более 30 г, которые в основном и были учтены при водолазном обследовании, эти коэффициенты уже составляют 0,9 и 0,002 $сут^{-1}$. В возрасте старше трех лет наблюдается замедление соматического роста и начало генеративного. В этот период, как следует из данных о модальных показателях массы тела трепанга в разном возрасте, полученных Ю.Э. Брегманом (1971), значения годовой и суточной удельной продукции для вида оказались равными соответственно 0,22 и 0,0006 $сут^{-1}$. При расчете продукции на плантации в бухте Суходол в 2006–2007 гг. мы воспользовались величиной годовой удельной продукции равной 0,9, поскольку в этот период поселения трепанга на 65–86 % состояли из особей в возрасте менее трех лет, с массой тела от 30 до 90 г. Для расчета продукции плантации в 2008 и 2009 гг. было принято значение годовой удельной продукции 0,22, так как в эти годы преобладали животные старших возрастных групп (см. табл. 3.4).

Для сравнения и анализа результатов выполнена также модельная оценка годовой продукции плантации в бухте Суходол (табл. 3.5) с использованием уравнения расчета вторичной продукции

популяций морских беспозвоночных животных, предложенного Tumbiolo, Downing (1994):

$\log P = 0,24 + 0,96 \log B - 0,21 \log W_m + 0,03 T_s - 0,16 \log (Z + 1)$,
где P — годовая продукция, $г \cdot м^{-2}$ сухого вещества; B — удельная биомасса, $г \cdot м^{-2}$ сухого вещества; W_m — максимальная индивидуальная масса тела, $мг$ сухого вещества; T_s — среднегодовое значение температуры воды на поверхности, $^{\circ}C$; Z — средняя глубина в бухте, $м$.

Данная модель представляется приемлемой для расчетов, так как в ней учитываются главные для таких видов беспозвоночных параметры: удельная биомасса, индивидуальная биомасса, температура воды и глубина, при которых происходит продуцирование биомассы. При расчетах было принято, что сухой вес у трепанга составляет 8,6 % сырого (Слущкая, 1972), среднегодовая температура воды в бухте — 8,2 $^{\circ}C$ (Мануйлов, 1990), средняя глубина расположения скопления — 7 м. Для решения уравнения использованы данные, полученные при проведении гидробиологических съемок в 2006–2009 гг. Результаты модельной оценки показывают поступательный рост годовой продукции. Как видно из данных табл. 3.5, результаты, полученные двумя методами, хорошо совпадают в годы, когда в поселениях преобладают животные старших возрастных групп.

Причиной значительного роста биомассы в 2007/08 г. могло быть заметное пополнение в этот период за счет марикультурных мероприятий, не учтенное при проведении наблюдений из-за малых размеров молоди. Кроме того, известно, что результаты гидробиологического учета трепанга зависят от целого ряда факторов, влияющих на получаемые величины численности и биомассы (Гаврилова, Сухин, 2011). Скорее всего, величины биомассы трепанга на плантациях в 2006 и 2007 гг. нами были недоучтены.

Основным марикультурным мероприятием для восстановления скоплений трепанга в бухте Северной стало заводское разведение. С 2002 г. в бухте расселено ~5 млн сеголеток. При этом нельзя исключать улучшение условий пополнения молодью поселений трепанга за счет подвесных плантаций приморского гребешка в бухте (увеличение субстратов для оседания молоди). В бухте расположено крупное поле анфельции — естественный питомник молоди трепанга, способствующий ее концентрации. Для бухты Северной также выполнена оценка современной продукции донных плантаций трепанга. При этом воспользовались данными, полученными сотрудниками ТИГ ДВО РАН А.М. Лебедевым и В.В. Жариковым в 2008 г., оценившими величины удельной и индивидуальной био-

массы (Пространственное распределение ..., 2008). Максимальная индивидуальная масса трепанга, зафиксированная ими в бухте, составила 464 г. Удельная биомасса различалась в разных частях бухты. Так, на участке, где проводится расселение заводских мальков с 2004 г. (мыс Сидорова — бухта Миноносок), она составила $13 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ в районе расположения завода (мыс Щелкунова — мыс Сергеева), расселение здесь проводили ранее — $22 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, плотности поселений составили соответственно 0,08 и 0,14 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$, глубина расположения этих поселений — 2–5 м. Величины годовой продукции для этих участков, полученные разными методами, равны соответственно 3,4 (2,6) и 5,6 (4,4) $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$. В скобках приведены значения, рассчитанные с учетом удельной годовой продукции.

В то же время в местах концентрации молоди, на периферии поля анфельдии, где плотность превышала 1 экз. $\cdot \text{м}^{-2}$, годовая продукция была значимо выше и составила 21 (79) $\text{г} \cdot \text{м}^{-2}$. Для данного района величина удельной годовой продукции была взята 0,9, поскольку здесь преобладала молодь трепанга и оценки, выполненные разными методами расчета продукции, также различались в несколько раз.

В бухте Северной насчитывают до 3 млн экз. трепанга, а биомасса составляет ~200 т (Пространственное распределение ..., 2008), однако рассредоточена она на большой площади, что сказывается на величине продукции. Кроме того, основная часть поселения — это молодь на поле анфельдии, численность донных поселений составляет около 200 тыс. экз. В то же время в прежние годы численность трепанга на дне составляла около 4 млн экз. (Бирюлина, 1972). По-видимому, емкость бухты достаточно большая, и для увеличения биомассы и продукции всех поселений потребуются еще многочисленные пополнения. Товарное же выращивание можно сосредоточить на ограниченном по площади участке, продукция которого будет позволять изъятие части промысловой биомассы.

Завершая анализ данных о современных величинах продукции трепанга в бухтах залива, где происходит восстановление его численности, мы попытались хотя бы в первом приближении оценить продуктивность популяции в целом и конкретных поселений трепанга в зал. Петра Великого в разные годы. Для этого были выполнены расчеты двумя методами по материалам съемок разных лет (табл. 3.6). При расчете продукции для популяции всего зал. Петра Великого и для оценки продукции в бухтах в прошлом веке использовалась удельная годовая продукция 0,22, так как работы велись в

основном на промысловых скоплениях, т.е. там, где возраст животных превышал 3–4 года. Исключение составляли расчеты по бухте Суходол в 1970 г. По данным М.Г. Бирюлиной (1972), в те годы молодежь здесь составляла 90 %, поэтому была принята удельная годовая продукция, равная 0,9. Такой же коэффициент по тем же соображениям был применен и для бухты Северной в 2008 г. в районе поля анфельции.

Как и в приведенных расчетах для бухт, совпадение результатов двух методов наблюдается в том случае, когда они ведутся для сформировавшихся поселений с преобладанием особей старших возрастных групп. Для питомников молодежи эти значения различаются значительно.

Из данных табл. 3.6 видно, что в 2008 г. на плантации в южной части бухты Суходол продукция поселения трепанга была сравнима с продукцией популяции зал. Петра Великого в период ее высокой численности. Соответственно для этой бухты уже мог быть рекомендован промысловый режим.

Таблица 3.6

Расчетные значения годовой продукции популяции трепанга зал. Петра Великого (ПВ) и его скоплений в бухтах в разные годы

Год исследований	Район	Численность, тыс. экз.	Удельная биомасса, г · м ⁻²	Продукция, г · м ⁻²	Источник данных
1929	ПВ	150000	50,0	13,6/10,0*	Закс, 1930
1959	ПВ	174500	183,0	32,0/36,0	Бирюлина, 1972
1970	ПВ	59940	107,0	23,0/21,0	«
2001	ПВ	7220	2,6	0,65/0,5	Лебедев, 2006
1970	Бухта Суходол	1200	39,0	10,1/35,0	Бирюлина, 1972
2008	Бухта Суходол, плантация	240	193,0	44,0/45,0	Собственные данные
1959	Бухта Северная, мыс Сидорова	1679	269,0	64,8/53,8	Бирюлина, 1972
1970	Бухта Северная, зап. часть	1980	51,9	13,6/10,5	«
2008	Бухта Северная, мыс Сидорова	105	13,0	3,4/2,6	Пространственное распределение ..., 2008
2008	Бухта Северная, зап. часть	70	22,0	5,6/4,4	То же
2008	Бухта Северная, поле анфельции	1489	88,0	20,1/79,0	«

* Модельная оценка (по: Tumbiolo, Downing, 1994)/расчет по выражению $P = C \cdot V$.

Более подробный расчет продукции для разных возрастных групп в сопоставлении с реальной размерной структурой на той или иной плантации позволили бы довольно точно рассчитать урожай разных поколений и общий урожай трепанга на марикультурных участках. Для трепанга, имеющего довольно значительную продолжительность жизни (10–12 лет), на начальном этапе создания плантаций, когда основную часть поселения составляют неполовозрелые особи, величиной естественной смертности у старших возрастных групп (3–6 лет) можно пренебречь. Они еще не достигли предельного возраста, и, как известно, в зрелом возрасте эти беспозвоночные не доступны для хищников. А коэффициенты элиминации молоди 1–2-го года жизни определяются при промежуточном подращивании. В дальнейшем в процессе промысла на плантациях у этого относительно долгоживущего вида происходит замена естественной смертности на промысловую.

Первые результаты товарного выращивания трепанга в бухтах зал. Петра Великого показали, что этот этап искусственного воспроизводства может быть успешным при условии применения предложенной комбинированной схемы: садкового подращивания сеголеток и пастбищного содержания животных старше 1,5–2,0 года. Промежуточное подращивание в садках сеголеток трепанга как заводского, так и коллекторного происхождения, позволяет повысить выживаемость у этой возрастной группы до 35–85 %. Для сравнения приведем данные о выживаемости молоди трепанга первого года жизни на китайских предприятиях при прудовой системе товарного выращивания (Chang et al., 2004). При длине тела животных 2–5 см она составляет 10–35 %, при 5–10 см — 30–80 %, при 10–15 см — 60–90 %. Размеры сеголеток на приморских заводах в среднем достигают только 1 см, большая часть мальков имеет меньшую длину тела. Таким образом, садковое подращивание позволяет повысить выживаемость у мелкоразмерных особей до значений, характерных для жизнестойких животных, и тем самым увеличить численность мальков для пастбищного выращивания.

Для молоди трепанга первых лет жизни характерны значительные индивидуальные различия в скорости роста. Численность быстрорастущих мальков в разных генерациях может составлять от 3 до 34 %. Создание благоприятных условий для роста мальков (укрытия, накопление взвеси в укрытиях, подкормка) может сократить сроки получения товарной продукции, так как до 15–20 % животных раньше достигают промысловых размеров. В то же время очевидно, что в условиях зал. Петра

Великого реализуется только часть потенциально возможной для этого вида скорости роста.

Современная продуктивность поселений трепанга в зал. Петра Великого чрезвычайно низкая, заметный рост биомассы и продукции отмечается на донных плантациях, пополнение которых происходит в результате применения марикультурных методов. Такие результаты получены на примере бухты Суходол. Период, в течение которого происходило увеличение биомассы и продукции донной плантации до уровня, когда может быть рекомендован промысел, составил около 7 лет. Современные величины продукции в бухте сопоставимы с таковыми для популяции трепанга зал. Петра Великого в период ее высокой численности. В 2009–2011 гг. на плантации отмечался устойчивый рост биомассы при изъятии товарной продукции в объеме 6–7 % промысловой биомассы, что может быть охарактеризовано как консервативная охранная мера. При современном уровне продукции и изъятии прирост общей биомассы может составлять до 5 т в год при высоких значениях удельной биомассы — до $240 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$.

Дальнейшие исследования на таких плантациях необходимы для определения оптимального уровня продуктивности, при котором будет сохраняться рост биомассы трепанга и будут исключены негативные последствия от высокой плотности. Известно, что при использовании системы прудового выращивания в условиях Желтого моря с 1 га получают продукцию от 1,5 до 10,0 т за период выращивания (10–18 мес), годовая продукция составляет от 400 до $800 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (Chang et al., 2004). При этом производится предварительное удобрение прудов и их дезинфекция до начала выпуска молоди. Вряд ли подобная скорость продуцирования будет возможна в наших водах, но оценка в будущем оптимальных величин представляет несомненный интерес.

Глава 4. ПРИЕМНАЯ ЕМКОСТЬ ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА

4.1. Категории емкости среды. Оценка численности популяции дальневосточного трепанга с учетом приемной емкости залива

В настоящее время для аквакультурных зон сформулировано определение приемной емкости и обсуждается возможность поэтапного определения ее физической, продукционной, экологической и социальной категорий (McKindsey et al., 2006; Newell, 2007).

Физическую емкость — площади, пригодные для размещения плантаций какой-то группы организмов — определяют через морфометрические показатели водоемов, их гидродинамический режим. Для этого используют информацию национальных географических систем (Geographic Information System (GIS)) (Radiarta et al., 2008) или комбинации гидродинамических моделей (Rawson et al., 2007; Silva et al., 2011).

Продукционная емкость обычно рассчитывается через количество доступной пищи для культивируемых организмов, но ее оценка должна также учитывать насыщенность биоценозов, конкуренцию и пресс хищников.

Для определения *экологической емкости* учитываются проблемы взаимодействия аквакультуры и окружающей среды и способность водоемов к самоочищению. Процессы, происходящие на участках марикультуры, где созданы плотные скопления гидробионтов, могут негативно влиять на качество вод, биогеохимию осадков и другие экосистемные функции.

Социальную емкость оценивают после изучения и анализа всех предшествующих категорий. Ограничения в данном случае связаны с антропогенными факторами и зависят в первую очередь от поставленных задач: следует ли сохранить состав и структуру биоты или же требуется создать «морской огород» с преобладанием наиболее ценных видов.

Определение емкости среды для голотурий может быть выполнено с учетом перечисленных категорий, которые изначально были сформулированы для аквакультурных районов в целом, а затем для плантаций двустворчатых моллюсков (Карневич, 1975, 1998;

McKindsey et al., 2006; Newell, 2007) с использованием терминологии, принятой в англоязычной литературе (McKindsey et al., 2006).

Сведения о допустимых объемах культивирования голотуррий (емкости водоемов) существуют в основном для «прудовых» хозяйств в Китае. Емкость отгороженных участков бухт (прудов) для пастбищного выращивания трепанга в провинциях Ляонинь и Шаньдун увеличивают, размещая на дне дополнительные субстраты. В результате возрастает площадь расселения трепанга (или физическая емкость водоемов) и его общая численность. В зимний период в пруды добавляют комбинированные корма. Для бухт рассчитан оптимальный объем субстратов (2000–2500 м³ камней на 1 га), при котором удается получать товарную продукцию от 1,5 до 10,0 т с 1 га за 12–18 мес. При высокой плотности скоплений, зимой, когда трофические ресурсы ограничены, подкормка трепанга в прудах обеспечивает хороший рост молоди (Технология разведения ..., 2001; Chang et al., 2004).

В целом исследований приемной емкости водоемов для голотуррий выполнено не так много, как для двустворчатых моллюсков. Поэтому до начала количественных оценок необходимо было обосновать подходы к определению разных категорий емкости залива и, следовательно, оптимальных объемов культивирования трепанга, что важно с биологической и прикладной точек зрения.

В зал. Петра Великого распределение макробентоса изучалось разными методами, в том числе и с использованием фациального анализа. Особенности пространственного расселения трепанга в заливе позволяют предположить, что *физическая емкость* природных поселений этого вида определяется площадями фаций, в которых он концентрируется. В литературе термин «фация» трактуется как элементарная единица ландшафта, или наименьший ландшафт, т.е. природный комплекс, где биотическая и абиотическая составляющие рассматриваются как равнозначные элементы (Преображенский и др., 2000; Шунтов, 2001). Понятие «фация» включает и характеристику донных отложений, отличающихся по составу, условиям образования, развитию и современным экологическим условиям от смежных одновозрастных отложений. Каждой фации соответствуют присущие ей оптимальные концентрации организмов того или иного вида. И чем пространственно шире развита фация, тем она может обеспечить жизнедеятельность большего количества таких организмов. Представляется, что фациальный анализ (Преображенский и др., 2000) может быть применен не только при изучении принципов масштабной агрегации животных, но и в практической марикультуре.

турной деятельности, а именно при определении физической емкости плантаций для дальнейших расчетов оптимальных нагрузок, объемов производства дополнительной продукции.

К сожалению, такие исследования были немногочисленны. Одной из первых гидробиологических работ на акватории залива, в которой распределение биоценозов изучалось в связи с распределением фаций, была съемка в зал. Посыета под руководством О.А. Скарлато с соавторами (1967). В 1976 г. Г.А. Евсеевым (1976) проведено исследование для двустворчатых моллюсков, а в 2001–2002 гг. А.М. Лебедевым (2006) — для трепанга. Тем не менее, именно эти работы позволили определить наиболее вероятные значения площадей фаций, в которых концентрируется трепанг.

Для определения продукционной емкости оценивается прежде всего количество корма, которое аккумулируется на плантациях марикультуры и может быть доступно при выращивании плотных скоплений того или иного вида. Дальневосточный трепанг — собирающий детритофаг (депозитофаг), и для него, как и для других представителей *Aspidochirotida*, детрит на поверхности твердых и мягких грунтов является основным компонентом корма, а кормовая база определяется через органическое вещество детрита, при этом отдельные группы голотурий, по-видимому, адаптированы к использованию органического вещества определенного генезиса (Левин, 1999). Скорость осадконакопления на плантациях может быть определена инструментальным путем — с помощью седиментаторов.

Анализ предпосылок показывает, что в настоящее время для трепанга в заливе могут быть оценены только физическая и продукционная категории емкости. Для расчета емкости с учетом ее экологической составляющей пока недостаточно соответствующих данных. Однако известно, что роль трепанга в морских экосистемах определяется прежде всего его воздействием на донные осадки при перемещении в процессе питания. В результате переработки голотуриями огромного количества грунта происходит возвращение в оборот питательных веществ (рециклинг) и перемешивание осадков (биотурбация). Потребляя органическое вещество из донных осадков, эти животные снижают его содержание, а также способствуют проникновению кислорода внутрь осадков, переворачивая их верхний слой. Такой процесс предотвращает накопление органических веществ в районах с высокими скоростями седиментации, в том числе в местах расположения подвесных плантаций моллюсков. Следовательно, экологически целесообразно проводить пастбищ-

ное выращивание голотурий параллельно с садковым культивированием двустворчатых моллюсков.

Немаловажна и средообразующая роль мелководных голотурий, их влияние на мощность и направление потоков энергии в экосистемах (Левин, 1999). В обзорах, оценивающих экологическую роль голотурий, говорится о том, что процессы, происходящие на участках, где произошло их исчезновение, еще не до конца понятны. Но изменения, происходящие в донных биоценозах, могут быть весьма существенными (Toral-Granda, 2006). Например, распределение голотурии *H. scabra* тесно связано с водной растительностью. Было показано, что биомасса макроводорослей значительно снизилась, а биомасса донных микроводорослей и содержание органического вещества увеличились на тех участках, где голотурии исчезли из-за перелова. В результате происходили изменения в водорослевых системах, негативно влияющие на продуктивность фитобентоса (Wolkenhauer et al., 2009).

На современном уровне знаний емкость акваторий для какой-то группы гидробионтов, как и другие экологические характеристики, можно оценить, только принимая определенные допущения. Важно, чтобы они не искажались существующие реалии. Количественная оценка емкости залива для трепанга также могут быть выполнены с учетом определенных ограничений, которые и оговариваются в приведенных расчетах.

Например, в настоящее время А.М. Лебедевым (2006) оценены площади «трепангоносных» фаций зал. Петра Великого. Не очень благозвучный термин «трепангоносные» заимствован из монографии этого автора, он позволяет избежать повторения словосочетания «фации, в которых может быть распределен трепанг». Автор справедливо полагал, что за последнее столетие вряд ли существенно изменилась ширина прибрежного ландшафтного комплекса, заселенного трепангом. Площади трепангоносных фаций составляют по его данным от 196 до 246 км². Следовательно, такова физическая емкость (площади) природных поселений трепанга. Принимая во внимание эти данные, а также сведения о динамике плотности поселений этого вида, можно оценить его оптимальную численность в заливе. Для этого были привлечены значения средней плотности, соответствующие зафиксированному максимуму численности.

Анализ динамики плотности, на основе имеющихся данных с 1893 г., показывает, что средняя плотность промысловых поселений трепанга в конце XIX века составляла 0,17 экз. · м⁻² (Масленников,

1894). В 1929 г. в работе И.Г. Закса (1930) приводится значение 0,4 экз. · м⁻². До конца 1970-х гг. в период известной наиболее высокой численности популяции средняя плотность в большинстве промысловых поселений также составляла 0,3–0,4 экз. · м⁻². При таких концентрациях промысловая численность популяции должна достигать 60–98 млн экз., а промысловая биомасса — 9–15 тыс. т (при средней индивидуальной массе кожно-мышечного мешка промысловых особей 150 г). Для сравнения современные плотности в природных поселениях трепанга в среднем составляют лишь 12 % этих концентраций, а общая численность в 2000 г. оценивалась в 4,5–7,2 млн экз. (Лебедев, 2006).

Известно также, что до середины 1990-х гг. в зал. Петра Великого в большинстве поселений трепанга концентрации изменялись от 0,1 до 1,0 экз. · м⁻² (см. табл. 1.1, 1.2), что соответствовало особенностям распределения и обеспечивало условия воспроизводства для поддержания высокой численности популяции. Если предположить, что в этот период в большинстве трепангоносных фаций средние концентрации увеличились бы до 1 экз. · м⁻², численность трепанга могла достигать 200–250 млн экз. Однако ни ранние, ни более поздние оценки не показывали таких результатов. Следовательно, существуют факторы, ограничивающие численность популяции, которыми могут быть площади субстратов, пригодных для расселения трепанга. По-видимому, численность популяции 100–150 млн экз. будет соответствовать емкости трепангоносных фаций залива, которая зависит не только от площади субстрата, пригодного для расселения, но и от кормовой базы, а следовательно — от условий седиментации: источников, скорости современных поставок взвеси, особенностей накопления детрита.

В дальнейших расчетах было принято допущение о том, что при концентрациях, не превышающих 1 экз. · м⁻², трофические потребности трепанга удовлетворяются за счет естественного седиментационного процесса на этой акватории. При этом имеется в виду, что определяющее значение для обеспечения пищей голотурий в прибрежной зоне имеет вторичное перераспределение органического вещества на поверхности дна в результате гидродинамических процессов, а потребителями детрита в фациях кроме трепанга являются и другие бентосные организмы (Левин, 1999). Однако именно на фоне такого перераспределения и потребления органического вещества формировались в заливе средние плотности для популяции трепанга в разные периоды, в том числе и при максимальных значениях численности.

Итак, численность природных поселений определяется емкостью трепангоносных фаций залива. Очевидно, что она может быть увеличена при создании на этих участках плантаций с искусственными рифами. Плантации для пастбищного выращивания трепанга могут быть размещены и вне трепангоносных фаций, например в районах с подвесными установками для выращивания моллюсков, но после мелиорации донных участков. Следовательно, общая физическая емкость залива для трепанга может быть увеличена с развитием его плантационного культивирования.

4.2. Формирование трофической базы трепанга. Объемы взвеси, поступающей в зал. Петра Великого

Накопление детрита в водоемах происходит в процессе осаждения взвешенного вещества, в состав которого входят неорганические компоненты, мелкие планктонные и бентосные организмы, их органические остатки, ассоциированные с микроорганизмами. Перемещение ОВ в прибрежной зоне сказывается на распределении потребителей детрита. Видовой состав потребителей указывает на качество органического потока, а численность организмов — на его величину (Бек, 1990; Бурковский, 2006). Различия в скоростях осадконакопления также влияют на распределение донной фауны, которое имеет свои особенности, в том числе и сезонные, в зонах высокой, умеренной и слабой седиментациях, выделенных на акватории залива (Марков, 1983; Бирюлина и др., 2002), а области накопления детрита и районы концентраций животных пространственно совпадают. По-видимому, именно этим объясняется существование одного из самых крупных районов промысла трепанга в конце XIX — начале XX в. в западной части Амурского залива (Средне-Амурский и Северо-Амурский трепанголовые участки) (см. см. рис. 1.1), который является мористой частью эстуария р. Раздольной.

В рацион голотурий входит прежде всего взвешенное вещество, относящееся к современным поставкам, которые характеризуются относительно повышенным содержанием органического углерода, гидроокислов железа и марганца (Дударев и др., 2002). Со временем происходит разложение или захоронение органического вещества детрита, и оно становится малопривлекательным в трофическом отношении для трепанга. Бентосные сообщества побережья зал. Петра Великого характеризуются значительными величинами продуктивности и плотности гидробионтов еще и благодаря интенсивным биогеохимическим процессам в зоне «вода — донные

осадки» (Дударев и др., 2002). В область смешения морской части эстуария поступают илистые и коллоидные частицы, которые при участии биогеохимических продуктов разного генезиса вызывают переход растворенной формы элементов во взвешенную (Аникеев и др., 2001).

В осадках зал. Петра Великого присутствует органическое вещество, поступающее из разных источников. В закрытых и полузакрытых бухтах основными источниками взвешенного органического вещества являются фитопланктон и макроводоросли, а также морские травы (Вышкварцев, 1979; Кафанов, Лысенко, 1988; Кучерявенко, 2002).

В больших количествах в экосистему залива поступает речная взвесь. Со стоком вод из вершины Уссурийского залива в зал. Петра Великого ежегодно поставляется не менее 157 тыс. т взвеси, обогащенной терригенной и морской органикой (Бирюлина и др., 2002). В годы, когда наблюдаются катастрофические паводки (например, 1989 г.), годовой объем взвеси из р. Раздольной в Амурский залив оценивался в 1,1 млн т, что почти в 2,5 раза выше среднегодового (Дударев и др., 2005). Следовательно, только в экосистемы двух самых крупных заливов второго порядка ежегодно поступает более 600 тыс. т взвеси, компоненты которой формируют трофическую базу трепанга.

Значения потоков осадочного материала в пределах эстуариев и прилегающих к ним водах предустьевого пространства моря изменяются в больших пределах. В придонных водах эстуария р. Раздольной величины потока колеблются от 0,7 до 5,5–21,0 г · м⁻² · сут⁻¹, а скорости седиментации достигают 2–11 мм · год⁻¹. В водах предустьевого пространства эти показатели снижаются более чем на порядок (Дударев, 1997). Аномальное по объемам осаждение тонких современных осадков, поставляемых речной взвесью, происходит в градиентных барьерных зонах эстуариев — в вершинах закрытых заливов и бухт (Дударев и др., 2002). Темпы накопления илистых осадков в мористой части эстуария р. Раздольной, именно такой и является большая часть Амурского залива, варьируют в пределах 0,8–3,0 мм в год (а в пределах замкнутого круговорота вод напротив п-ова Песчаного достигают 11 мм/год), закономерно снижаясь за пределами эстуарной системы примерно на порядок (Состояние морских экосистем ..., 2005).

С развитием марикультурных хозяйств еще одним дополнительным источником взвеси могут быть биоотложения, поступающие с плантаций двустворчатых моллюсков, расположенных в тол-

ще воды. Подсчитано, что с 1 га плантаций мидий в бухте Суходол может поступать до 0,46 т натурально-влажного вещества биоотложений в сутки, т.е. под установкой в течение года формируется слой осадка толщиной до 13 мм (Гаврилова, Кучерявенко, 2011). В районе плантации происходит перераспределение взвеси, но очевидно, что эта величина сравнима или даже превышает скорости осадконакопления в придонных слоях эстуариев залива. Таким образом, биоотложения с плантаций моллюсков — значительный источник поступления пищевого материала для детритофагов. Экспериментально доказано, что биоотложения двустворчатых моллюсков являются и эффективным кормом для трепанга. В лабораторных условиях голотурии хорошо росли, потребляя до 17,2 % органического вещества биодепозитов моллюсков, суточная удельная скорость роста составляла 1,38 % (Zhou et al., 2006).

Учитывая крайне низкие современные величины плотности в поселениях трепанга в разных районах зал. Петра Великого, для восстановления его численности при современном уровне воспроизводства потребуется не одно десятилетие (даже если принять теоретическое предположение о том, что в ближайшие годы в заливе будет исключен какой-либо промысел этого вида). Дополнительные вселения многочисленных генераций молоди и создание благоприятных условий воспроизводства при пастбищном выращивании трепанга ускорят восстановление популяции. Но естественная седиментация обеспечивает жизнедеятельность поселений трепанга при средней для природной популяции плотности в пик ее численности. Для плантаций, на которых создаются плотности на порядок выше — 2–3 экз. · м⁻², необходимы дополнительные источники поступления взвеси. Следовательно, успех товарного производства трепанга с пастбищным выращиванием молоди зависит от рациональной эксплуатации ресурсов и объемы товарной продукции должны соответствовать емкости марикультурных участков. При расчете емкости на плантациях с высокими концентрациями трепанга необходимо оценивать объемы поступления и потребления корма.

4.3. Количественные оценки потребления корма дальневосточным трепангом

Питание гидробионтов количественно оценивается через скорость и количество потребленной пищи (рацион), усвоение и усвояемость, время переваривания и их зависимости от факторов среды. Методы определения этих величин могут быть разные, что сказывается и на результатах.

Скорость потребления детрита, собранного в море на седиментаторах, определяли в экспериментальных условиях у трепанга с массой тела от 10 мг до 170 г (Гаврилова, 1987). Рационы вычисляли по разнице сухой массы корма до и после опыта. Усвоение и усвояемость определяли прямым методом (Печень-Финенко, 1979; Цихон-Луканина, 1982), т.е. рассчитывали остаток между массой рациона и фекалий (усвоение) или выражали эту величину в процентах (усвояемость). Содержание органического углерода в корме и фекалиях определялось методом бихроматного окисления (Бубнова, 1971; Рекомендации ..., 1983). При переводе органического углерода в единицы энергии принималось, что 1 мг углерода эквивалентен 10,08 кал. Время переваривания корма определялось от начала его потребления до начала дефекации.

Данные о величине кишечного индекса получены при проведении экспедиционных работ в мае-июне 1999 г. в природных поселениях трепанга зал. Петра Великого (табл. 4.1). Кишечный индекс определяли как отношение массы кишечника к массе кожно-мышечного мешка, выраженного в процентах.

В экспериментальных условиях зависимость скорости потребления корма трепангом от массы тела описывается степенной функцией:

$$C = 5,87 \cdot W^{0,768},$$

где C — рацион, $\text{мгС} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$; W — прижизненная масса тела трепанга, г.

Полученное соотношение достоверно в диапазоне величин массы тела от 0,01 до 250,0 г. Из уравнения следует, что скорость потребления корма в экспериментах составляла $\sim 200 \text{ мгС} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$ для животных с массой тела около 100 г и $\sim 6 \text{ мгС} \cdot \text{экз.}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$ — для молоди с массой тела 1 г. Такие величины получены опытным путем при температуре 15 °С. В экспериментах наблюдалась и высокая усвояемость корма — 69 и 81 % соответственно для старших и младших возрастных групп трепанга (Гаврилова, 1994).

Экспериментальные данные были проанализированы с учетом сведений о содержании органического вещества в осадках бухт залива. В бухте Суходол содержание $C_{\text{орг}}$ в осадках в разные сезоны составляет от 4 до 6 %. Тогда количество грунта, потребленного одним трепангом, с органической составляющей 4 % составляет ~ 5 % массы тела у половозрелых особей и 15 % — у молоди с массой тела около 1 г.

Содержание органического углерода во взвеси заметно изменяется в разных районах залива. В Амурском заливе в пределах эстуа-

Таблица 4.1

Значения кишечного индекса у дальневосточного трепанга в мае-июне 1999 г., %

Район исследований	Непромысловые особи				Промысловые особи				Дата работ	Объем выборки, экз.
	Среднее	Максимум	Минимум	Дисперсия	Среднее	Максимум	Минимум	Дисперсия		
Аквагория у о. Русского	33,4	58	8	83,2	31,2	50	14	65,9	1-я декада мая	125
Амурский залив, острова	29,3	52	9	98,7	28,9	44	14	43,9	2-я декада мая	77
Амурский залив, западный берег	25,8	55	3	102,8	25,2	50	11	49,8	2-я декада мая	113
Зал. Посёта, бухта Троицы	23,5	44	11	71,1	22,5	42	8	50,2	3-я декада мая	86
Аквагория у о. Путятина	20,4	28	10	44,3	25,0	55	14	73,5	1-я декада июня	32
Зал. Восток	22,6	33	7	37,8	20,5	42	6	49,5	1-я декада июня	102
Зал. Находка	33,4	53	21	107,9	28,9	64	11	94,8	1-я декада июня	57
Среднее по зал. Петра Великого	26,9	-	-	-	26,0	-	-	-	-	-
Бухта Успения	-	-	-	-	27,2	39	18	35,3	1-я декада июня	13
Бухта Капулунова	-	-	-	-	29,1	39	14	37	1-я декада июня	23
Бухта Мелководная	-	-	-	-	26,2	44	14	81,4	1-я декада июня	20
Среднее значение на восточном побережье	-	-	-	-	27,5	-	-	-	-	-

рия р. Раздольной содержание взвешенного $C_{\text{орг}}$ уменьшается от 3–4 % над свалом глубин, до 1 % — к внешней границе эстуария. Содержание $C_{\text{орг}}$ во взвеси из седиментационных ловушек изменялось и в самом придонном слое от 0,27 до 2,95 % (среднее — 1,35 %) (Состояние морских экосистем ..., 2005). Содержание органического вещества в биоотложениях с плантациями моллюсков в бухте Новгородской составляло от 0,8 до 22,6 %. Средние значения этого показателя в августе, сентябре и октябре были соответственно 4,2, 2,0 и 10,6 %, т.е. имели и сезонную изменчивость (Кучерявенко, 2002). Поскольку содержание органического вещества в донных осадках величина не постоянная, на участках, где эта величина меньше 4–6 %, скорость потребления корма трепангом будет выше.

В экспериментах рационы у трепанга определяли, используя в качестве корма взвесь из седиментационных ловушек, прошедшую определенную подготовку: после просеивания были извлечены частицы больших размеров и массы. В природе содержимое кишечника трепанга на 30 % и более состоит из так называемых балластных частиц — крупного песка, фрагментов раковин моллюсков и т.д. Поэтому удельный вес содержимого кишечника трепанга, питающегося в природе, должен быть выше. Кроме того, относительная скорость потребления (5 или 15 %) получена для общей массы тела. При пересчете на кожно-мышечный мешок данная величина возрастает. С учетом этих соображений, скорость потребления корма трепангом в природных условиях должна быть выше, чем в эксперименте.

Сведения, полученные нами при полевых наблюдениях, говорят в пользу такого вывода. При температуре от 6 до 10 °С средние значения кишечного индекса у трепанга составляли 26–27 % (табл. 4.1). Май и июнь (время сбора материала) — это период кормовых миграций у трепанга, и полученные величины индексов были приняты за средние значения, хотя в течение года значения индекса изменяются значительно: максимальное наполнение кишечника в апреле — 20–45 %, 15–30 % — в мае, в июне — 5–20 %, а минимальное значение в августе — 0–10 % (Левин, 1999).

Информация о времени переваривания или скорости прохождения грунта через кишечник трепанга после голодания (что является методическим требованием в экспериментах) не раз приводилась в литературе: для дальневосточного трепанга оно составляло от 12 до 30 ч (Tanaka, 1958; Choe, 1963; Левин, 1982). Вряд ли полученные данные характеризовали время переваривания, вероятней всего, в данном случае можно говорить о времени эвакуации пищевого ма-

териала из кишечника. В наших экспериментах с молодой трепанга массой тела до 0,2 г время эвакуации составляло от 3 (при 15 и 20 °С) до 8 (при 10 °С) ч. При отсутствии пищи животные задерживали процессы дефекации, т.е. физиологическая скорость пищеварения может быть выше, чем в опытах с предварительным голоданием животных. В то же время трепанг может и прекращать потреблять корм и дефекацию на достаточно длительное время без видимых причин.

Для дальнейших оценок значение времени прохождения пищи через кишечник у старших возрастных групп трепанга принималось равным 12 и 24 ч. В этом случае полученные величины массы детрита в кишечнике трепанга (КИ) соответствуют суточному или полусуточному потреблению корма. Таким образом, за сутки через кишечник трепанга с массой тела 130–140 г (кожно-мышечный мешок 100 г) проходит как минимум от 26 до 52 г грунта. Соответственно за месяц такое животное перерабатывает от 780 до 1560 г грунта.

Сведения, касающиеся сезонной активности трепанга, показывают, что высокие значения кишечного индекса наблюдаются около 8 мес в году. Низкие скорости потребления корма характерны для самых холодных зимних месяцев и летом в течение 1–2 мес в период гипобיוза (эстивации), когда происходит не только уменьшение потребления корма, но и полная деструкция кишечника. В зал. Посыта в июле-сентябре у большинства животных масса кишечника снижалась, а у трети особей пищеварительная трубка или отсутствовала вовсе, или была представлена новой регенерирующей кишкой (Левин, 1999). Атрофия кишечника голотурий зимой связана с сезонным снижением обилия корма. В этих условиях энергетические затраты на его поддержание могут быть выше, чем на регенерацию (Lawrence, 1987). Таким образом, продолжительность периода активного потребления корма в течение восьми месяцев наиболее соответствует данным о сезонной активности трепанга. Тогда в течение года через кишечник только одного животного пропускается от 6 до 12 кг грунта. В литературе приводится еще более высокая оценка величин грунта, пропускаемого через кишечник трепанга за год — 18–44 кг (Левин, 1982).

4.4. Трансформация органического вещества детрита на плантациях марикультуры

Данные о пищевых потребностях трепанга применены для оценки потоков органического вещества и определения величин необходимых дополнительных трофических ресурсов на плантациях на примере одной из бухт залива.

Скорость накопления взвеси и потребление детрита трепангам

В 2008 г. в бухте Суходол с помощью седиментаторов были оценены потоки взвеси, поступающей на дно в местах размещения подвесных плантаций мидий и там, где они отсутствовали. По нашим расчетам под плантациями моллюсков на 1 м^2 за год накапливается до 12,4 кг, а в бухте вне зоны плантаций — 7,5 кг натурально влажного осадка. Таким образом, на одном гектаре в этой бухте за год оседает соответственно 124 и 75 т взвешенных веществ.

При создании в этой бухте донной плантации трепанга с плотностью распределения $1,0 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$ и годовым потреблением детрита $12 \text{ кг} \cdot \text{экз.}^{-1}$ на участке в 1 га за год будет перерабатываться до 120 т взвеси. При этом утилизируется около 6 т органического углерода (принимается, что энергетический эквивалент рациона для трепанга массой тела 100 г равен 200 мгС). При более низких скоростях потребления пищи на уровне 6 кг в год величины переработанного грунта и утилизированного органического углерода должны составлять соответственно 60 и 3 т в год. Оценить полученные величины можно, сопоставив их с результатами осадконакопления.

Если соотнести потребление и накопление, то станет очевидно, что количество оседающего вещества вне зоны размещения подвесных плантаций соответствует пищевым потребностям созданного там поселения трепанга только в случае повторного перераспределения органического вещества за счет гидродинамических процессов, т.е. вследствие многократного использования одного и того же минерального субстрата после его реколонизации микроорганизмами. Следовательно, при увеличении концентрации трепанга на плантациях и создании поселений с плотностью, превышающей средние популяционные величины, необходимы дополнительные источники поступления органического вещества.

Таким источником может быть взвесь с установок для культивирования моллюсков, которая, оседая на дно, увеличивает трофические ресурсы участка для детритофагов. При этом часть биоотложений рассеивается в пограничных с плантациями районах. Их доля весьма значительна и может быть определена как разность между расчетным количеством биоотложений, продуцируемых моллюсками, и количеством взвеси, осевшей на седиментаторах непосредственно под плантациями. Например, на подвесной плантации мидий в бухте Суходол численность годовиков на 1 га насчитывает до 25,0 млн экз., двухгодовиков — 5,5 млн экз. Скорость биоотложений мидий, рассчитанная по уравнению зависимости этой характери-

ки от массы тела моллюсков (Седова, Кошкарева, 1988), составляет $150 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ в первом случае и $88 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ — во втором. Скорость седиментации, полученная по результатам инструментальных наблюдений, в среднем составляла $34 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ в течение лета и осени. Следовательно, в бухте непосредственно под плантациями моллюсков аккумулируется только от 23 до 38 % биоотложений, а 62–77 % взвешенных веществ распределяется на окружающей акватории, т.е. площадь, на которой оседают биоотложения моллюсков, превышает площадь подвесной плантации.

Товарная продукция трепанга на плантациях марикультуры

Итак, количество взеси, поступающей с 1 га плантации двустворчатых моллюсков, в зал. Петра Великого может составлять до 124 т в год. Сопоставляя объемы биоотложений моллюсков и трофические потребности трепанга, можно оценить объемы перерабатываемого органического вещества, поступающего с подвесных плантаций, и рассчитать получаемую при этом продукцию трепанга на донных плантациях.

Молодь трепанга расселяют на донных плантациях в возрасте 1+ года, и как показывают расчеты, масса детрита, поступающая с 1 га плантаций моллюсков, соответствует величине годового потребления корма 1 млн экз. трепанга с массой тела 1 г. В расчетах учитывалось, что время прохождения корма у трепанга с такой массой тела составляет 12 ч, суточное потребление корма — 0,52 г, годовое — до 125,0 г. Расселение 1 млн экз. молоди (с максимально известной плотностью $\sim 50 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$) возможно только на площади, большей, чем площадь источника взеси, и составляет ~ 2 га. С учетом данных о рассеивании вещества биоотложений, очевидно, что оно будет поступать и на большую площадь.

Из одной генерации молоди (учитывая коэффициенты выживаемости (Гаврилова, Кучерявенко, 2010)) через 4 года будет получено ~ 260 тыс. особей промыслового размера. В течение четырехлетнего цикла выращивания трепанга биоотложения моллюсков будут потребляться с разной скоростью. Через год после расселения молоди численность генерации составит 350 тыс. экз., а скорость потребления детрита — как минимум 218 т в год, т.е. вся масса корма за год должна быть съедена почти дважды. На следующий год при численности 297 тыс. экз. и средней массе особи до ~ 75 г потребление биоотложений должно возрасти до 1400 т, а скорость оборота вещества до 11 раз в год. И через четыре года выращивания соответственно будет потребляться до 1560 т корма, при этом вся его масса за год

используется как минимум 12 раз. Таким образом, если в качестве трофической базы одной генерации молоди трепанга численностью 1 млн экз. использовался бы только объем взвеси, поставляемой 1 га плантации моллюсков, то на 3–4-м году выращивания для удовлетворения пищевых потребностей трепанга восстановление уже использованного пищевого ресурса должно происходить в течение месяца. За это время должна быть восстановлена пищевая ценность субстрата, которая во многом зависит от реколонизация его микроорганизмами.

В зал. Петра Великого в районах плантационного выращивания моллюсков исследовался состав донного микробного ценоза (Брегман, 1994). Численность мезофильных бактерий-эвтрофов в грунте из зоны плантаций гребешка в бухте Алексева (Амурский залив) была выше почти в 5,0 раз, а олиготрофов — в 7,4 раза по сравнению с контролем. Численность бактерий с протео- и липолитической активностью превышала контрольные значения соответственно в 10,8 и 5,4 раза. Определялась численность бактерий, населяющих трепанга и воду залива (Беленёва, Жукова, 2009). Очевидно, что в поверхностном слое грунта под плантациями моллюсков наблюдается повышенная численность микроорганизмов, что создает благоприятные условия для питания детритифагов и влияет на скорость процессов восстановления пищевых ресурсов (Slater, Carton, 2009). Также в настоящее время экспериментально показано, что в результате потребления голотуриями биоотложений моллюсков в них уменьшается содержание общего органического углерода и фитопигментов. Однако количественные оценки изменений содержания органического вещества, численности бактерий в поверхностном слое осадка на донных плантациях в заливе не проводились, и динамика содержания органического вещества в течение года на одном и том же участке до настоящего времени не оценивалась. По-видимому, это задачи ближайшего будущего, решение которых позволит более точно определить время восстановления пищевой ценности детрита для трепанга.

Поскольку для эпибентических голотурий особенную трофическую значимость имеет только самый поверхностный слой осадков, обогащенный органическим веществом и непосредственно ими использующийся (Левин, 1999), то в природных поселениях этот фактор, по-видимому, может регулировать концентрации поселений трепанга. Площадь участка, по которому трепанг перемещается при питании, и плотности поселений, кроме того, зависят от размеров животных, скорости переваривания пищи, полосы, на которой про-

исходит захват корма, и др. Следовательно, голотурии всегда распределяются на дне с плотностью, соответствующей кормовой ценности участка и размерному составу поселения.

Создание искусственных конструкций на донных плантациях позволяет увеличить концентрации животных. Например, при создании рифов в форме конуса с высотой 1 м полезная площадь субстрата (1 м² морского дна) увеличится в 1,8 раза (именно так соотносятся площадь боковой поверхности и основания конуса). Таким образом, почти вдвое может быть увеличена и плотность на единице проективной площади дна. Чтобы расселить 260 тыс. экз. трепанга промыслового размера с плотностью 2 экз. · м⁻² потребуется площадь плантаций проективного покрытия дна 7,0 га, а с плотностью 3 экз. · м⁻² — до 4,5 га. При этом полезная площадь субстрата для расселения (в случае установки искусственных конструкций) составляет соответственно 13 и 8 га. Учитывая размеры промысловых особей трепанга, большие их плотности представляются проблематичными.

С учетом полученных данных о скорости потребления пищи и концентрациях трепанга при его пастбищном выращивании, можно оценить его потенциальную продукцию и условия формирования плантаций. Так, для выращивания ~0,25 млн экз. товарных особей (или 25 т при минимальной промысловой массе трепанга) необходимо, чтобы в течение 4 лет на плантации поступало до 124 т взвеси в год, а на донных участках площадью не менее 8 га были установлены искусственные рифы. Следовательно, необходимо повысить физическую и продукционную емкость участка для пастбищного культивирования трепанга. Конструкция искусственных рифов должна включать достаточные кормовые площади для трепанга и укрытия, необходимые этому виду в период всего жизненного цикла. В первые два года жизни наличие укрытий — обязательное условие для сохранения высоких значений выживаемости в период промежуточного подращивания молоди.

Товарное производство трепанга в зал. Петра Великого предполагается организовывать на основе заводского получения молоди. Мы попытались оценить товарную продукцию трепанга, полученную в результате пастбищного выращивания молоди, произведенной одним заводом. Для этого была рассчитана продукция модельной плантации трепанга за 10 лет, в том случае если на ее площади ежегодно проводится расселение заводских сеголетов трепанга в количестве 5 млн экз. — принятая в руководствах средняя мощность завода по производству молоди трепанга (Liu et al., 2004) (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Продукция и площади модельной плантации трепанга

Год работы плантации	Площадь садковой установки сеголеток, га	Площадь донных плантаций, га*	Общая численность трепанга, тыс. экз.	Численность товарных животных, тыс. экз.	Биомасса товарного трепанга, т
1	0,5	0	5000	–	–
2	0,5	3,5/6,3	6750	–	–
3	0,5	11,5/20,7	8237	–	–
4	0,5	35,5/63,9	9560	–	–
5	0,5	57,5/103,5	10751	1191	119
6	0,5	57,5/103,5	10751	1191	119
7	0,5	57,5/103,5	10751	1191	119
8	0,5	57,5/103,5	10751	1191	119
9	0,5	57,5/103,5	10751	1191	119
10	0,5	57,5/103,5	10751	1191	119

* Площадь проективного покрытия дна/полезная площадь субстрата.

В первый год применяется промежуточное подращивание сеголеток в садках, для этого на донных плантациях устанавливаются дополнительные конструкции. Расчеты численности поколений трепанга 2, 3, 4 годов велись с учетом полученных коэффициентов выживаемости заводских сеголеток. Выращивание происходит полных четыре года, а урожай с плантации получают в начале пятого года.

За десять лет товарная продукция такой плантации составит более 714 т и будет создано поселение с высокой численностью трепанга. Начиная с четвертого года выращивания, биомасса скопления перед снятием урожая составит $240 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$, после изъятия трепанга — $124 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$. Таким образом, трофические потребности трепанга будут удовлетворяться при дополнительных источниках поставки взвешенного вещества.

Для получения в зал. Петра Великого товарной продукции трепанга ежегодно в объеме, сопоставимом с максимальным допустимым уловом (1000 т), необходима продукция 8 заводов со средней мощностью производства до 5 млн экз. молоди трепанга в год, всего ~40 млн экз.

Трансформация органического вещества детрита трепангом

Органическое вещество детрита, усвоенное трепангом, расходуется в процессе соматического и генеративного роста. Мы попытались соотнести количество органического вещества, которое

потребуется этим видом, с энергетическим эквивалентом массы его кожно-мышечного мешка. Для этого рассматривалась трансформация органического вещества на модельной плантации, на которой расселен 1 млн сеголеток трепанга и за четыре года получено 260 тыс. промысловых особей (~25 т). Количество органического углерода, извлекаемого таким поселением трепанга из детрита, составит от 6 до 80 т в год. Для продуцирования биомассы трепанга ~25 т за четыре года должно вовлекаться в оборот до 166,0 т, а усваиваться — 70 %, или 116,2 т органического углерода. Беспозвоночные расходуют 40 % ассимилированной энергии пищи на процессы роста (пластический обмен), а 60 % рассеивают при энергетическом обмене (Алимов, 1989). Таким образом, на пластический обмен расходуется до 46,48 т органического вещества.

Калорийность кожно-мышечного мешка трепанга составляет 3,13 (бихроматное окисление) или 3,02 (прямая калориметрия) ккал · г⁻¹ сухого вещества (Брегман, 1973). Близкие значения (1,7–3,8 ккал · г⁻¹ сухого вещества) приводятся в работах Т.Н. Слущкой (1967, 1971). Если выполнить пересчеты с учетом выхода сухого продукта — 8,6 % (Слущкая, 1972), при этом соотношение 1 мгС = 10,08 кал, то получим, что в 25 т продукции трепанга содержится 0,7 т органического углерода. Таким образом, в биомассе кожно-мышечного мешка трепанга аккумулируется только 1,4 % ассимилированного органического вещества.

Калорийность кожно-мышечного мешка трепанга может быть определена и по его химическому составу с использованием эмпирической формулы (Алимов, 1989):

$$Y = 0,238 p + 0,172 c + 0,397 l,$$

где Y — калорийность, кДж · г⁻¹; p , c , l — содержание белков, углеводов, жиров, %.

Среднее содержание белков, углеводов и жиров в кожно-мышечном мешке трепанга составляет соответственно 36,10, 2,65, 2,75 % (Кизеветтер, 1962). Тогда калорийность трепанга окажется равной 10,14 кДж · г⁻¹ сухого вещества, а количество органического вещества в кожно-мышечном мешке — 0,505 т (при соотношении 44,77 Дж · мг⁻¹ · С), что составляет 1 % ассимилированного органического вещества. Таким образом, существует явное несоответствие между усвоенным и аккумулированным в мышечных тканях трепанга органическим веществом.

Несходимость энергетического баланса у иглокожих отмечалась и ранее в литературе (Холодов, 1981). Например, количество энергии, поступающее с пищей в организм морских ежей

Strongylocentrotus droebachiensis, в экспериментах на 66–72 % превышала сумму всех энергетических трат животного. Аналогичные данные при расчетах энергетического баланса были получены для пяти видов морских ежей, моллюска и ракообразного, дисбаланс у которых составлял свыше 50 % (Miller, Mann, 1973). Среди причин несходимости энергобаланса авторами был назван недоучет в эксперименте величины энергии, выносимой с экскретируемым РОВ. Кроме того, предполагалось, что у морских ежей наблюдались завышенные с точки зрения энергетических потребностей рационы, так как это необходимо для обеспечения азотного и фосфорного обмена, а лишние углеводы выделяются вместе с экскретируемым РОВ (Miller, Mann, 1973; Пропп, Рябушко, 1974; Пропп, 1977).

По-видимому, у трепанга большая часть ассимилированной энергии пищи расходуется на рост внутренних органов, которые могут эвисцерировать и обновляться каждый год, рост гонады и прирост массы отторгаемых продуктов — эквизии, слизи, метаболитов, а кроме того, удаляется вместе с выделяемым РОВ. Для выяснения причин такого перераспределения энергии пищи необходимы более детальные исследования.

Практика последних лет показала, что через 5–6 лет после создания донных плантаций концентрации трепанга на них увеличиваются и превышают средние плотности природных поселений в два-три раза и более. Общая физическая емкость залива для трепанга может быть увеличена в результате развития его культивирования, так как плантации для пастбищного выращивания могут быть размещены как внутри, так и за пределами трепангоносных фаций. Продукционная емкость марикультурных участков для трепанга увеличивается при поступлении взвеси с установок для культивирования двустворчатых моллюсков. Биоотложения служат дополнительным источником полноценного корма для трепанга на донных плантациях.

Выполненные оценки объемов поступления взвеси, полезных площадей субстратов позволили определить лишь некоторые условия формирования донных плантаций трепанга. Для уточнения данных о физической и продукционной емкости разных участков акватории залива и восточного побережья Приморья требуются дальнейшие исследования. Необходимы также экологические, экономические и другие исследования товарного производства трепанга для определения всех категорий приемной емкости зал. Петра Великого.

Заключение

Товарное выращивание дальневосточного трепанга в Приморье развивается уже несколько лет. За это время ежегодные объемы продукции возросли с 1,6 (в 2008 г.) до 23,5 т (2011 г.) и в сумме составили около 60 т. Легальная добыча трепанга в зал. Петра Великого осуществляется только на плантациях предприятий марикультуры. Рекомендованный ОДУ из природных поселений залива составляет 1 т и предназначен для проведения научно-исследовательских работ.

Большая часть товарной продукции трепанга получена в результате пастбищного выращивания заводской молоди, численность которой за эти годы превысила 10 млн экз. Несмотря на то что пока не существует крупномасштабного товарного производства молоди на заводах, внедрение этой технологии уже позволило апробировать полноциклическое получение товарного трепанга по схеме: производство заводской молоди — ее пастбищное выращивание — добыча товарной продукции — реализация.

Первый опыт заводского выращивания молоди трепанга выявил его основные проблемы, в частности отсутствие эффективных методик противоэпидемиологических мероприятий и разработок по диагностике болезней трепанга на разных стадиях развития, эффективных кормов для молоди. Без исследовательских работ в этих направлениях вряд ли возможно увеличение объемов получения молоди трепанга на заводах.

Культивирование трепанга должно сыграть основную роль не только в наращивании объемов товарной продукции, но и в восстановлении численности популяции зал. Петра Великого. Сохранить обилие вида в этой части его ареала позволит соблюдение в дальнейшем консервативной охранной меры при проведении промысла, в соответствии с которой изымается не более 6,5 % промысловой биомассы. При этом добыча трепанга в заливе может достигать 600–900 т в год.

Товарную продукцию трепанга в таком объеме (до 1000 т) можно получать за счет искусственного разведения, если будет производиться до 40 млн экз. молоди трепанга в год на заводах или коллекторных установках (~800 га при современном уровне естественного воспроизводства). Оба вида производства подвержены значительным рискам, оценка которых пока еще не проводилась, и в совре-

менных условиях более предпочтительно применение разных техник разведения.

При планировании работ по марикультуре существующие риски оцениваются как для такого рода хозяйственной деятельности, так и для экосистемы, где она будет осуществляться (Reantaso et al., 2006). В заливе на плантациях уже выращивают молодь трепанга, полученную на заводах. Следовательно, существует риск развития эпизоотий из-за переноса возбудителей с культивируемыми особями в природные системы, скученности и высоких плотностей посадки при выращивании молоди трепанга. Следовательно, можно ожидать появление в популяциях особей с ослабленным иммунитетом в результате скрещивания их с животными, полученными на заводах.

Приемная емкость аквакультурной зоны зал. Петра Великого позволяет обеспечить широкомасштабное товарное производство моллюсков и трепанга. Развитие товарного выращивания трепанга в районах, совпадающих или сопредельных с плантациями двустворчатых моллюсков в толще воды, — это опыт по созданию бикультурных хозяйств. Утилизация взвешенного органического вещества, поступающего с биоотложениями моллюсков, снижает риск органического загрязнения в этих районах. В то же время дополнительные источники поступления ВОВ позволяют создавать плантации трепанга с плотностями, в несколько раз превышающими таковые в природных поселениях.

Оценка приемной емкости залива для трепанга помогает ориентироваться в определении верхних пределов его культивирования с биологической точки зрения. Однако для дальнейшего развития этого производства необходимы и расчеты экономических показателей, определяющие его эффективность. В данном случае это обязательное условие, так как товарное выращивание трепанга за счет заводского получения молоди — одно из наиболее затратных производств, окупаемость которого происходит только через несколько лет. Результаты исследований приемной емкости залива для разных групп организмов могут быть полезны при разработке программ рационального управления прибрежной зоной.

Список литературы

А.с. № 794791, МКЛ³АОИК 61/00. Способ культивирования трепанга / Н.Д. Мокрецова, И.В. Проскуренко, Г.М. Рубан. Заявлено 25.06.79; Опубл. 8.09.80.

Аксютина З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях : монография. — М. : Пищ. пром-сть, 1968. — 228 с.

Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию : монография. — Л. : Гидрометиздат, 1989. — 146 с.

Аникеев В.В., Боцул А.И., Дударев О.В. и др. Распределение, фракционирование и потоки редкоземельных элементов в системе взвесь—донные отложения эстуариев рек Меконг, Сайгон — Южно-Китайское море // Геохимия. — 2001. — № 9. — С. 986–996.

Бек Т.А. Трофическая структура прибрежного сообщества Белого моря // Биологические ресурсы Белого моря : Тр. Беломор. биол. ст. МГУ. — М. : МГУ, 1990. — С. 55–69.

Беленёва И.А., Жукова Н.В. Сезонная динамика численности и биоразнообразия морских гетеротрофных бактерий, населяющих беспозвоночные животные и воду залива Петра Великого, Японское море // Микробиология. — 2009. — Т. 78, № 3. — С. 414–420.

Бирюлина М.Г. Запасы трепанга в заливе Петра Великого // Вопросы гидробиологии некоторых районов Тихого океана. — Владивосток, 1972. — С. 22–32.

Бирюлина М.Г., Мокрецова Н.Д., Жембровский С.Ю. Особенности сезонного распределения кукумарии японской *Cucumaria japonica* Semper в Уссурийском заливе (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 284–287.

Брегман Ю.Э. Биоэнергетика трофической цепи «моллюск-фильтратор — голотурия-детритофаг» в условиях бикультуры // Изв. ТИНРО. — 1994. — Т. 113. — С. 5–12.

Брегман Ю.Э. Взаимосвязь роста и энергетического обмена у некоторых донных беспозвоночных залива Посёта (Японское море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1973. — 33 с.

Брегман Ю.Э. Рост трепанга (*Stichopus japonicus*) в заливе Петра Великого // Зоол. журн. — 1971. — Т. 50, вып. 6. — С. 839–845.

Бубнова Н.П. Рацион и усвояемость пищи детритоядными моллюском *Portlandia arctica* // Океанол. — 1971. — Т. 11, вып. 2. — С. 302–305.

Бурковский И.В. Морская биоценология. Организация сообществ и экосистем : монография. — М. : Т-во науч. изданий КМК, 2006. — 285 с.

Временная инструкция по биотехнологии заводского способа получения и выращивания личинок трепанга до стадии оседания / Н.Д. Мокрецова, Г.С. Гаврилова, С.Ф. Авраменко. — Владивосток : ТИНРО, 1988. — 47 с.

Временная инструкция по биотехнологии заводского способа получения и выращивания молоди дальневосточного трепанга. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2003. — 49 с. (Архив ТИНРО.)

Вышкварцев Д.И. Особенности продукционных процессов в мелководных бухтах залива Посъета (Японское море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1979. — 21 с.

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

Вышкварцев 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.

Гаврилова Г.С. Абиотические факторы среды и трофические потребности дальневосточного трепанга при разведении в искусственных условиях : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М. : ИО АН СССР, 1987. — 19 с.

Гаврилова Г.С. Усвояемость пищи дальневосточным трепангом // Рыб. хоз-во. — 1994. — № 1. — С. 39–41.

Гаврилова Г.С., Гостюхина О.Б., Захарова Е.А. Заводское культивирование дальневосточного трепанга в Приморье: первый опыт // Рыб. хоз-во. — 2005а. — № 3. — С. 47–49.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Ляшенко С.А. Современное состояние культивирования гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в Приморье // Изв. ТИНРО. — 2005б. — Т. 140. — С. 376–382.

Гаврилова Г.С., Захарова Е.А., Шатковская О.В. Выживаемость заводских сеголеток дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в бухте Северной (залив Петра Великого) // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 162. — С. 355–361.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В. Продуктивность плантаций двустворчатых моллюсков в Приморье : монография. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — 112 с.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В. Товарное выращивание дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в заливе Петра Великого: методические особенности, результаты работы хозяйства мариккультуры в бухте Суходол // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 162. — С. 342–355.

Гаврилова Г.С., Сухин И.Ю. Характеристика скоплений трепанга *Apostichopus japonicus* в Японском море (бухта Киевка) // Океанол. — 2011. — Т. 51, № 3. — С. 477–484.

Дубровский С.В., Вышкварцев Д.И. Распределение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (*Aspidochirotida*, *Stichopodidae*) у острова Кунашир, южные Курилы // Тр. СахНИРО. — 2002. — Т. 4. — С. 236–244.

Дубровский С.В., Сергеенко В.А. Особенности распределения дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в лагуне Буссе (южный Сахалин) // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 2. — С. 102–106.

Дударев О.В. Пространственно-временная изменчивость характеристик взвеси в приустьевых зонах рек различных климатических обстановок // Современное осадконакопление в окраинных морях (статистические модели). — Владивосток : Дальнаука, 1997. — С. 45–89.

Дударев О.В., Боцул А.И., Савельева Н.И. и др. Масштабы изменчивости литолого-биогеохимических процессов в эстуарии реки Раздольная (Японское море): потоки терригенного материала и формирование донных осадков // Состояние морских экосистем, находящихся под влиянием речного стока. — Владивосток : Дальнаука, 2005. — С. 7–41.

Дударев О.В., Боцул А.И., Чаркин А.Н. и др. Современная геологическая обстановка зал. Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 132–140.

Евсеев Г.А. Происхождение залива Восток Японского моря и история его фауны двустворчатых моллюсков // Биологические исследования залива Восток. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1976. — С. 23–62.

Жильцова Л.В., Дзизюров В.Д., Кулепанов В.Н. Распределение моллюды дальневосточного трепанга на полях анфельдии в зал. Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 321–326.

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

Изучение биологии, характеристика, распределение, оценка состояния запасов моллюсков и иглокожих и рекомендации к промыслу : отчет о НИР / ТИНРО. № 18863. — Владивосток, 1983.

Карневич А.Ф. Потенциальные свойства гидробионтов и их реализация в аквакультуре // Биологические основы мариккультуры. — М. : ВНИРО, 1998. — С. 78–100.

Карневич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов : монография. — М. : Пищ. пром-сть, 1975. — 432 с.

Кафанов А.И., Лысенко В.Н. О трофических ресурсах сообщества зоостеры залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 1988. — № 6. — С. 24–30.

Кизеветтер И.В. Лов и обработка промысловых беспозвоночных дальневосточных морей : монография. — Владивосток : Примор. кн. изд-во, 1962. — 224 с.

Кучерявенко А.В. Органическое вещество в мелководных бухтах залива Посыета : монография. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 86 с.

Лавин П.И., Чернышев В.Д. Расчеты скорости фотосинтеза морской промысловой водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* // Оперативные информационные материалы. — Иркутск, 1977. — С. 28–29.

Лебедев А.М. Ресурсы дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в Приморском крае : монография. — Владивосток : Дальнаука, 2006. — 140 с.

Левин В.С. Дальневосточный трепанг : монография. — Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1982. — 191 с.

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

Левин В.С. Обнаружение дальневосточного трепанга на литорали и некоторые особенности его экологии // Биол. моря. — 1979. — № 3. — С. 90–91.

Левин В.С. Питание мелководных голотуррий и его влияние на донные осадки : монография. — СПб. : Политехника, 1999. — 254 с.

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

Лучин В.А., Тихомирова Е.А. Межгодовая изменчивость температуры воды в заливе Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 163. — С. 338–348.

Мануйлов В.А. Подводные ландшафты залива Петра Великого : монография. — Владивосток : ДВГУ, 1990. — 168 с.

Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене : монография. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1983. — 128 с.

Масленников С. О трепанговом промысле в водах Уссурийского залива // Записки общества изучения Амурского края. — 1894. — Т. 4. — С. 1–13.

Материалы и рекомендации по биотехнологии культивирования приморского гребешка, тихоокеанской устрицы, съедобной мидии и трепанга : отчет о НИР (промежуточный) / ТИНРО. № 18477. — Владивосток, 1982.

Методические рекомендации и уточненные бионормативные данные биотехнологии заводского способа получения молоди дальневосточного трепанга для открытых районов побережья Приморья на примере бухты Киевка / Г.С. Гаврилова, И.Ю. Сухин, Е.А. Захарова, О.Б. Гостюхина. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — 17 с.

Мокрецова Н.Д. Культивирование трепанга // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. — М. : Агропромиздат, 1987. — С. 116–135.

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

Мокрецова Н.Д., Сухин И.Ю., Удалов А.Н., Картукова Ю.А. Получение и выращивание молоди дальневосточного трепанга в условиях НПЦМ «Заповедное» (Японское море, бухта Киевка) // Современное состояние водных биоресурсов : мат-лы науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — С. 755–758.

Некоторые черты экологии и состояние запасов гребешка, мидии, трепанга, морских ежей у берегов Приморья и брюхоногих моллюсков в дальневосточных морях : отчет о НИР / ТИНРО. № 18061. — Владивосток, 1981.

Одум Ю. Экология : монография. — М. : Мир, 1986. — 376 с.

Особенности распределения и состояния запасов промысловых моллюсков и иглокожих в Приморье в 1977 г. : отчет о НИР / ТИНРО. № 15635. — Владивосток, 1977.

Печень-Финенко Г.А. Усвояемость пищи у планктонных ракообразных // Общие основы изучения водных экосистем. — Л. : Наука, 1979. — С. 78–89.

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

Прогноз возможного вылова промысловых гидробионтов на дальневосточном бассейне России в 2008 г. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008.

Пропп М.В. Экология морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* Баренцева моря: метаболизм и регуляция численности // Биол. моря. — 1977. — Вып. 1. — С. 39–51.

Пропп М.В., Рябушко В.И. Энергетический обмен массовых видов донных сообществ сублиторали Баренцева моря // Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана : тез. докл. науч. конф. — Л. : Наука, 1974. — С. 130–132.

Пространственное распределение, численность, размерно-возрастной состав поселений дальневосточного трепанга в б. Северной зал. Славянского : отчет по договору / исп. А.М. Лебедев, В.В. Жариков / ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз». № 72. № ГР 01200808152. — Владивосток, 2008.

Разведение дальневосточного трепанга / под ред. Суй Сулия. — Пекин : Сельское хозяйство, 1990. — 281 с. (Кит. яз.)

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

Рейсовый отчет по исследованию ресурсов промысловых и массовых видов беспозвоночных в прибрежной зоне северного Приморья и залива Петра Великого на НИС «Убежденный» в 2009 г. : отчет о НИР / ТИНРО-центр. № 26657. — Владивосток, 2009.

Рейсовый отчет по составу и состоянию скоплений донных беспозвоночных и водорослей в подзоне Приморья на НИС «Убежденный» в 2006 г. : отчет о НИР / ТИНРО-центр. № 25783. — Владивосток, 2006.

Рекомендации по определению биохимического состава различных форм органического вещества в морских водах / под ред. А.И. Агатовой. — М. : ВНИРО, 1983. — 36 с.

Седова Л.Г., Кошкарева Л.Н. Зависимость скорости фильтрации и питания от массы тела у мидии съедобной *Mutilus edulis* // Тез. докл. 3-й Всесоюз. конф. по морской биологии. — Киев, 1988. — С. 64.

Селин Н.И. Вертикальное распределение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. — 2001. — Т. 27, № 4. — С. 297–299.

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.

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В. и др. Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах залива Посъет (Японское море) // Биоценозы залива Посъет (Японское море). — Л.: Наука, 1967. — С. 5–61.

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е.Н. Водолазный метод гидробиологических исследований // Океанол. — 1964. — Т. 4. — С. 707–719.

Слуцкая Т.Н. Некоторые данные по химическому составу нерыбных объектов // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 61. — С. 341–343.

Слуцкая Т.Н. О химическом составе и строении мяса беспозвоночных // Изв. ТИНРО. — 1971. — Т. 75. — С. 204–208.

Слуцкая Т.Н. Сравнительная характеристика сушеных трепанга и кукумарии // Исследования по технологии рыбных продуктов. — Владивосток: ТИНРО, 1972. — Вып. 3. — С. 139–146.

Состояние морских экосистем, находящихся под влиянием речного стока: сб. статей. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 261 с.

Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье / А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. — 83 с.

Технология разведения трепанга и морского ежа: монография. — Циндао: Изд-во Морского Университета, 2001. — 157 с. (Пер. с кит. яз.)

Трепанг и морской еж. Биология, исследование и разведение: монография. — Далянь, 2003. (Пер. с кит. яз.)

Холодов В.И. Трансформация органического вещества морскими ежами (Regularia): монография. — Киев: Наук. думка, 1981. — 160 с.

Цихон-Луканина Е.А. Усвояемость пищи у донных моллюсков // Океанол. — 1982. — Т. 22, № 5. — С. 833–838.

Чжан Фын-ин, У Боо-линь. Предварительные данные по искусственному разведению и выращиванию *Stichopus japonicus* Selenka // Зоол. Китая. — 1958. — Т. 2. — С. 65–73. (Кит. яз.)

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России: монография. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.

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

Akamine J. The status of the sea cucumber fisheries and trade in Japan: past and present // Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463, ses. 1. — P. 39–47.

Bondad-Reantaso M.G., Subasinghe R.P., Arthur J.R. et al. Disease and management in Asian aquaculture // *Vet. Parasitol.* — 2005. — Vol. 132. — P. 249–272.

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.* — 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.

Chang Yaqing, Yu Changqing, Songxin. Pond culture of sea cucumbers, *Apostichopus japonicus*, in Dalian // *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management.* — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463, ses. 3. — P. 269–272.

Chen J. Present status and prospects of sea cucumber industry in China // *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management.* — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463, ses. 1. — P. 25–38.

Choe S. Biology of the Japanese common sea cucumber *Stichopus japonicus* Selenka. — Tokyo : Kaibundo, 1963. — 226 p.

Conand C. Harvest and trade: utilization of sea cucumber; sea cucumber fisheries trade; current international trade, illegal, unreported and unregulated trade; bycatch, socio-economic characteristics of the trade in sea cucumbers // *The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumber in the families Holothuridae and Stichopodidae : NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring, MD.* — 2005.

Conand C. Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview // *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management.* — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463. — P. 13–24.

Gosselin L.A., Qian P-Y. Juvenile mortality in benthic marine invertebrates // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* — 1997. — Vol. 146. — P. 265–282.

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. — M.R.M., Simon Fraser University (Canada), 2005. — 81 p.

Lawrence J. A functional biology of echinoderms. — Baltimore : John Hopkins Univ. Press, 1987. — 340 p.

Liu X., Zhu G., Zhao Q. et al. Study on hatchery techniques of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* // *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management.* — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463. — P. 287–295.

McKindsey C.W., Thetmeyer H., Landry T., Silvert W. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management // *Aquaculture.* — 2006. — № 261. — P. 451–462.

Miller R.J., Mann K.H. Ecological energetic of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. III. Energy transformations by sea urchins // *Mar. Biol.* — 1973. — Vol. 18, № 2. — P. 99–114.

Newell R.I.E. A framework for developing “ecological carrying capacity” mathematical models for bivalve mollusk aquaculture // *Bull. Fish. Res. Agency.* — 2007. — № 19. — P. 41–52.

Purcell S., Eeckhaut I. An external check for disease and health of hatchery-produced sea cucumbers // *SPC Beche-de-mer information Bull.* — 2005. — Vol. 22. — P. 34–38.

Radiarta I.-N., Saitoh S.-I., Miyazono A. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan // *Aquaculture.* — 2008. — Vol. 282. — P. 127–135.

Rawson M., Chen Ch., Wang D. et al. Ecosystem-based management and model in sustainable management of coastal aquaculture // *Bull. Fish. Res. Agency.* — 2007. — № 19. — P. 97–111.

Reantaso M.B., Subasinghe R.P., Anrooy R.V. Application of risk analysis in aquaculture // *FAO Aquaculture Newsletter.* — 2006. — № 35. — P. 20–26.

Richards A.H., Bell L.J., Bell J.D. Inshore fisheries resources of Solomon Islands // *Mar. Poll. Bull.* — 1994. — № 29. — P. 90–98.

Silva C., Ferreira J.G., Bricker S.B. et al. Site selection for shellfish aquaculture by means of GIS and farm-scale models, with an emphasis on data-poor environments // *Aquaculture.* — 2011. — № 318. — P. 444–457.

Slater M.J., Carton A.G. Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition // *Mar. Poll. Bull.* — 2009. — Vol. 58. — P. 1123–1126.

Sui X.L. Study of reproductive rhythm of *Apostichopus japonicus* // *Journ. of Fish. of China.* — 1985. — № 9. — P. 303–310.

Sui Xilin. The progress and prospects of studies on artificial propagation and culture of the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* // *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management.* — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463, ses. 3. — P. 273–276.

Tanaka Y. Feeding and digestive processes of *Stichopus japonicus* // *Bull. Fac. Fish. Hokk. Univ.* — 1958. — Vol. 9. — P. 14–28.

Terekhova V.E. Effect of the prophylactic antibacterial treatment on the intestinal microflora of cultivated sea cucumber *Apostichopus japonicus* // *PICES 18 Annual Meeting.* — Jeju, Republic of Korea, 2009.

Terekhova V.E., Bel'kova N.L. Struggle against skin ulceration disease of cultivated sea cucumber *Apostichopus japonicus* juveniles // *PICES Seventeenth Annual Meeting.* — Dalian, China, 2008.

The Proceeding of the Technical workshop on the conservation of sea cucumber in the families Holothurioidae and Stichopodidae : NOAA Technical Memorandum NMFSOPR 44, Silver Spring, MD. — 2005. — 239 p.

Thorson G. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic communities // *Neth. J. Sea res.* — 1966. — № 3. — P. 267–293.

Toral-Granda V. The biological and trade status of sea cucumbers in the families Holothurioidae and Stichopodidae : CITES, Discussion paper, AC 22 Doc. 16, 2006. — 29 p.

Tumbiolo M.L., Downing J.A. An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* — 1994. — Vol. 114. — P. 165–174.

Uthicke S. Overfishing of holothurians: lessons from the Great Barrier Reef // *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management.* — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463, ses. 1. — P. 163–171.

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

Wang Y., Zhang C., Rong X. et al. Diseases of cultured sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, in China // *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management.* — FAO, Rome, Fisheries Technical Paper. — 2004. — № 463. — P. 297–310.

Wolkenhauer S-M, Uthicke S., Burrige C. et al. The ecological role of *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) within subtropical seagrass beds // *J. Mar. Biol. Ass. of the United Kingdom.* — 2009. — Vol. 90(2). — P. 215–223.

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.

Yang Y.F., Li C.H., Nie X.P. et al. Development of mariculture and its impacts in Chinese coastal waters // *Reviews in Fish Biology and Fisheries.* — 2004. — № 14. — P. 1–10.

Zhang F.Y. Edible Sea cucumber in Xisha Archipelago // *Biol. Bull.* — 1954. — № 6. — P. 21–22.

Zhang F.Y. The preliminary report of aquaculture and sea ranching of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) // *J. Zool.* — 1958. — Vol. 2(2). — P. 65–73.

Zhang Q.L., Liu Y.H. The techniques of sea cucumber culture and its enhancement. — Qingdao : Qingdao Ocean University Publishing House, 1998. — 157 p.

Zhou Y., Yang H.S., Liu S.L. et al. Feeding and growth on bivalve biodeposits by the deposit feeder *Stichopus japonicus Selenka* (Echinodermata, Holothuroidea) co-cultured in lantern nets // *Aquaculture.* — 2006. — № 256(1–4). — P. 510–520.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Характеристика поселений дальневосточного трепанга в разных частях ареала	8
1.1. Характеристика поселений трепанга зал. Петра Великого	8
1.2. Некоторые данные о численности и промысле дальневосточного трепанга в других частях ареала	18
Глава 2. Пополнение популяции трепанга зал. Петра Великого в 2000–2010 гг. в результате коллекторного сбора и заводского разведения молоди	25
2.1. Получение молоди трепанга коллекторным способом	25
2.1.1. Основные этапы коллекторного способа сбора молоди трепанга	25
2.1.2. Эффективность коллекторного сбора молоди трепанга в зал. Петра Великого в разные годы	27
2.2. Получение молоди трепанга заводским способом	38
2.2.1. Основные результаты применения заводского способа	38
2.2.2. Некоторые аспекты технологии заводского получения молоди трепанга за пределами зал. Петра Великого	42
Глава 3. Товарное выращивание и продукция дальневосточного трепанга на плантациях	57
3.1. Результаты товарного выращивания трепанга в бухтах Суходол и Северная	59
3.2. Расчет коэффициентов изъятия товарной продукции трепанга	67
3.3. Современные величины продукции трепанга на плантациях	70
Глава 4. Приемная емкость зал. Петра Великого для культивирования дальневосточного трепанга	79
4.1. Категории емкости среды. Оценка численности популяции дальневосточного трепанга с учетом приемной емкости залива	79
4.2. Формирование трофической базы трепанга. Объемы взвеси, поступающей в зал. Петра Великого	85
4.3. Количественные оценки потребления корма дальневосточным трепангом	88
4.4. Трансформация органического вещества детрита на плантациях марикультуры	93
Заключение	103
Список литературы	106

Научное издание

Гаврилова Галина Сергеевна

**ТОВАРНОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА**

Монография

Редактор А.А. Федченко
Корректор К.В. Руденко
Верстка Н.С. Самойловой

Подписано в печать 26.12.2013 г. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 6,2.
Тираж 300 экз. Заказ № 14.

Типография ФГУП «ТИНРО-центр»
г. Владивосток, ул. Западная, 10