

АКВАКУЛЬТУРА
AQUACULTURE

Научная статья

УДК 639.55

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-444-464

EDN: JUTHTK

УСТАНОВКА И СПОСОБ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS*
(SELENKA, 1867)

С.М. Долганов, В.Г. Рогачев, В.А. Медведев*

Сиборн ДВ, 690014, г. Владивосток, ул. Некрасовская, д. 48а, оф. 4

Аннотация. Впервые разработаны и успешно прошли испытания на практике инновационные индустриальные установка и способ, позволяющие выращивать дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* от малька до товарных размеров на рыбоводных участках с незащищенными акваториями и неблагоприятными для обитания трепангов донными ландшафтами. Испытания проводились с осени 2018 г. до конца ноября 2023 г. Установка состояла из 5 донных вольеров 20 x 20 x 1 м (каждый занимал на дне рыбоводного участка площадь 400 м², суммарно 2000 м²). За первые два года в вольерах сохранилось (выжило) 20,5 % от начального количества расселенной заводской молоди. В дальнейшем плотность трепангов в вольерах установки изменялась незначительно и до окончания эксперимента составляла в среднем 2,7 экз./м². За последние три года выращивания трепанги прибавляли в среднем по 2,6 г в месяц, прирост массы тела зимой был в 3–4 раза меньше, чем летом. К концу эксперимента биомасса трепангов в вольерах установки составила 364,4 г/м² при средней массе тела особи 143,9 г. Естественное ежегодное пополнение трепангов в вольерах за счет личинок из природного личиночного пула составило 6,9 %. Доля трепангов промыслового размера достигла 58,5 % по численности и 74,7 % по биомассе. Средняя масса тела трепангов промыслового размера (≥ 130 г) составила 183,6 г, их плотность в вольерах — 1,5 экз./м², биомасса — 272,2 г/м². В конце ноября 2023 г. из вольеров установки добыто 435 кг товарного трепанга.

Ключевые слова: марикультура, трепанг, *Apostichopus japonicus*, установка для культивирования трепангов, способ донного выращивания, донные вольеры в марикультуре

Для цитирования: Долганов С.М., Рогачев В.Г., Медведев В.А. Установка и способ культивирования дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 2. — С. 444–464. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-444-464. EDN: JUTHTK.

* Долганов Сергей Михайлович, кандидат биологических наук, заместитель генерального директора по науке, smdolganov@gmail.com, ORCID 0009-0000-7803-8154; Рогачев Вадим Геннадьевич, исполнительный директор, vadim2901@mail.ru, ORCID 0009-0007-4367-4282; Медведев Владимир Александрович, генеральный директор, medv@umans.ru, ORCID 0009-0007-9580-371X.

Original article

A plant and method of cultivation for sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867)

Sergey M. Dolganov*, Vadim G. Rogachev, Vladimir A. Medvedev*****

*—*** Seaborn DV, 48a, of. 4, Nekrasovskaya Str., Vladivostok, 690014, Russia

* Ph.D., deputy general director, smdolganov@gmail.com, ORCID 0009-0000-7803-8154

** executive director, vadim2901@mail.ru, ORCID 0009-0007-4367-4282

*** general director, medv@umans.ru, ORCID 0009-0007-9580-371X

Abstract. A plant and method of the sea cucumber cultivation have been developed and successfully tested. The technology allows to grow sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) from juveniles of the current year to adults of commercial size on grounds in unprotected water areas and bottom landscapes unfavorable for habitat of this species. The plant consisted of 5 open-type cages with the size 20x20x1 m mounted on the sea bottom and occupied the area of 400 m² each (2000 m² in total). The tests were carried out from the fall of 2018 to late November 2023. After the first two years, only 20.5 % of initial number of resettled factory juveniles had survived, then the number of sea cucumbers stabilized and their distribution density was on average 2.7 ind./m² (364.4 g/m²) by the end of the experiment. The stock in the cages was replenished annually by larvae from the natural larval pool that was estimated in 6.9 % per year. Monthly weight gains were on average 2.6 g in the last three years of cultivation, though sea cucumbers grew in 3–4 times slower in winter than in summer. The body weight of sea cucumbers by the end of the experiment was 143.9 g/ind., on average. After 5-year exposition, the portion of commercial-sized sea cucumbers (weight ≥ 130 grams) in the cages reached 58.5 % by number and 74.7 % by biomass; their average body weight was 183.6 g. The density of such sea cucumbers distribution in the bottom open-type cages of the plant was 1.5 ind./m² (272.2 g/m²), on average. Total yield of commercial-sized sea cucumbers harvested from the plant in late November 2023 was 435 kg.

Keywords: aquaculture, sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, sea cucumber cultivation, bottom cultivation, bottom open-type cage

For citation: Dolganov S.M., Rogachev V.G., Medvedev V.A. A plant and method of cultivation for sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 2, pp. 444–464. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-444-464. EDN: JUTHTK.

Введение

В Приморье дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* — самый привлекательный и валютноёмкий объект культивирования, который нуждается в искусственном воспроизводстве.

Несмотря на полный запрет лова трепанга, введенный в Приморье в 1978 г., его природные популяции в регионе находятся в депрессивном состоянии из-за браконьерства. Репродуктивная часть природных популяций трепанга беспрецедентно подорвана, естественное воспроизводство не обеспечивает восстановление их численности. Охранные меры малоэффективны. Даже Дальневосточный морской заповедник не может обеспечить заповедный режим акватории, заметно уступая браконьерам в техническом оснащении. Максимальные для заповедника локальные значения плотности поселений трепанга — 0,737 экз./м². Средняя многолетняя плотность его поселений — 0,023 экз./м² — сопоставима с характеристиками численности трепанга за пределами акватории заповедника и в 5–7 раз ниже плотности, при которой в Приморском крае в начале 1990-х гг. начался его незаконный промысел [Лысенко и др., 2018]. Самостоятельный выход приморской популяции дальневосточного трепанга из депрессивного состояния при сложившихся обстоятельствах — перспектива абсолютно нереальная [Лебедев, 2006]. Поэтому вопросы восстановления, сохранения и поддержания численности природных популяций дальневосточного трепанга являются в Приморье весьма актуальными.

Вывод приморской популяции трепанга из кризиса и перевод ее в режим эффективной и устойчивой эксплуатации А.М. Лебедев [2006] видит: а) в создании ко времени начала нереста небольших, но достаточно плотных скоплений этих животных, облегчающих эффективное оплодотворение; б) установке в море коллекторов для осаждения личинок; в) постройке на дне искусственных рифов, обеспечивающих надежные укрытия и питание для молоди и взрослых животных. Данное мнение поддерживает и рыбохозяйственная наука, но акцент в восстановлении популяции трепанга делает на заводском разведении [Мокрецова, Викторовская, 2015; Гаврилова, 2020].

За прошедшие со времени публикации академического научного труда А.М. Лебедева [2006] годы ученым ТИНРО удалось внедрить в производство разработанную на базе НПЦМ «Заповедное» технологию искусственного нереста и получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях [Инструкция..., 2012]. Но, несмотря на отчеты рыбоводных хозяйств и краевых властей о выпуске в естественную среду обитания десятков миллионов мальков трепанга заводского происхождения, никакого прорывного увеличения численности трепангов в истощенных браконьерским промыслом природных популяциях или увеличения производства товарного трепанга в марикультуре не наблюдается.

Общий допустимый улов (ОДУ) для трепанга в подзоне Приморье вот уже много лет определен на уровне 1,0 т и предназначен исключительно для научных и контрольных целей. Следовательно, на рынок из Приморья на законных основаниях может поступать только трепанг, произведенный в марикультуре. По состоянию на 1 января 2023 г. в Приморском крае сформировано и предоставлено в пользование 114 предприятиям 329 рыбоводных участков общей площадью 80,2 тыс. га. Из них 310 рыбоводных участков общей площадью 79 тыс. га — для осуществления морской аквакультуры. На этом резервы свободных и пригодных для деятельности в сфере аквакультуры акваторий в Приморском крае практически исчерпаны. Развитие аквакультуры в Приморском крае может быть связано только с более эффективным использованием уже предоставленных акваторий*. В связи с этим актуальность разработки и применения инновационных методов, позволяющих увеличить производство товарного трепанга в марикультуре для удовлетворения все возрастающих потребностей рынка, не вызывает ни малейшего сомнения.

Благодаря разработкам ТИНРО [Инструкция..., 2012] приобрести мальков трепанга заводского происхождения стало в Приморье вполне реально, а вот в процесс дорастивания молоди трепанга до товарных размеров ни рыбохозяйственная, ни академическая науки ничего нового за последние три десятка лет не внесли. Единственная предложенная авторами из Дальрыбвтуза полезная модель «Садок для выращивания трепанга» [Пат. № 122844] была использована только в рамках незаконченного эксперимента для выращивания трепангов подвесным способом [Гаркавец, 2016, 2019], а в рыбоводных хозяйствах применения не нашла. Поэтому даже в крупных полносистемных хозяйствах марикультуры, где мальков трепанга собирают с коллекторов и (или) получают путем заводского разведения, подращивают в садках или бассейнах, молодь трепанга все равно расселяют на дно рыбоводных участков в природные водоемы для пастбищного дорастивания до товарных размеров. Дальневосточный трепанг в Приморье традиционно остается объектом пастбищной марикультуры.

Кроме того, что производство товарного трепанга методами пастбищной марикультуры имеет ряд правовых сложностей**, проблемой пастбищного выращивания

* Доклад о состоянии и развитии конкуренции на товарных рынках Приморского края по итогам 2022 года. Владивосток: Правительство Приморского края, 2023. С. 73–74. URL: <https://plan.fas.gov.ru/media/ckeditor/uploads/2023/06/07/2022.pdf>.

** Порядок предоставления отчетности об объеме выпуска в водные объекты и объеме изъятия из водных объектов объектов аквакультуры / утвержден приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 06.10.2021 № 691. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111290080>.

трепанга является отсутствие на большей площади дна рыбоводных участков (РВУ) благоприятных для обитания трепанга донных ландшафтов, так называемых «трепангоносных фаций» [Лебедев, 2006], что значительно снижает их приемную емкость. На практике большая часть донной поверхности РВУ занята подводными ландшафтами, неблагоприятными для обитания трепанга, — пески, илы. На таких неплодородных участках либо пастбищное выращивание трепанга невозможно вообще, либо сбор урожая с них крайне низкий. Создание искусственных рифов из камней или бетонных конструкций по китайским технологиям [Технология разведения..., 2001*; The Sea Cucumber..., 2015] для владельцев РВУ нерентабельно из-за чрезмерно высокой стоимости как самих подводных сооружений, так и спецтехники, которую необходимо применять для их монтажа на РВУ. «Экологичность» искусственных рифов из камней и бетонных конструкций, а особенно созданных донным взрывом, тоже очень сомнительна, поскольку они кардинально и необратимо меняют подводные ландшафты на РВУ и вряд ли их создание получит положительное заключение экологической экспертизы. Весьма привлекательным выглядит создание искусственных рифов из сетных мешков, заполненных раковинами устриц [The Sea Cucumber..., 2015], но в настоящее время достаточное количество раковин устриц для их создания в рыбоводных хозяйствах Приморья отсутствует.

Применение в производственном процессе рыбоводных хозяйств инновационных индустриальных методов и установок выращивания дальневосточного трепанга от малька до товарных размеров в совокупности с получением молоди трепанга в заводских условиях замкнуло бы цикл культивирования трепанга и сделало технологию производства его товарной продукции полностью индустриальной. Это позволило бы перевести дальневосточного трепанга из объектов пастбищной в объекты индустриальной аквакультуры, что в свою очередь устранил ряд проблем правового характера, связанных с административными и организационными трудностями при расселении его молоди и получении квот на добычу товарной продукции**, а главное даст возможность вовлечь в производственный процесс неблагоприятные для культивирования трепанга донные площади рыбоводных участков, которые составляют более 70 % площадей дна РВУ, и получать с них урожаи трепанга больше, чем с участков с благоприятными для обитания трепанга донными ландшафтами при пастбищной марикультуре.

Такие инновационные индустриальные установка [Пат. № 2730611] и способ [Пат. № 2689676], создающие небольшие, но достаточно плотные скопления трепангов, обеспечивающие успешный нерест, эффективное оплодотворение, сбор личинок, надежные укрытия и питание для молоди и взрослых особей, созданы и успешно прошли испытания. Разработчиком и патентообладателем данных изобретений является резидент Инновационного центра «Сколково» ООО «Сиборн ДВ».

Цель данной работы — показать результаты одной из попыток на экспериментальной основе найти пути решения существующих проблем производства товарного трепанга в марикультуре и восстановления численности трепангов в природных популяциях.

Материалы и методы

Осенью 2018 г. ООО «Сиборн ДВ» изготовило и разместило в бухте Баклан Хансанского района Приморского края (зал. Петра Великого, Японское море) на неблагоприятном для обитания трепангов обширном участке песчаного дна (по классификации И.С. Арзамасцева и Б.В. Преображенского [1990] — ареноид) на глубине 14 м установку для культивирования трепангов [Пат. № 2730611] (далее по тексту — установка), состоящую из пяти ($N = 5$) донных вольеров (рис. 1).

* Технология разведения трепанга и морского ежа : пер. с кит. яз. Циндао: Изд-во Морского университета, 2001. 157 с.

** Порядок предоставления отчетности..., 2021.

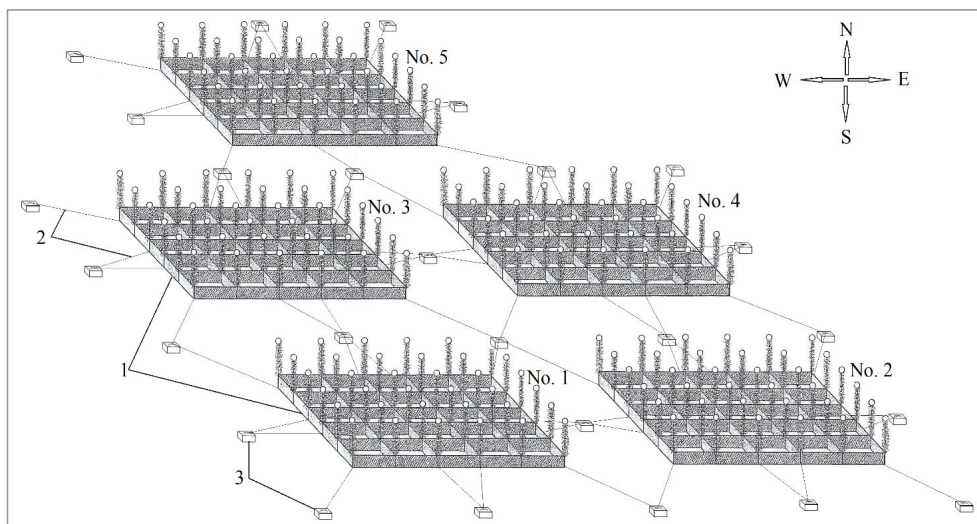


Рис. 1. Установка для культивирования трепангов: 1 — донные вольеры; 2 — наружные растяжки; 3 — донные якоря; No. 1–5 — номера вольеров

Fig. 1. Sea cucumbers cultivation plant: 1 — bottom open-type cages; 2 — outdoor extensions; 3 — bottom anchors; No. 1–5 — cage numbers

Каждый вольер (рис. 2) имеет размеры 20 x 20 x 1 м. Проекционная площадь вольера (площадь, которую вольер занимает на дне РВУ) составляет 400 м². Суммарная проекционная площадь всех вольеров установки — 2000 м². Основание (дно) вольера и его вертикальные стенки изготовлены из сетного полотна. Внутренние вертикальные стенки делят вольер на ячейки размером 4 x 4 x 1 м, всего 25 ячеек.

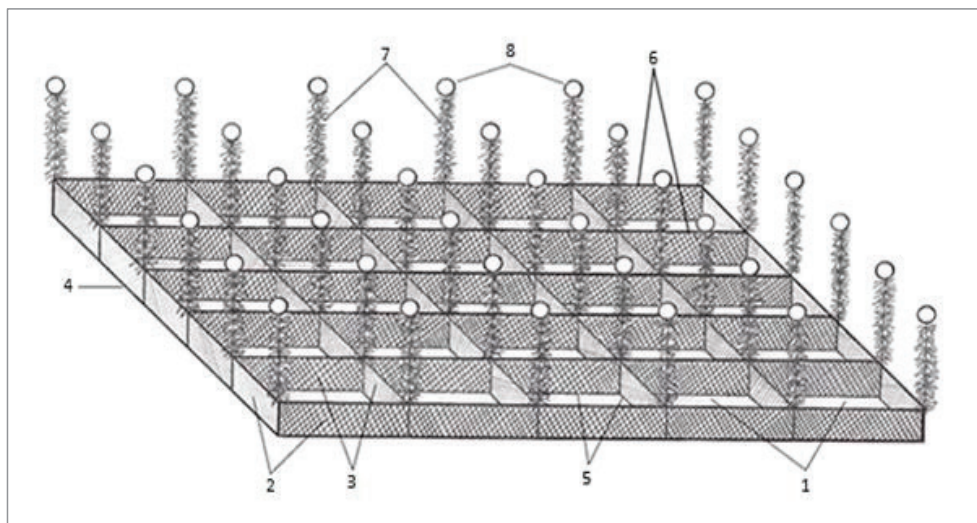


Рис. 2. Донный вольер: 1 — ячейки вольера; 2 — вертикальные стенки периметра вольера (h = 1,0 м); 3 — внутренние вертикальные стенки (h = 1,0 м); 4 — канат периметра дна вольера; 5 — канаты внутренних растяжек дна вольера; 6 — канат верхнего края вертикальных стенок; 7 — коллекторы для сбора личинок трепанга; 8 — наплава

Fig. 2. A bottom open-type cage: 1 — cells; 2 — vertical walls along perimeter (h = 1.0 m); 3 — internal vertical walls (h = 1.0 m); 4 — rope of the perimeter; 5 — ropes of internal extensions; 6 — rope of upper edge of the walls; 7 — collectors for the larvae collecting; 8 — surfacing

Предварительным водолазным обследованием площадки для размещения установки было определено, что природные поселения и единичные особи трепанга на

данном участке отсутствуют. В течение 1 мес. установка экспонировалась на дне РВУ. В конце осени установка была заселена заводскими сеголетками трепанга, выращенными в условиях трепангового цеха рыбоводного хозяйства. Всего в установку было расселено примерно 25 000 особей молоди трепанга общей массой 8,0 кг при средней массе тела одной особи 0,32 г — по 5 000 особей (1,6 кг) в каждый вольтер установки. Молодь трепанга в количестве 1000 шт. (навеска 320 г) помещалась в сетный мешок из синтетического материала (овощная сетка китайского производства), наполненный живой, промытой чистой морской водой анфельцией *Ahnfeltia tobuchiensis* из береговых выбросов. Водолазы доставляли мешки с анфельцией и молодь трепанга в центральные ячейки донного вольтера, где мешок пластиковым хомутом крепился к дну вольтера у вертикальной стенки и оставлялся в открытом состоянии, что обеспечивало свободный выход молоди трепанга из него. В каждый из вольтеров было размещено по 5 таких мешков.

В последующие пять лет выращивание расселенной в вольтеры заводской молоди трепанга осуществляли инновационным индустриальным способом [Пат. № 2689676].

Регулярные подводные наблюдения за численностью и ростом трепангов в установке и контроль за обитателями дна вокруг установки на удалении до 100 м велись с применением подводной фото- и видеосъемки.

Обслуживание установки заключалось в регулярном контроле за количеством и размерами наплавов, удерживающих стенки вольтеров в вертикальном положении, состоянием донных якорей и наружных растяжек, удалении из вольтеров крупных морских звезд и своевременном обновлении коллекторов для сбора личинок трепанга из планктона.

Коллекторы для сбора личинок трепанга из планктона [Пат. № 2730611] были модифицированы: для крепления нижнего конца каната коллектора к канату верхнего края вертикальных стенок вольтера была применена рыболовная леска диаметром 0,8 мм, длиной 1,0 м, что препятствовало заползанию морских звезд на коллектор. Впервые коллекторы на донные вольтеры были установлены в первой декаде июля 2022 г. и не на все ячейки вольтеров, как показано на рис. 2, а только по углам центральных ячеек — по 4 коллектора на вольтер, всего 20 коллекторов. В начале июля 2023 г. коллекторы были заменены на такие же, только новые.

По мере обрастания сетного полотна вертикальных стенок вольтеров к канатам их верхнего края крепились дополнительные наплава или наплава большего размера в количестве, достаточном для удержания стенок от провисания. Кроме этого, подтягивались ослабшие канаты наружных растяжек и регулярно удалялись из установки крупные морские звезды — амурские астерии *Asterias amurensis* и колкие дистоластерии *Distolasterias nipon*.

Подводные наблюдения, обслуживание установки и контроль за обитателями вольтеров и дна вокруг установки выполнялись силами одного водолаза-исследователя.

Контрольные отловы для определения количественных характеристик трепангов в вольтерах установки проводились два раза в год — весной и осенью — путем тотального отлова из одного из вольтеров установки всех обитающих в нем трепангов профессиональными водолазами-трепанголовами в легководолазном снаряжении. С целью не подвергать многократно стрессу одних и тех же трепангов контрольный отлов в разные годы старались проводить из разных вольтеров установки. После подсчета и взвешивания все трепанги возвращались в вольтер, из которого они были отловлены. Для определения массы тела трепангов использовались электронные весы SF-400 (точность 1 г, максимальная масса 5 000 г).

Все расчеты, таблицы и рисунки выполнены с использованием возможностей Word и Excel 2013. С момента заселения донных вольтеров установки молодь трепанга 27.11.2018 г. и до проведения контрольного отлова 14.11.2023 г. корм в установку не вносился, трепанги не вселялись и безвозвратно не изымались.

Результаты и их обсуждение

Весной 2019, 2020 и 2023 гг. контрольный отлов выполнить не удалось по причине большого количества водорослей (в основном анфельции *A. tobuchiensis*), полностью заполнивших ячейки вольеров и пространство между вольерами, что препятствовало работе водолазов. Только весной 2021 и 2022 гг. вольеры и пространство между ними были чисты от водорослей, что позволило выполнить полноценные весенние контрольные отловы.

Осенью в течение всех пяти лет наблюдений водоросли в установке отсутствовали и условия для проведения контрольных отловов были благоприятными. Тем не менее попытки провести контрольный отлов осенью 2019 г. не увенчались успехом: водолазам удалось обнаружить в вольерах установки лишь единичных мелких особей трепанга. Но уже в конце лета 2020 г. подводные наблюдения выявили в вольерах значительное количество мелких и средних особей трепанга.

В начале сентября 2020 г. на Приморье обрушились тайфуны «Майсак» и «Хайшень», оставившие свои следы на песке вокруг установки в виде глубоких (высоких) волновых рифелей, но не разрушившие установку и не навредившие ее обитателям. В то же время поле анфельции и большинство обитателей дна бухты, в которой была размещена установка, оказались в береговых выбросах.

Первый контрольный отлов был выполнен 15.11.2020 г. Из вольера № 4 были отловлены 1024 особи трепанга общей массой 51,249 кг. Средняя масса тела трепанга составила 50 г, минимальная — 8 г, максимальная — 126 г, модальная группа — 41–50 г (рис. 3), плотность поселения — 2,6 экз./м², биомасса — 128,1 г/м². Распределение по массе тела трепангов, отловленных 15.11.2020 г. из вольера № 4, представлено на рис. 3.

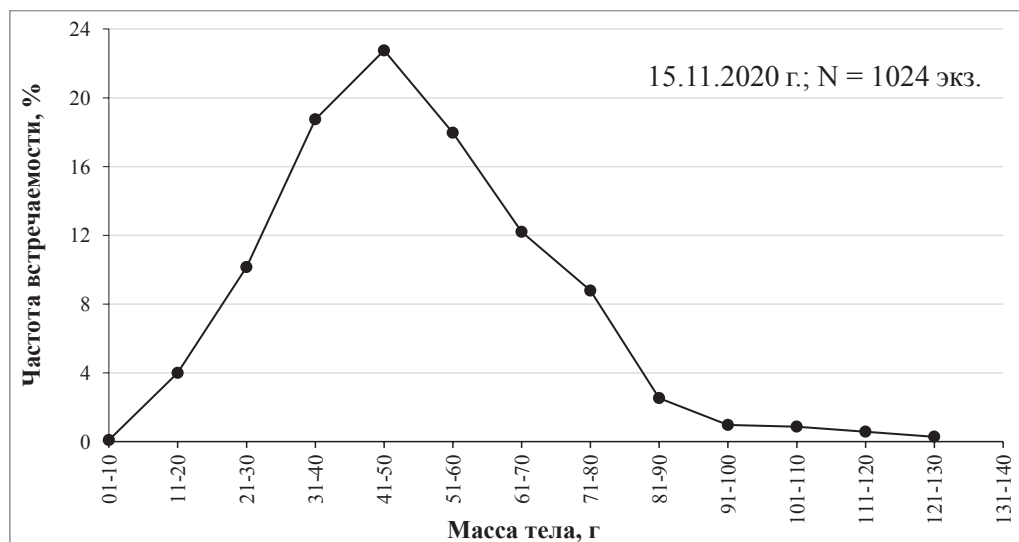


Рис. 3. Частота встречаемости трепангов из вольера № 4 с разной массой тела 15.11.2020 г.

Fig. 3. Frequency distribution of body weight for sea cucumbers in the bottom open-type cage № 4 on November 15, 2020

В результате контрольного отлова были получены первичные значения основных количественных показателей, характеризующих поселение трепангов в вольерах установки. Все основные характеристики поселения трепангов в вольерах установки, полученные по результатам контрольных отловов, выполненных за время наблюдений, представлены в табл. 1.

Изменение численности и плотности поселения трепангов в установке. Через два года после расселения — к ноябрю 2020 г. — в вольерах установки осталось только 20,5 % от первоначального количества заводских сеголеток. На этом уровне

Таблица 1

Основные количественные характеристики поселения трепангов в вольерах установки за период наблюдений с 27.11.2018 по 14.11.2023 г.

Table 1

Dynamics of the main quantitative parameters for sea cucumbers in the bottom open-type cages of the plant from November 27, 2018 to November 14, 2023

Дата наблюдений	Кол-во трепангов в одном вольере, экз.	Масса трепангов в одном вольере, кг	Средняя масса особи, г	Прирост средней массы особи, г	Плотность трепангов, экз./м ²	Биомасса трепангов, г/м ²	Прирост биомассы трепангов, г/м ²
27.11.2018	≈ 5000	≈ 1,600	0,3	—	≈ 12,5	4,0	—
15.11.2020	1024	51,249	50,0	49,7	2,6	128,1	124,1
18.05.2021	958	54,220	56,6	6,6	2,4	135,6	7,5
05.11.2021	1061	82,188	77,5	20,9	2,7	205,5	69,9
11.05.2022	1110	91,223	82,2	4,7	2,8	228,1	22,6
16.11.2022	1259	131,287	104,3	22,1	3,1	328,2	100,1
14.11.2023	1013	145,760	143,9	39,6	2,5	364,4	36,2

численность трепангов в вольерах стабилизировалась и в дальнейшем, с ноября 2020 по ноябрь 2023 г., составляла по 1000–1200 экз. Плотность трепангов в донных вольерах к ноябрю 2020 г. уменьшилась до 2,6 экз./м², в дальнейшем изменялась незначительно и в среднем составляла 2,7 экз./м² (табл. 1).

Результаты первого контрольного отлова показали, что в вольерах установки к ноябрю 2020 г. произошло снижение численности трепангов в пять раз. В данном случае говорить о выживаемости или смертности трепангов вряд ли возможно. Полагаем, что это «потеря» или «утрата» посадочного материала. Не исключено, что часть сеголеток могла погибнуть, не сумев или не успев адаптироваться к условиям проживания в донных вольерах. Но трепанги могли в силу различных причин и просто покинуть установку, которая является открытой системой. Трепанги в ней находятся в состоянии относительной свободы, при этом скорость их передвижения может составлять 5–6 м/час, а длина суточного пути превышать 140 м [Левин, 2000]. Мы также вполне допускаем, что трепанги, опорожня кишку от балластных частиц, способны изменять плавучесть до практически нейтральной, отрывать от субстрата и уноситься придонными течениями. Такую картину с кукумарией наблюдали на видеозаписях, сделанных телеуправляемым подводным аппаратом, В.В. Жариков и В.Н. Лысенко [2016]. Более того, в учебном пособии к курсу по разведению и выращиванию морских гребешков и трепангов Научно-исследовательского института рыболовства Желтого моря в Циндао (КНР) о дальневосточном трепанге говорится, что, если пищи мало и условия окружающей среды плохие, он может перемещаться на довольно большое расстояние и даже расслаблять свое тело и плыть по волнам. При искусственном выращивании также могут плавать как молодые, так и взрослые особи. В основном это происходит ночью или на рассвете (<https://enasa.org/?id=472>).

Значительную смертность заводских мальков трепанга в первые годы жизни наблюдала Г.С. Гаврилова с соавторами [Гаврилова, Кучерявенко, 2010; Гаврилова и др., 2010], изучавшая эффективность подрашивания заводских сеголеток трепанга перед их расселением на донные плантации для пастбищного выращивания в бухтах Северная и Суходол зал. Петра Великого. Для повышения выживаемости в первый год жизни заводских мальков трепанга (сеголеток) содержали в замкнутых установках — донных и подвесных садках с октября по июнь-июль следующего года. Выживаемость молоди трепанга за второй год жизни определяли в открытых системах — на искусственном рифе из бетонных плит. Несмотря на все различия в условиях эксперимента, коэффициенты выживания заводских сеголеток за первые годы жизни, полученные нами и Г.С. Гавриловой с соавторами, вполне соизмеримы. Причем упомянутые авторы также полагают, что

для открытых систем коэффициенты выживания мальков трепанга скорее характеризуют «сохранность» животных, чем их «выживаемость». Под термином «сохранность» подразумевается численность животных за вычетом убыли не только в результате смертности, но и за счет перемещения животных за пределы системы [Гаврилова и др., 2010].

Уменьшение численности мальков трепанга после расселения и стабилизацию их плотности на определенном уровне при дальнейшем выращивании наблюдали исследователи из Республики Корея [Lee et al., 2018].

Чтобы избежать потерь посадочного материала при культивировании трепанга, необходимо правильно рассчитать плотность их посадки при первичном расселении на РВУ. Оптимальную плотность посадки мальков можно определить экспериментальным путем индивидуально для каждого участка, на котором предполагается выращивать трепанга. Есть и общие рекомендации. Так, опираясь на правило, что при прочих равных условиях «выживаемость» мальков трепанга тем больше, чем крупнее малек и меньше плотность посадки, китайским мариводам рекомендовано на донных плантациях расселять заводских мальков трепанга размером 2–4 см с плотностью 7,5–15,0 экз./м²; мальков размером 5–6 см с плотностью 4,6–12,0 экз./м²; мальков, собранных в природе, с плотностью 3,0–4,5 экз./м² [The Sea Cucumber..., 2015]. Полагаем, что такие плотности посадки заводской и природной молоди трепангов указанных размеров применимы и для нашей установки.

Рост трепангов в вольерах установки. За первые 24 мес. выращивания (27.11.2018–15.11.2020) средняя масса тела трепангов в вольерах установки увеличилась на 49,7 г — с 0,32 до 50,0 г, т.е. в среднем трепанги прибавляли по 2,1 г в месяц. За следующие 36 мес. выращивания (15.11.2020–14.11.2023) средняя масса тела трепангов в вольерах увеличилась на 93,9 г — с 50,0 до 143,9 г, т.е. в среднем каждый месяц трепанги прибавляли по 2,6 г (табл. 1).

Рост трепангов в вольерах установки в холодное время года (ноябрь–апрель) был в 3–4 раза медленнее, чем в теплое (май–октябрь). За зимние месяцы третьего и четвертого года выращивания (15.11.2020–18.05.2021; 05.11.2021–11.05.2022) прирост средней массы тела у трепангов в вольерах составил 1,1 и 0,8 г/мес., а за летние месяцы (18.05.2021–05.11.2021; 11.05.2022–16.11.2022) — 3,5 и 3,7 г/мес. Увеличение средней массы тела трепангов в установке с ноября 2020 по ноябрь 2023 г. происходило исключительно за счет их роста, поскольку численность и плотность трепангов в вольерах установки за этот период оставались относительно постоянными (табл. 1).

Несколько иную динамику средней массы тела трепангов на донной плантации в бухте Суходол при их пастбищном культивировании приводит Г.С. Гаврилова [2013]. Здесь за 32 мес. наблюдений (30.10.2006–26.06.2009) средняя масса тела трепангов увеличилась на 36,8 г — с 59,5 до 96,3 г. В среднем за этот период трепанги прибавляли по 1,2 г/мес. В зимние месяцы (30.10.2006–28.04.2007) прирост массы тела у трепангов был минимальным — 0,1 г/мес. Столь низкие приросты средней массы тела трепангов на донной плантации в бухте Суходол можно объяснить увеличением численности (плотности) трепангов на плантации за этот период в 2,5 раза за счет ювенильных особей.

Рост биомассы трепангов в вольерах установки. За первые 24 мес. выращивания (27.11.2018–15.11.2020) биомасса трепангов в вольерах установки увеличилась на 124,1 г/м² и достигла 128,1 г/м², т.е. в среднем каждый месяц биомасса трепангов увеличивалась на 5,2 г/м². За следующие 36 мес. (15.11.2020–14.11.2023) биомасса трепангов в вольерах увеличилась на 236,3 г/м² — до 364,4 г/м², почти в три раза. В среднем за последние три года выращивания каждый месяц биомасса трепангов увеличивалась на 6,6 г/м², но рост биомассы трепангов в холодное время года (ноябрь–апрель) был в 4–9 раз меньше, чем в теплое (май–октябрь) (табл. 1).

За зимние месяцы третьего и четвертого года выращивания (15.11.2020–18.05.2021; 05.11.2021–11.05.2022) прирост биомассы трепангов в вольерах составил 1,2 и 3,8 г/м²

в месяц. За летние месяцы (18.05.2021–05.11.2021; 11.05.2022–16.11.2022) — 11,7 и 16,9 г/м² в месяц (табл. 1).

Для сравнения интересны изменения показателей биомассы трепангов, которых выращивали в бухте Суходол [Гаврилова, 2013]. На донной плантации площадью 16 га средняя биомасса трепангов за 32 мес. выращивания (30.10.2006–26.06.2009) увеличилась почти в 4 раза — с 65,6 до 255,0 г/м². В бухте Суходол и в нашем исследовании период роста (32 и 36 мес.) и начальные средние значения массы особей трепангов (59,5 и 50,0 г) сопоставимы. Также близки и финальные значения плотности трепангов на сравниваемых экспериментальных площадках — 2,74 и 2,53 экз./м². Тем не менее в конце эксперимента средняя биомасса трепангов в бухте Суходол оказалась существенно ниже, чем в вольерах установки, — 255,0 против 364,4 г/м². Причину различий мы видим в том, что в нашем исследовании увеличение биомассы трепангов происходило исключительно за счет их роста, так как количество и плотность трепангов в вольерах оставались относительно постоянными, а в бухте Суходол увеличение биомассы трепангов произошло в большей мере за счет увеличения количества трепангов на плантации [Гаврилова, 2013].

Динамика размерного состава трепангов в вольерах установки. По мере роста трепангов в вольерах установки в период с ноября 2020 по ноябрь 2023 г. произошли существенные изменения в их размерном составе: значительно расширился диапазон размерных классов в сторону увеличения максимальных значений массы тела (рис. 4). В ноябре 2023 г. все размерные классы трепангов от 1–10 до > 390 г были наполнены. Размерный класс 1–10 г представлен 16 экз. (1,6 %). Наименьшая масса тела трепангов в этом классе составила 3 г. Размерный класс > 390 г представлен 2 экз. (0,2 %). Наибольшая масса тела трепангов в этом классе — 475 г.

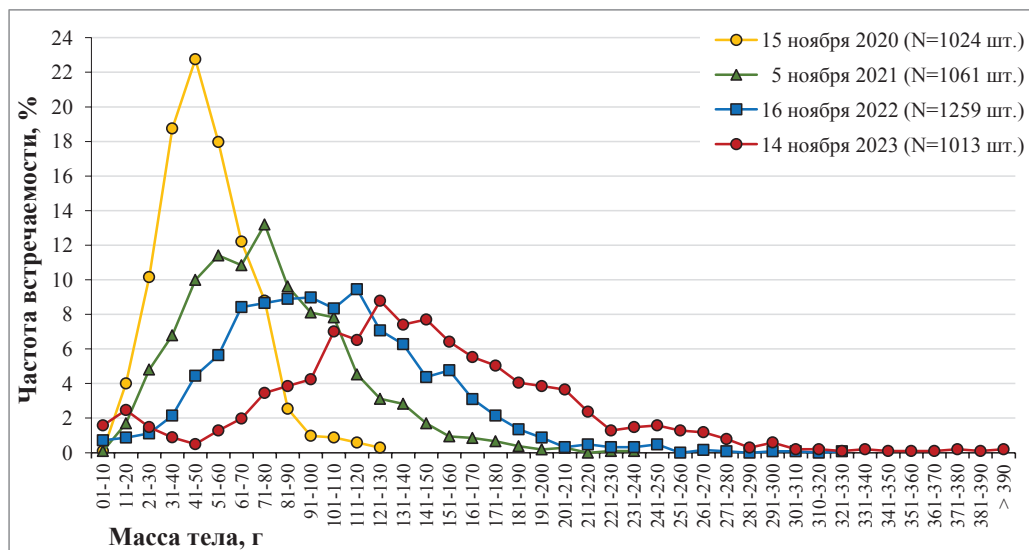


Рис. 4. Динамика размерного состава трепангов в вольерах установки (масс-частотное распределение) в период с 15.11.2020 по 14.11.2023 г.

Fig. 4. Dynamics of size composition (mass frequency distribution) for sea cucumbers in the bottom open-type cages of the plant from November 15, 2020 to November 14, 2023

Пополнение за счет личинок из природного личиночного пула и размерно-возрастная структура поселения трепангов в вольерах установки. Во всех контрольных отловах встречались ювенильные особи трепанга с массой тела от 3 до 50 г. Они гармонично вписывались в кривые распределения трепангов по массе тела, построенные на основании данных контрольных отловов 2020, 2021 и 2022 гг. На кривой распределения трепангов по массе тела, построенной на основании данных контрольного отлова в

ноябре 2023 г., трепанги с массой тела от 3 до 50 г сформировали отдельную, отчетливо выраженную, группу (рис. 4). Это произошло на следующий год, после того как в июле 2022 г. на вольеры были установлены коллекторы для сбора личинок трепанга из природного личиночного пула. Поэтому полагаем, что создали эту обособленную группу личинки трепанга, осевшие на коллекторы в июле-августе 2022 г. и пополнившие поселение трепангов в вольерах. Данное обстоятельство позволяет предположить, что в основном эта группа особей представляет собой молодь 2022 года рождения, т.е. возраст этой группы трепангов составляет 1+ лет.

У дальневосточного трепанга отсутствуют структуры, регистрирующие индивидуальный возраст. Возраст трепангов определяют на основе анализа размерно-возрастной структуры его популяций. Линейные размеры тела трепанги быстро изменяют, и получить их действительные значения затруднительно. Масса тела и масса кожно-мускульного мешка — более надежные признаки, и получить их достоверные значения значительно проще. Именно эти параметры используются при изучении размерно-возрастной структуры скоплений трепанга [Бирюлина, Козлов, 1971; Брегман, 1971, 1973; Раков, 1982; Селин, Черняев, 1994; Левин, 2000; Дубровский, Вышкварцев, 2004; Масленников, Подкорытов, 2009; Гаврилова, Кучерявенко, 2010; Гаврилова и др., 2010]. Тем не менее для российских вод единой шкалы соответствия весовых характеристик тела трепангов определенному возрасту не существует.

Ю.Э. Брегманом [1971] было показано, что моды, выявленные анализом размерно-возрастной структуры популяции трепанга в сентябре-октябре, соответствуют величине исследуемого признака в возрасте 1, 2, 3 лет и т.д., поскольку каждая генерация характеризуется своим модальным значением размерного признака. Если следовать этому, то распределение частот размерных классов по массе тела молоди трепанга, представленное на рис. 5, подтверждает наше предположение, что они принадлежат к одной возрастной группе 1+ лет (годовиков).

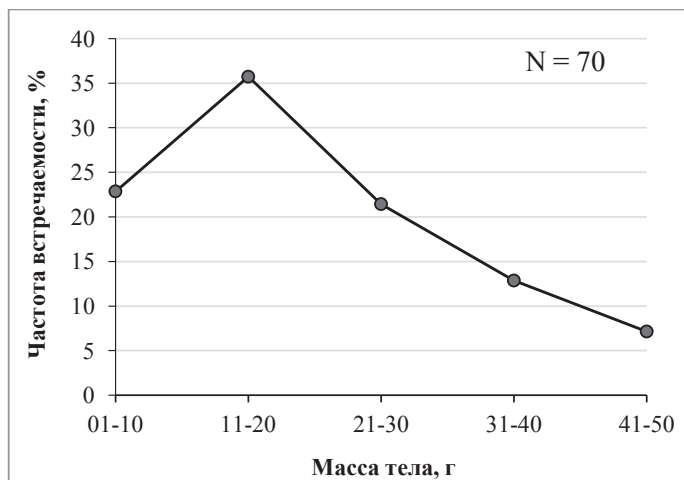


Рис. 5. Распределение трепангов 2022 года рождения по массе тела по результатам контрольного отлова 14.11.2023 г. Возраст молоди 1+ лет

Fig. 5. Frequency distribution of body weight for sea cucumber yearlings (year-class of 2022) in the control catch on November 14, 2023

Численность этой группы 70 экз., модальное значение массы тела — 11–20 г, средняя масса тела особи — 20,7 г. Эти величины, с одной стороны, вписываются в интервал значений средней массы тела годовиков в бухте Миноносок зал. Посыета (27 ± 9 г) [Брегман, 1973], но меньше средних значений массы тела годовиков в бухте Троицы (35 г) [Брегман, 1971] и значительно меньше средней массы годовиков трепанга в выборке из зал. Петра Великого (71,0 г) [Бирюлина, Козлов, 1971]. С другой стороны, средняя масса тела годовиков в нашем исследовании в разы превышает значения средних масс годовиков, представленные в работах других исследователей [Раков, 1982; Селин, Черняев, 1994; Дубровский, Вышкварцев, 2004; Гаврилова, Кучерявенко, 2010; Гаврилова и др., 2010].

Отметим, что по данным корейских исследователей [Lee et al., 2018] средняя масса тела молоди трепанга, возраст которой был точно определен в 1+ лет, выращенной в открытых системах на трех одинаковых по площади, но с различными донными ландшафтами контрольных площадках со средней плотностью 0,8; 2,0; 1,9 экз./м², составила 20,2; 23,3; 22,9 г. В то же время средняя масса тела годовиков той же молоди, выращенной в условиях закрытой системы с плотностью 23,7 экз./м², составила 12,5 г. Как видим, средняя масса тела годовиков трепанга, выращенных корейскими исследователями в открытых системах на разных субстратах, очень близка к значениям средней массы годовиков в нашем исследовании, а выращивание молоди трепанга в закрытых системах без кормления позволяет повысить плотность культивирования, но ведет к уменьшению массы тела.

По условиям нашего эксперимента мы знаем, что абсолютное большинство трепангов, добытых из вольера № 4 контрольным отловом в ноябре 2020 г. (см. рис. 3), были одного возраста, а именно 2+ лет; большинство трепангов, изъятых из вольера № 1 в ноябре 2021 г., — трехлетки (3+); из этого же вольера в ноябре 2022 г. — в основном имели возраст 4+ лет; большая часть трепангов, добытых из вольера № 5 в ноябре 2023 г. (943 экз.), имели возраст 5+ лет и небольшая группа (70 экз.) (см. рис. 5) — 1+ лет. Таким образом, по результатам нашего эксперимента, мы можем наглядно показать значения средней массы тела трепангов и ее годовые приросты в каждой возрастной группе от 0+ до 5+ лет (табл. 2).

Таблица 2
Средняя масса тела и ее ежегодные изменения у трепангов в возрасте 0+...5+ лет
по результатам эксперимента 2018–2023 гг., г

Table 2

Mean body weight and annual gains in the experiment for sea cucumbers
of age from 0+ to 5+ years, g

Показатель	Возраст, лет					
	0+	1+	2+	3+	4+	5+
Средняя масса тела, ±CO*	0,3	20,7 ± 12,4	50,0 ± 19,1	77,5 ± 35,3	104,3 ± 44,5	153,0 ± 57,0
Годовой прирост ср. массы тела	—	20,3	29,4	27,4	26,8	48,8

* Стандартное отклонение.

В Приморье не принято разделять трепангов по окраске тела и выделять «цветовые формы». И хотя вопросам окраски трепангов в приморских водах уделяли внимание и отмечали ее разнообразие [Левин, 2000; Ковалев, Лескова, 2019], при изучении размерно-возрастной структуры поселений трепанга в российских водах никто, кроме Н.И. Селина и М.Ж. Черняева [1994], цветовые формы не рассматривал как группы особей, различающиеся популяционными характеристиками. Эти авторы на акватории зал. Восток (зал. Петра Великого, Японское море) выделяли «зеленую» и «красную» морфологические формы трепанга, различающиеся окраской тела, распределением, составом поселений и темпами роста. А в водах Китая, п-ова Корея и Японии уверенно разделяют трепангов на «цветовые формы», отмечают репродуктивную изоляцию «красной» и «зеленой» цветовых форм, а также выявили, что и «зеленая», и «красная» цветовые формы трепанга характеризуются своей популяционно-генетической структурой [Kang et al., 2011; Soliman et al., 2012], поэтому локальные природные поселения трепангов разных цветовых форм могут иметь индивидуальные популяционные характеристики, такие как предпочитаемые места обитания (подводные ландшафты), состав поселений, темпы роста и др. Можно предположить, что особи в разных локальных природных поселениях трепанга и растут по-разному из-за генетических различий, поэтому единой шкалы размер-возраст для трепангов из разных природных поселений может и не существовать. К сожалению, информация о популяционно-генетической структуре трепанга в российских водах в настоящее время практически отсутствует [Ягодина,

Брыков, 2023]. При описании размерно-возрастной структуры трепанга разные авторы применяли разные методики оценки роста, смешивали «зеленых» и «красных» трепангов и объединяли выборки из разных локальных мест обитания, взятые в разное время. Это и привело к тому, что у каждого автора своя размерно-возрастная шкала.

Динамика количественных характеристик промысловой части поселения трепангов в вольерах установки. Первых трепангов, достигших промыслового размера (масса кожно-мускульного мешка ≥ 100 г, масса тела ≥ 130 г) (<https://docs.cntd.ru/document/420284843>), в вольерах установки удалось обнаружить только через два с половиной года культивирования. Среди трепангов, отловленных из вольера № 1 18.05.2021 г., впервые обнаружены 9 экз., масса тела которых в живом виде была ≥ 130 г. Масса тела меньшего из них — 133 г, а большего — 161 г (в среднем 143,3 г), суммарная масса составила 1,290 кг, их доля по численности — 0,9 %, по массе — 2,4 %. К ноябрю 2021 г. трепангов промыслового размера в вольерах было уже 8,7 % по численности и 17,1 % по массе. В дальнейшем наблюдался устойчивый рост количества и массы (биомассы) трепангов промыслового размера. По результатам контрольного отлова, проведенного 14.11.2023 г., трепангов промыслового размера было 58,5 % по численности и 74,7 % по биомассе, масса тела самого крупного — 475 г. Основные характеристики промысловой части поселения трепангов в вольерах установки в период с ноября 2018 по ноябрь 2023 г. представлены в табл. 3.

Таблица 3

Обилие и размерно-весовые характеристики промысловой части поселения трепангов в вольерах установки в период с 27.11.2018 по 14.11.2023 г.

Table 3

Dynamics of abundance and size-weight parameters for the commercial fraction of sea cucumbers in the bottom open-type cages of the plant from November 27, 2018 to November 14, 2023

Дата наблюдения	Кол-во трепангов промыслового размера, экз./вол.	Количественная доля трепангов промыслового размера, %	Масса трепангов промыслового размера, кг/вол.	Доля массы трепангов промыслового размера, %	Средняя масса тела трепангов промыслового размера, г	Биомасса трепангов промыслового размера, г/м ²	Плотность трепангов промыслового размера, экз./м ²
27.11.2018	0	0	0	0	0	0	0
15.11.2020	0	0	0	0	0	0	0
18.05.2021	9	0,9	1,290	2,4	143,3	3,2	0,02
05.11.2021	92	8,7	14,094	17,1	153,2	35,2	0,23
11.05.2022	118	10,6	17,386	19,1	147,3	43,5	0,30
16.11.2022	324	25,7	52,496	40,0	162,0	131,2	0,81
14.11.2023	593	58,5	108,896	74,7	183,6	272,2	1,48

Пропорционально увеличению биомассы трепангов в вольерах установки происходит и увеличение потребления ими пищи. Поэтому в вольерах может существовать какая-то предельная биомасса трепангов, для которой хватает естественного корма. Поступление кормовой органики в вольеры за счет вертикальных потоков естественного осадконакопления — величина, скорее всего, постоянная. Поэтому если не создать дополнительных источников питания, то с увеличением средней массы тела следует ожидать понижения плотности трепангов в вольерах, как и в любой другой открытой системе. Особи трепанга, которым не будет хватать кормовых ресурсов, будут покидать установку. По мнению А.М. Лебедева [2006], за оптимальную среднюю плотность поселений трепанга на трепангоносных ландшафтах зал. Петра Великого в условиях искусственно поддерживаемой численности можно принять величину 0,4 экз./м².

В то же время известно [Гаврилова, Кучерявенко, 2010], что в хозяйстве марикультуры в бухте Суходол с 2000 по 2008 г. сформировали плантацию трепанга на площади около 30 га со средней плотностью распределения 1,5 экз./м², при этом доля

особей промыслового размера к 2008 г. превышала 45 %. Позже плотность трепангов на контрольной площадке площадью 16 га этой же плантации в июне 2009 г. была 2,74 экз./м², доля особей промыслового размера на ней 53,8 % по численности и 77,2 % по биомассе [Гаврилова, 2013]. Тем не менее, несмотря на то что в период с 2000 по 2007 г. на дно бухты Суходол было отсажено 341 606 экз. молоди трепанга [Гаврилова и др., 2008], объем товарного трепанга на донных плантациях марикультуры в бухте к 2008 г. на основании расчетов составил 1,6 т [Гаврилова, 2013]. Таким образом, объем товарного трепанга за 8 лет культивирования — 0,1 т/га (0,01 кг/м²), что составляет 10 % от установленного для подзоны Приморье минимального ежегодного объема изъятия объектов пастбищной аквакультуры, равного 1,0 т/га (0,1 кг/м²)*. К сожалению, информация об объемах товарного трепанга, действительно добытого на этой плантации в последующие годы, в открытом доступе отсутствует.

Позже Г.С. Гаврилова [2018] рассчитала, что в условиях бикультурного хозяйства, в районах размещения подвесных плантаций двустворчатых моллюсков, при установке искусственных рифов, увеличивающих полезную площадь субстрата для обитания, плотность трепангов промыслового размера может достигнуть величин 2–3 экз./м², а биомасса скопления перед снятием урожая составит 240 г/м². Большие концентрации трепангов представляются автору данной работы проблематичными.

В нашем случае в отдельно взятом вольере площадь субстрата для обитания трепангов за счет площади вертикальных стенок составляет 880 м², т.е. полезная площадь субстрата для обитания трепангов в вольере в 2,2 раза больше, чем площадь, которую этот вольер занимает на дне РВУ. Вероятно, вертикальные стенки вольеров способствуют седиментации и аккумуляции органического вещества из горизонтальных водных потоков придонных течений, а сообщества организмов-обрастателей, поселившихся в вольере, создают дополнительную органику для питания трепангов, что и позволяет им расти при концентрации 2,7 экз./м² и биомассе 364,4 г/м² в пересчете на площадь основания (дна) вольера, равную 400 м². При этом, несмотря на рост и увеличение в вольерах доли трепангов промыслового размера до 58,5 % (1,5 экз./м²), существенного уменьшения плотности трепангов в вольерах пока не происходит — корма хватает на всех.

Подводные наблюдения показали, что более 80 % трепангов располагаются на вертикальных стенках вольеров, а скопления их фекалий — у основания стенок. Таким образом, именно вертикальные стенки вольеров служат основным кормовым полем для трепангов (рис. 6), в то же время трепанги имеют свободный доступ к грунту, что им необходимо для правильного питания. Тем не менее продукционные возможности установки не безграничны: она может обеспечить существование только определенной конечной биомассы трепангов. Особи, которым кормового ресурса перестанет хватать, покинут установку. Как мы видим, общая средняя биомасса трепангов 364,4 г/м² и биомасса промысловой части трепангов 272,2 г/м² для установки не являются критичными. Однако далее полагаем необходимым ежегодно в ноябре-декабре производить отлов из вольеров установки трепангов промыслового размера и пополнять стадо трепангов в установке молодь, поддерживая плотность стада на уровне 3,0 экз./м². Изъятие из установки промысловой части трепангов улучшит условия питания и роста оставшейся в вольерах молоди. Также есть основания полагать, что в случае размещения вольеров под садками подвесной культуры двустворчатых моллюсков биомасса трепангов в вольерах может быть и больше значения 364,4 г/м².

Поскольку в вольере № 5, из которого проводили контрольный отлов в ноябре 2023 г., трепангов промыслового размера было 593 экз. (58,5 %), биомасса их составила 108,896 кг (272,2 г/м²), средняя масса тела — 183,6 г (см. табл. 3), то в пересчете на

* Методика определения минимального объема объектов аквакультуры, подлежащих разведению и (или) содержанию, выращиванию, а также выпуску в водный объект и изъятию из водного объекта в границах рыбоводного участка / утверждена Приказом Минсельхоза России от 15.03.2017 № 124 (ред. от 21.09.2023). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420396544>.

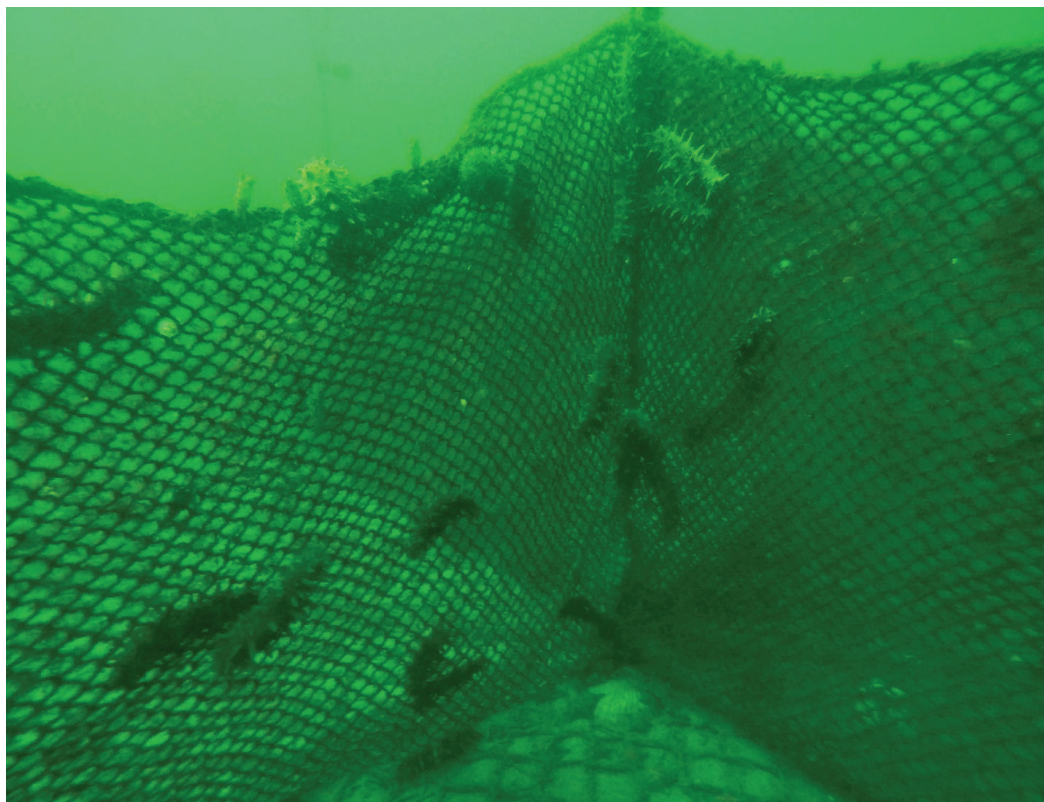


Рис. 6. Трепанги на вертикальных стенках вольера установки

Fig. 6. Sea cucumbers on vertical walls of bottom open-type cage of the plant

всю установку для культивирования трепангов ($S = 2000 \text{ м}^2$) объем урожая к ноябрю 2023 г. составил 2900 особей промыслового размера суммарной массой 540 кг, к добыче было рекомендовано 80 % этого количества. Именно в таком объеме (435 кг) из вольеров установки в конце ноября 2023 г. была произведена добыча товарного трепанга.

Изменение ландшафта на донном участке вокруг вольеров установки. В первой декаде сентября 2020 г. тайфуны «Майсак» и «Хайшень» в значительной мере промыли пески на обширном поле ареноида, на котором была размещена установка. Тем не менее она не была повреждена волновым воздействием тайфунов, не пострадали и ее обитатели, в то время как практически на всем поле ареноида после прохождения тайфунов можно было наблюдать глубокие (высокие) волновые рифели и практически полное отсутствие представителей эпифауны.

На донном участке в месте расположения установки волновые рифели были слабо выражены или отсутствовали вовсе. Представителей эпифауны можно было наблюдать на поверхности грунта, в вольерах, на канатах боковых растяжек, донных якорях. Трепанги в вольерах тоже остались нетронутыми. В дальнейшем с сентября 2020 по 14.11.2023 г. подобные тайфуны не посещали Приморский край, волновое воздействие на установку было незначительным. К ноябрю 2023 г. на донном участке, где была размещена установка, произошли существенные изменения. Грунт между вольерами и вокруг установки на удалении до 15 м по периметру потерял подвижность и уплотнился. На поверхности грунта появился раковинный материал, наилок, следы жизнедеятельности бентосных животных. Качественных изменений видового состава макробентоса отмечено не было, но его количественные характеристики по сравнению с окружающим полем ареноида кратно возросли. Если на удалении 15 м и более от

периметра установки особи приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* встречались единично и в основном старших возрастных групп (5–6 лет и более), а особи трепанга не наблюдались вовсе, то в пределах установки отмечены возрастные группы приморского гребешка от 1+ до 3+ с плотностью не менее 1 экз./м², трепанги представлены крупными особями с плотностью распределения не менее 0,1 экз./м². На сетном полотне донных якорей (пикулей) плотность трепангов доходила до 5 экз./м². Обычными на данной площадке стали морские ежи *Strongylocentrotus nudus* и *S. intermedius*, кукумария *Cucumaria japonica*, морские звезды *Patiria pectinifera*, *D. nipon*, *A. amurensis*. Весной и в начале лета 2023 г. в больших количествах присутствовала анфельция *A. tobuchiensis*, которая вместе с фрагментами самых различных бурых водорослей полностью покрывала всю площадку, на которой была размещена установка.

Установка инициировала формирование уникального локального биотопа, по своим характеристикам значительно отличающегося от окружающего донного ландшафта — ареноида. Образовался своего рода «оазис», «островок жизни». Если следовать терминологии И.С. Арзамасцева и Б.В. Преображенского [1990] и А.М. Лебедева [2006], можно сказать, что на площадке, где была размещена установка, сформировалась локальная «трепангоносная фация» с плотностью трепангов 0,1 экз./м².

По частоте встречаемости на этом донном пространстве лидировали гребешковая патирия *P. pectinifera* и приморский гребешок *M. yessoensis*. Значительное количество особей приморского гребешка располагалось непосредственно в вольерах. Здесь встречались и 4-летние особи. Мы полагаем, что коллекторы для сбора личинок трепанга и сетное полотно, из которого изготовлены донные вольеры установки, являются подходящим субстратом для оседания личинок приморского гребешка. Как и личинки трепанга, личинки гребешка оседают на коллекторы и стенки донных вольеров, растут до определенного размера, после чего открепляются от субстрата и падают на грунт либо непосредственно в вольеры, либо рядом с ними. Из вольеров молодь гребешка не может убежать физически — этому мешают вертикальные стенки, которые имеют высоту 1 м и изготовлены из сетного полотна с ячейей 25 мм, что значительно меньше размеров раковины гребешка в возрасте 0+. Вокруг вольеров приморский гребешок концентрируется, вероятно, по причине более подходящих условий обитания. Площадь данной локальной трепангоносной фации составляет примерно 8000 м².

Выводы

Испытания на практике инновационных индустриальных установки и способа культивирования трепангов в донных вольерах в полувольных условиях, проведенные в период с 27.11.2018 по 14.11.2023 г., показали:

1) установка для культивирования трепангов позволяет выращивать молодь трепанга заводского разведения с возраста 0+ до товарных размеров с плотностью 2,7 экз./м² без кормления на рыбоводных участках с неблагоприятными для обитания трепангов донными ландшафтами с минимальными затратами на содержание и обслуживание самой установки;

2) биомасса трепангов промыслового размера в вольерах установки к концу 5-го года культивирования достигает значений 272 г/м²;

3) в установке трепанги естественным образом ежегодно пополняются молодью природного происхождения за счет личинок из природного личиночного пула. С высокой долей вероятности можно предположить, что природный личиночный пул в свою очередь в значительной мере пополняется личинками, производимыми половозрелыми трепангами, обитающими в вольерах, ведь высокая плотность трепангов в вольерах благоприятствует успешному нересту, что способствует восстановлению численности природных популяций трепанга на прилежащих акваториях;

4) трепанги в установке предпочитают в качестве субстрата для обитания и питания вертикальные стенки вольеров, в то же время имеют доступ к грунту;

5) установка для культивирования трепангов устойчива к штормовому воздействию и даже к супертайфунам;

6) установка является открытой системой, создает на огороженном участке дна дополнительный субстрат и благоприятные условия для обитания, ее защитные, кормовые и другие свойства поддерживают жизнеобеспечение обитающих в ней трепангов, поэтому трепанги не покидают ее;

7) установка в месте своего расположения формирует на неблагоприятных для обитания трепангов донных ландшафтах локальные трепангоносные фации, по площади в 4–5 раз превышающие площадь ее донных вольеров, которую они занимают на РВУ.

Результаты испытаний инновационных промышленных установки и способа культивирования трепангов свидетельствуют о том, что их применение позволит создать в Приморье полносистемные промышленные, высокорентабельные рыбоводные хозяйства по культивированию трепангов, что в значительной мере может увеличить производство товарного трепанга в марикультуре и способствовать восстановлению его природных популяций на прилежащих акваториях.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают свою признательность редакции журнала и рецензентам за конструктивную оценку рукописи, полезные предложения по ее улучшению, исправление ошибок и недочетов.

The authors are grateful to the editorial board of the journal and anonymous reviewers for their constructive evaluation of the manuscript, useful corrections and suggestions for its improvement.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа проводилась при финансовой поддержке Фонда «Сколково».

The work was conducted with financial support of the Skolkovo Foundation.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Библиографические ссылки на все использованные в работе данные других авторов оформлены в соответствии с правилами данного издания.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for the use of animals were followed. Bibliographical references to all data from other sources used in the article are presented in accordance with the Author Guidelines of the journal.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Авторы внесли равный вклад в эту работу.

Authors contributed equally to the study and manuscript writing.

Список литературы

Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. — М. : Наука, 1990. — 224 с.

Бирюлина М.Г., Козлов В.Ф. К методике определения возраста трепанга по весу // Зоол. журн. — 1971. — Т. 50, вып. 10. — С. 1564–1568.

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

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

Гаврилова Г.С. Оценка потенциальной продукции дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в бикультурном марихозяйстве залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 195. — С. 209–218. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-195-209-218.

Гаврилова Г.С. Технологии выращивания продуктов марикультуры Приморья // Рыбоводство. — 2020. — № 1–2. — С. 14–19.

Гаврилова Г.С. Товарное выращивание дальневосточного трепанга : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2013. — 99 с.

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. Товарное выращивание дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в заливе Петра Великого: методические особенности, результаты работы хозяйства марикультуры в бухте Суходол // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 162. — С. 342–354.

Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Косых М.М. Восстановление скоплений дальневосточного трепанга методами марикультуры на примере бухты Суходол (зал. Петра Великого, Японское море) // Современное состояние водных биоресурсов : мат-лы науч. конф., посвящ. 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — С. 717–720.

Гаркавец М.Е. К вопросу о выращивании дальневосточного трепанга (*Apostichopus japonicus*) подвесным способом // Рыболовство — Аквакультура : мат-лы V междунар. науч.-техн. конф. студ., асп. и мол. уч. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2019. — С. 170–174.

Гаркавец М.Е. Экспериментальный метод культивирования дальневосточного трепанга подвесным способом в заливе Петра Великого, бухта Северная // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли : мат-лы II междунар. науч.-техн. конф. студ., асп. и мол. уч. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2016. — С. 383–387.

Дубровский С.В., Вышковцев Д.И. Размерно-возрастная структура и смертность дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Aspidochirotida, Stihopodidae) у острова Кунашир, южные Курилы // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Тр. СахНИРО. — 2004. — Т. 6. — С. 265–272.

Жариков В.В., Лысенко В.Н. Распределение эпифауны макробентоса в Дальневосточном морском заповеднике ДВО РАН по материалам дистанционной подводной видеосъемки // Биол. моря. — 2016. — Т. 42, № 3. — С. 231–240.

Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях / сост. Н.Д. Мокрецова, Г.И. Викторовская, И.Ю. Сухин и др. — Владивосток : ТИНРО-Центр, 2012. — 104 с.

Ковалев Н.Н., Лескова С.Е. Цветовые формы дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka) // Науч. тр. Дальрыбвтуза. — 2019. — Т. 50, № 4. — С. 43–53.

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

Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство : моногр. — СПб. : Голанд, 2000. — 200 с.

Лысенко В.Н., Жариков В.В., Лебедев А.М. Современное состояние поселений дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) в Дальневосточном морском заповеднике // Биол. моря. — 2018. — Т. 44, № 2. — С. 134–140.

Масленников С.И., Подкорытов А.Г. Особенности распределения дальневосточного трепанга на открытой акватории Амурского залива // Науч. тр. Дальрыбвтуза. — 2009. — Вып. 21. — С. 45–54.

Мокрецова Н.Д., Викторовская Г.И. Пути восстановления ресурсов дальневосточного трепанга (*Apostichopus japonicus* Selenka) в прибрежной зоне Приморья // Рыбоводство и рыб. хоз-во. — 2015. — № 4. — С. 16–27.

Пат. РФ № 122844. Садок для выращивания трепанга / Г.Н. Ким, Г.Г. Калинина, Н.С. Васильева и др. — Заявл. 25.07.2012; Опубл. 20.12.2012. Бюл. № 35. — 2 с. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=RU92286422>.

Пат. РФ № 2689676. Способ донного выращивания объектов марикультуры в полувольных условиях / В.Г. Рогачев, С.М. Долганов, В.А. Медведев. — Заявл. 27.09.2018; Опубл. 28.05.2019. Бюл. № 19. — 7 с. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=RU243750024>.

Пат. РФ № 2730611. Установка для культивирования трепангов / С.М. Долганов, В.Г. Рогачев, В.А. Медведев. — Заявл. 26.02.2020; Опубл. 24.08.2020. Бюл. № 24. — 15 с. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=RU305244007>.

Раков В.А. Темпы роста и продолжительность жизни дальневосточного трепанга в заливе Посыета // Биол. моря. — 1982. — Т. 8, № 4. — С. 52–54.

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

Ягодина В.Д., Брыков В.А. Генетическое разнообразие мтДНК дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) (Echinodermata: Holothuroidea) в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 2023. — Т. 49, № 1. — С. 45–55. DOI: 10.31857/S0134347523010102.

Kang J.H., Kim Y.K., Kim M.J. et al. Genetic differentiation among populations and color variants of sea cucumbers (*Stichopus japonicus*) from Korea and China // Int. J. Biol. Sci. — 2011. — Vol. 7(3). — P. 323–332. DOI: 10.7150/ijbs.7.323.

Lee J.W., Gil H.W., Lee D.H. et al. Variations of size and density of sea cucumber (*Stichopus japonicus*) released to the habitat conditions // Ocean and Polar Research. — 2018. — Vol. 40(2). — P. 60–75. (кор. яз.). DOI: 10.4217/OPR.2018.40.2.069.

Soliman T., Kanno M., Kijima A., Yamazaki Y. Population genetic structure and gene flow in the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* across Toyama Bay, Japan // Fish. Sci. — 2012. — Vol. 78(4). — P. 775–783. DOI: 10.1007/s12562-012-0509-1.

The sea cucumber *Apostichopus japonicus*: history, biology and aquaculture / ed. by H. Yang, J. Hamel, A. Mercier. — London : Academic Press, 2015. — 453 p.

References

Azramastsev, I.S. and Preobrazhensky, B.V., *Atlas podvodnykh landshaftov Yaponskogo morya* (Atlas of Underwater Landscapes in the Sea of Japan), Moscow: Nauka, 1990.

Birulina, M.G. and Kozlov, V.F., A method of age determination by weight in the trepang, *Zool. Zh.*, 1971, vol. 50, no. 10, pp. 1564–1568.

Bregman, Yu.E., The relationship of growth and energy metabolism in some commercial benthic invertebrates of the Posyeta Bay (Sea of Japan), *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1973.

Bregman, Yu.E., Growth of the trepang (*Stichopus japonicus*) in Peter the Great Bay, *Zool. Zh.*, 1971, vol. 50, no. 6, pp. 839–845.

Gavrilova, G.S., Assessment of potential production for sea cucumber *Apostichopus japonicus* in a bicultural marine farm in Peter the Great Bay (Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 195, pp. 209–218. doi 10.26428/1606-9919-2018-195-209-218

Gavrilova, G.S., Technologies for growing mariculture products of Primorye, *Fish farm.*, 2020, no. 1–2, pp. 14–19.

Gavrilova, G.S., *Tovarnoye vyrashchivanye dal'nevostochnogo trepanga* (Farming of Far Eastern sea cucumber), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2013.

Gavrilova, G.S., Zakharova, E.A., and Shatkovskaya, O.V., Survival of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* of artificial breeding in the Severnaya Bay (Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 162, pp. 355–361.

Gavrilova, G.S. and Kucheryavenko, A.V., Farming of sea cucumber *Apostichopus japonicus* in Peter the Great Bay: methodical specifics and business results of the aquaculture farm in the Sukhodol Bight, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 162, pp. 342–354.

Gavrilova, G.S., Kucheryavenko, A.V., and Kosykh, M.M., Restoration of clusters of sea cucumber by mariculture methods on the example of Sukhodol Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan), in *Materialy nauchn. konf., posvyashch. 70-letiyu S.M. Konovalova "Sovremennoe sostoyanie vodnykh bioresursov"* (Proc. Sci. Conf. 70th anniversary of S.M. Konovalova "Current state of aquatic biological resources"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008, pp. 717–720.

Garkavets, M.E., To the question about growing far eastern marine (*Apostichopus japonicus*) rear way, in *Materialy V mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. stud., asp. i mol. uch. "Rybolovstvo — Akvakultura"* (Materials V Intern. Sci. Tech. Conf. of stud., postgrad. and young sci. "Fishing — aquaculture"), Vladivostok: Dal'rybvuz, 2019, pp. 170–174.

Garkavets, M.E., Experimental method of *Apostichopus japonicus* cultivation using suspension approach in Severnaya Bay of Peter the Great Gulf, in *Materialy II mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. stud., asp. i mol. uch. "Kompleksnyye issledovaniya v rybokhozyaystvennoy otrasli"* (Materials II Intern. Sci. Tech. Conf. of stud., postgrad. and young sci. "Comprehensive research in the fishing industry"), Vladivostok: Dal'rybvuz, 2016, pp. 383–387.

Dubrovskiy, S.V. and Vyshkvartsev, D.I., Size-age structure and mortality of sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Aspidochirotida, Stihopodidae) near the Kunashir Island (southern Kuril Islands), in *Biologiya, sostoyaniye zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kuril'skom regione i soprodel'nykh akvatoriyakh* (Biology, Status of Stocks, and Condition of Habitat of Aquatic Organisms in the Sakhalin-Kuril Region and Adjacent Waters), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 6, pp. 265–272.

Zharikov, V.V. and Lysenko, V.N., The distribution of macrobenthic epifauna in the Far Eastern Marine Reserve based on remote underwater video data, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2016, vol. 42, no. 3, pp. 266–275.

Mokretsova, N.D., Viktorovskaya, G.I., Sukhin, I.Yu., Dzizyurov, V.D., Kurgansky, G.N., and Gostyukhina, O.B., *Instruktsiya po tekhnologii polucheniya zhiznestoykoy molodi trepanga v zavodskikh usloviyakh* (Instructions for the technology of obtaining viable sea cucumber fry in the factory), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2012.

Kovalev, N.N. and Leskova, S.E., Color forms of the Far Eastern trepang *Apostichopus japonicus* (Selenka), *Nauchn. Tr. Dal'rybvtuza*, 2019, vol. 50, no. 4, pp. 43–53.

Lebedev, A.M., *Resursy dal'nevostochnogo trepanga Apostichopus japonicus v Primorskom Krae* (Resources of the Far Eastern Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* in Primorsky Krai), Vladivostok: Dal'nauka, 2006.

Levin, V.S., *Dal'nevostochnyy trepang. Biologiya, Promysel, Vosproizvodstvo* (Japanese sea cucumber. Biology, fishing, reproduction), St. Petersburg: Holland Publ., 2000.

Lysenko, V.N., Zharikov, V.V., and Lebedev, A.M., Current status of populations of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) in the Far Eastern Marine Reserve, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2018, vol. 44, no. 2, pp. 164–171.

Maslennikov, S.I. and Podkorytov, A.G., Features of the distribution of the Far Eastern trepang in the open water area of the Amur Bay, *Nauchn. Tr. Dal'rybvtuza*, 2009, vol. 21, pp. 45–54.

Mokretsova, N.D. and Viktorovskaya, G.I., Rehabilitation ability of sea cucumber (*Apostichopus japonicus* Selenka) resources in Primorskiy region coastal zone, *Rybovod. Rybn. Khoz.*, 2015, no. 4, pp. 16–27.

Kim, G.N., Kalinina, G.G., Vasilyeva, N.S., Sovetkina, A.S., Kim, A.G., and Samoilova, A.A., RF Patent no. 122844, Cage for growing sea cucumbers, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2012. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=RU92286422>

Rogachev, V.G., Dolganov, S.M., and Medvedev, V.A., RF Patent no. 2689676, Method for bottom cultivation of mariculture objects in semi-free conditions, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2018. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=RU243750024>

Dolganov, S.M., Rogachev, V.G., and Medvedev, V.A., RF Patent no. 2730611, Plant for trepangs cultivation, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2020. URL: <https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=RU305244007>

Rakov, V.A., Growth rates and duration of life in the sea cucumber *Stichopus japonicus* in the Possiet Bay, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1982, no. 4, pp. 52–54.

Selin, N.I. and Chernyayev, M.Zh., Distribution patterns, settlement structure and growth of the sea cucumber *Stichopus japonicus* in Vostok Bay, the Sea of Japan, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1994, vol. 20, no. 1, pp. 73–81.

Yagodina, V.D. and Brykov, V.A., The genetic diversity of mtDNA of *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) (Echinodermata: Holothuroidea) in Peter the Great Gulf, Sea of Japan, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2023, vol. 49, no. 1, pp. 38–46. doi 10.1134/S1063074023010108

Kang, J.H., Kim, Y.K., Kim, M.J., Park, J.Y., An, C.M., Kim, B.S., Jun, J.C., and Kim, S.K., Genetic differentiation among populations and color variants of sea cucumbers (*Stichopus japonicus*) from Korea and China, *Int. J. Biol. Sci.*, 2011, vol. 7, no. 3, pp. 323–332. doi: 10.7150/ijbs.7.323

Lee, J.W., Gil, H.W., Lee, D.H., Kim, J.K., and Hur, J.W., Variations of size and density of sea cucumber (*Stichopus japonicus*) released to the habitat conditions, *Ocean Polar Res.*, 2018, vol. 40, no. 2, pp. 69–75. (Korean). doi 10.4217/OPR.2018.40.2.069

Soliman, T., Kanno, M., Kijima, A., and Yamazaki, Y., Population genetic structure and gene flow in the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* across Toyama Bay, Japan, *Fish. Sci.*, 2012, vol. 78, no. 4, pp. 775–783. doi 10.1007/s12562-012-0509-1

Yang, H., Hamel, J., and Mercier, A., *The sea cucumber Apostichopus japonicus: history, biology and aquaculture*, London: Academic Press, 2015.

Doklad o sostoyanii i razviti konkurentsii na tovarnykh rynkakh Primorskogo kraja po itogam 2022 goda (Report on the state and development of competition in the commodity markets of the

Primorsky Territory based on the results of 2022), Vladivostok: Government of Primorsky Krai, 2023. URL: <https://plan.fas.gov.ru/media/ckeditor/uploads/2023/06/07/2022.pdf>

Poryadok predostavleniya otchetnosti ob ob'yeme vipuska v vodnyye ob'yekty i ob'yeme iz'yatiya iz vodnikh ob'yektov ob'yektov akvakul'tury (The procedure for reporting on the volume of release into water bodies and the volume of withdrawal of aquaculture objects from water bodies), Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, dated 06/10/2021, no. 691. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202111290080>

Tekhnologiya razvedeniya trepanga i morskogo yezha (Technology of breeding sea cucumber and sea urchin), Qingdao: Maritime University, 2001 (Chin.).

Uchebnoye posobiye po razvedeniyu i vyrashchivaniyu grebeshka i trepanga v Kitaye (Training manual on breeding and culture of scallop and sea cucumber in China), *Regional Sea farming Development and Demonstration Project (RAS/90/002)*, Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific, 1991, Train. Man. no. 9. URL: <https://enaca.org/?id=472>

Spravochnik v oblasti akvakul'tury (ribovodstva) (Handbook of Aquaculture (Fish farming)), Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, dated 06/15/2015, no. 247 (ed. dated 08/03/2022). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420284843>

Metodika opredeleniya minimal'nogo ob'yema ob'yektov akvakul'tury, podlezhashchikh razvedeniyu i (ili) sodержaniyu, vyrashchivaniyu, a takzhe vypusku v vodnyy ob'yekt i iz'yatiyu iz vodnogo ob'yekta v granitsakh rybovodnogo uchastka (Methodology for determining the minimum volume of aquaculture objects subject to breeding and (or) maintenance, cultivation, as well as release into a water body and removal from a water body within the boundaries of a fish breeding area), Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, dated 03/15/2017, no. 124 (ed. dated 09/21/2023). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420396544>

Поступила в редакцию 28.03.2024 г.

После доработки 3.05.2024 г.

Принята к публикации 5.06.2024 г.

The article was submitted 28.03.2024; approved after reviewing 3.05.2024; accepted for publication 5.06.2024