

УДК 639.4.06

**А.С. Табельская, Г.С. Гаврилова***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИПРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4**РОСТ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ
ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS*
(THUNBERG, 1793) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Впервые в зал. Петра Великого оценены темпы роста и выживаемость молоди тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), полученной в заводских условиях в южном Приморье. Работы по выращиванию молоди проводились в Центре марикультуры на о. Попова (зал. Петра Великого, Японское море). Для осаживания спата использовались субстраты двух типов: перфорированные пластиковые пластины площадью 7,1 дм² (субстрат 1) и раковины гребешка площадью около 0,8 дм² (субстрат 2). Выращивание на морских участках осуществлялось на подвесных конструкциях, расположенных в бухте Воевода и прол. Старка. Научно-исследовательские работы проводились с третьей декады сентября 2019 г. по третью декаду октября 2020 г. В течение указанного периода размеры большинства особей по высоте раковины увеличились в 12–18 раз. Приросты составили 55–90 и 25–65 мм соответственно на пластинах и раковинах гребешка. Более 28 % особей с субстрата 1 достигли минимального товарного размера (80–100 мм) в сентябре 2020 г., в октябре этот показатель составил 59 %. На субстрате 2 в октябре 2020 г. количество устриц минимального товарного размера не превышало 9 %. Выживаемость была оценена в период с середины октября 2019 г. по июль 2020 г. Средняя выживаемость на пластинах составила 46,9 % (от 28,8 до 98,2 %), на раковинах гребешка — 33,5 % (от 4,0 до 78,3 %). Проведенные исследования показали жизнеспособность заводской молоди тихоокеанской устрицы, полученной в южном Приморье. Выращивание моллюсков в зал. Петра Великого (в зал. Воеводы и прол. Старка) с соблюдением технологических мероприятий (пересадка, прореживание, очистка субстратов от обрастания) позволило получить особей минимального товарного размера осенью 2020 г. Данные, полученные в ходе работ, будут использованы при разработке биотехники культивирования товарной устрицы в акватории зал. Петра Великого, с применением заводского посадочного материала, выращенного на предприятиях края.

Ключевые слова: тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*, заводская молодь, коллекторы, садковое выращивание, рост, выживаемость, бухта Воевода, пролив Старка, залив Петра Великого.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-712-722.

* Табельская Анна Сергеевна, ведущий специалист, e-mail: anna-tabelskaya@yandex.ru; Гаврилова Галина Сергеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: galina.gavrilova@tinro-center.ru.

Tabelskaya Anna S., leading specialist, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: anna-tabelskaya@yandex.ru; Gavrilova Galina S., D.Biol., principal researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: galina.gavrilova@tinro-center.ru.

Tabelskaya A.S., Gavrilova G.S. Growth and survival of the hatchery juveniles of pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in Peter the Great Bay // *Izv. TINRO*. — 2021. — Vol. 201, Iss. 3. — P. 712–722.

Growth and survival rates of juveniles of pacific oyster *Crassostrea gigas* are estimated for the first time in conditions of Peter the Great Bay (Japan Sea). The data were collected at artificial hatchery in the Aquaculture Center located on Popov Island in 2019. The juveniles were settled and reared on two types of substrate: 1) perforated plastic plates with the diameter of 30 cm (area 7.1 dm²), and 2) scallop shells with the height about 10 cm (average area 0.8 dm²) mounted in the western Peter the Great Bay (Voevoda Bay) in September 2019. Before placing in this site, the average height of the juveniles' shells did not exceed 7 mm. In July 2020, after the 9-month exposure of the collectors with spat in the Voevoda Bay, the height increased in 12–18 times and reached 55–90 mm on the substrate 1 and 25–65 mm on the substrate 2. Then the oysters reared on the substrate 1 were replaced from the plastic plates to the cage shelves and the cages were moved to the Stark Strait. Difference in the growth rate became more apparent in September 2020, when the height of shells settled on the plastic plates reached 67 mm, on average (73 % in the range 50–85 mm) and for the shells settled on the scallops — 32 mm, on average (72 % in the range 20–45 mm). The shell height increased to 76.6 and 52.4 mm, respectively, to the end of October 2020. Finally, about 59 % of the oysters reared on the substrate 1 and cage shelves and 9 % of the oysters reared on the substrate 2 reached the commercial size (80–100 mm). Their survival in the period from mid-October 2019 to July 2020 is estimated as 46.9 % (28.8–98.2 %) for the substrate 1 and 33.5 % (4.0–78.3 %) for the substrate 2. On the substrate 1, survival of the mollusks attached to lower surface of the plates was twice higher. The survival had a tendency to decrease with increasing of the juveniles density. The experiment showed good viability for artificially hatched juveniles of pacific oyster in conditions of Peter the Great Bay. Their growth in the Voevoda Bay and the Stark Strait, with necessary technological measures, as replacing, thinning, and substrate cleaning from fouling, allows to produce oysters with the commercial size.

Key words: pacific oyster, *Crassostrea gigas*, hatchery juvenile, collector, cage rearing, growth rate, survival, Voevoda Bay, Stark Strait, Peter the Great Bay.

Введение

В мировой практике марикультуры заводское получение спата тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* распространено достаточно широко. У побережья южного Приморья интерес к выращиванию молоди вида в контролируемых условиях обозначился в последние годы в связи с увеличением спроса на товарную устрицу и, соответственно, необходимостью получения больших объемов посадочного материала. При этом сбор спата на коллекторы в акватории зал. Петра Великого не позволяет ежегодно обеспечивать стабильно высокие урожаи, так как гидрологические условия не всегда способствуют успешному воспроизводству этого субтропическо-низкобореального вида [Гаврилова, Кондратьева, 2018].

Технологии культивирования тихоокеанской устрицы на основе использования заводской молоди, разработанные и успешно применяемые за рубежом и на черноморском побережье [Oyster culture in Japan, 1950; Золотницкий, 1990; Helm et al., 2004; Крючков, 2007, 2014; Пиркова и др., 2013; Холодов и др., 2017], требуют доработки и адаптации к условиям зал. Петра Великого. В значительной степени это касается этапа подращивания заводской молоди до товарной продукции в природных условиях, так как темпы роста и выживаемость гидробионтов определяются не только качеством посадочного материала, но и экологическими условиями бухт, а также особенностями конструкций марикультурных плантаций.

В Приморье существует опыт выращивания товарных устриц из спата, собранного в природных условиях. Для юго-западных районов зал. Петра Великого разработаны биотехнологические нормативы ее культивирования на морских участках с использованием спата, полученного в естественных условиях [Справочник..., 2002; Инструкция..., 2011]. В последнее десятилетие руководство по культивированию моллюсков этого

вида было доработано с учетом новых данных, позволяющих рекомендовать технологические приемы промышленного выращивания устриц разного товарного качества [Технологическая инструкция..., 2018]. Подращивание заводского спата устрицы, полученного в Приморье, в природных условиях края проводилось впервые.

Цель исследования заключалась в изучении роста и выживаемости заводской молоди тихоокеанской устрицы до товарной продукции в условиях бухты Воевода и прол. Старка (зал. Петра Великого, Японское море). Полученные данные станут основой для разработки нормативов этапа подращивания моллюсков первого года жизни.

Материалы и методы

Исследования проводили в западных районах зал. Петра Великого, в бухте Воевода и прол. Старка у побережья о. Попова (рис. 1).

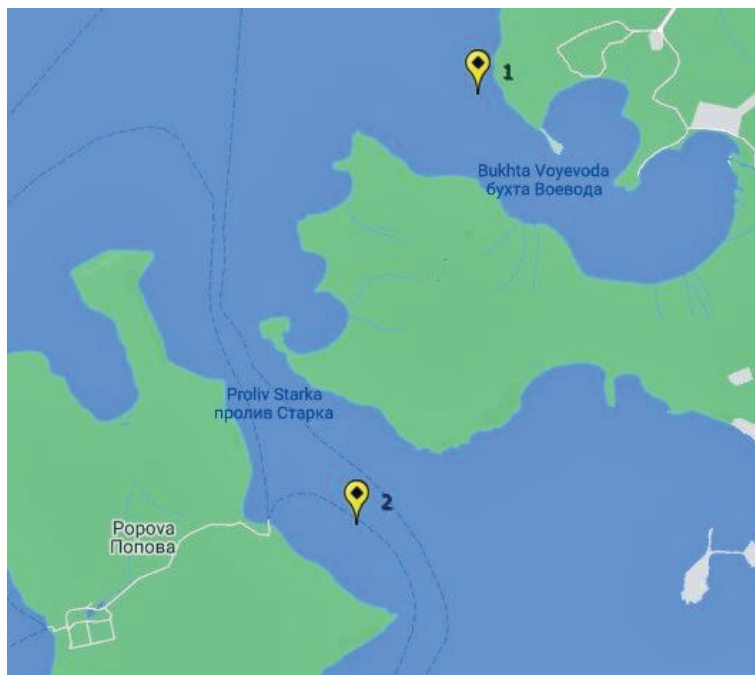


Рис. 1. Расположение коллекторов и садков с устрицей в бухте Воевода (1) и прол. Старка (2)
Fig. 1. Location of oyster collectors and cages in the Voevoda Bay (1) and the Stark Strait (2)

Полуоткрытая бухта Воевода расположена у западного берега о. Русского и имеет площадь около 4 км². Преобладающие глубины составляют 10–13 м, максимальная глубина — 15,5 м. При переходе к внутренней части, условная граница которой отмечена 10-метровой изобатой, бухта сужается почти в два раза, глубины здесь уменьшаются до 5–7 м. Акватория характеризуется слабым воздействием приливных волн, хотя в периоды сильных штормов волнение может превышать 2 балла. На большей части бухты, наряду с приливными, преобладают дрейфовые (сгонно-нагонные) течения*. В вершине бухты, в бухтах второго порядка, Круглой и Мелководной, расположены природные устричники. В настоящее время до 30 % водного зеркала бухты занято марикультурными плантациями.

У о. Попова садки с молодько были размещены в прол. Старка, где и в тихую погоду наблюдается интенсивное течение, достигающее 0,5 м/с. Район характеризуется умеренной гидродинамикой и волновой нагрузкой*.

* Лощия Японского моря. Л.: МО СССР, Гл. управление навигации и океанографии, 1972. Ч. 1. 288 с.

В период выращивания устриц в бухте Воевода (с середины октября 2019 г. по июль 2020 г.) среднемесячные температуры поверхностного слоя воды (1 м) варьировали от $-1,6$ до $+18,4$ °С. Содержание в воде хлорофилла-*a* составляло от 0,65 до 2,83 мг/м³. В прол. Старка с июля по октябрь 2020 г. среднемесячные температуры находились в диапазоне от 20,9 до 14,5 °С, содержание хлорофилла-*a* изменялось от 2,37 до 1,59 мг/м³ (спутниковая информация: концентрация хлорофилла-*a* и температура поверхности моря, восстановленные по данным спутникового спектрометра MODIS/AQUA из архива лаборатории промысловой океанографии ТИНРО. Данные получены и обработаны в Центре коллективного пользования Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН (ЦКП)).

Материалом для исследований послужила молодь тихоокеанской устрицы, полученная в Центре марикультуры на о. Попова во второй декаде июля 2019 г. Для осаживания спата в условиях цеха использовались субстраты двух типов: перфорированные пластиковые пластины (далее — пластины) диаметром 30 см, площадью 7,1 дм², применяемые в марикультуре в выростных садках для молоди беспозвоночных (субстрат 1), и раковины гребешка высотой ~10 см, площадью ~0,8 дм² (субстрат 2).

Перед высадкой на морские участки 26.09.2019 г. в Центре марикультуры проведена оценка плотности оседания спата и размеров особей по высоте раковин. Субстраты с молодью были размещены на подвесных установках в бухте Воевода 15 октября 2019 г. Пластины (13 шт.) собраны на капроновую веревку в три гирлянды из 3 и 5 шт. и зафиксированы узелками через равные промежутки (~10 см). Створки гребешка помещены в выростные садки для молоди беспозвоночных (6 садков по 12 полочек), обшитые сеткой с ячейей 5 мм. Гирлянды и садки находились в толще воды на глубинах от 1 до 4 м, в зимний период они были притоплены ниже ледяного покрова.

В первой-второй декаде июля 2020 г. гирлянды пластин и садки с раковинами гребешка были привезены из бухты Воевода в Центр марикультуры, проведены пересадка и разреживание моллюсков, после чего садки разместили на подвесной установке в прол. Старка в диапазоне глубин 1–4 м, где и осуществлялось дальнейшее выращивание.

С субстрата 1 молодь была снята и пересажена в 10-полочный садок, обшитый сеткой с ячейей 5 мм. Устрицы размещены россыпью на полочках садка, плотность посадки составила 200 экз./полочку. В сентябре проведена еще одна пересадка моллюсков с субстрата 1 с уменьшением плотности посадки: сформировано 3 садка (10 полочек в каждом) с плотностью посадки 20 экз./полочку и 2 садка с плотностью 30 экз./полочку, садки обтянуты сеткой с ячейей 10 мм. Раковины гребешка с осевшей молодью устрицы очищены от взвеси и обрастаний и помещены в новые выростные садки с ячейей 10 мм.

Промеры особей по высоте раковины для определения темпов роста были выполнены в условиях Центра марикультуры несколько раз в течение периода проведения работ: 08 июля, 23 сентября и 25 октября 2020 г. — для молоди с субстрата 1; 24 сентября и 25 октября 2020 г. — для молоди с субстрата 2. Моллюсков измеряли по высоте раковин с точностью до 1 мм. Всего было измерено 3847 особей.

Оценка выживаемости моллюсков была проведена в период с 15 октября 2019 г. по 08–09 июля 2020 г. Выживаемость определяли как отношение (в процентах) количества выживших особей к числу осевших в начале эксперимента. Численность выжившей молоди на субстрате 2 оценена на 23 субстратах с одинаковой начальной плотностью 50 экз./субстрат.

Данные обрабатывали с помощью программ MS Excel и Statistica 8.0.

Результаты и их обсуждение

В условиях Центра марикультуры в сентябре 2019 г. на субстрате 1 высота раковин спата устрицы составляла 2–11 мм, среднее значение не превышало 7 мм. Средние и модальные значения высоты раковины существенно не различались ($p > 0,05$ во всех случаях). Незначительные различия были отмечены только на одной из 4 пластин, где

численность прикрепленных моллюсков достигла 1170 экз./субстрат, здесь особи были чуть меньше. Средние и модальные значения высоты раковины на субстрате 2 также особо не различались ($p > 0,05$ во всех случаях). На раковинах гребешка численность мелкоразмерного спата была выше. На субстрате 1 средние и модальные значения высоты раковины заметно снижались при плотности более 165 экз./дм², на субстрате 2 — при 250 экз./дм² (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика заводского спата устрицы на субстрате 1
(перфорированные пластиковые пластины) и субстрате 2 (раковины гребешка)
в сентябре 2019 г.

Table 1

Characteristics of the hatchery oyster juveniles on the substrate 1 (perforated plastic plates)
and substrate 2 (scallop shells) in September 2019

Кол-во промеров, экз.	Кол-во спата		Средняя высота раковины, мм	Модальное значение высоты раковины, мм	Разброс значений высоты раковины, мм
	Экз./субстрат	Экз./дм ²			
<i>Субстрат 1</i>					
200	408	57	5,10 ± 0,14	5	2–10
126	1170	165	3,60 ± 0,15	3	2–9
100	158	22	6,20 ± 0,16	5	4–11
100	85	12	5,50 ± 0,17	4	3–9
<i>Субстрат 2</i>					
100	40	50	5,50 ± 0,17	4	2–12
100	< 200	250	4,50 ± 0,15	3	1–8
100	> 250	312	3,30 ± 0,16	3	1–7
100	> 300	375	4,40 ± 0,17	3	1–9

После 9-месячной экспозиции садков в бухте Воевода (08.07.2020 г.) промеры были выполнены только у молоди на субстрате 1. Значения высоты раковин варьировали от 21 до 31 мм, среднее значение составило 25,2 мм. Позднее, когда выращивание молоди осуществлялось в прол. Старка, средний размер особей с субстрата 1 составил 67,6 мм, на субстрате 2 — 32,0 мм 23.09.2020 г. и соответственно 76,6 и 52,4 мм 25.10.2020 г. В течение указанного периода размеры большинства особей по высоте раковины увеличились в 12–18 раз. Приросты составили 55–90 и 25–65 мм соответственно на пластинах и раковинах гребешка (табл. 2).

Таблица 2

Размеры и приросты раковин устриц в период выращивания в бухте Воевода
и прол. Старка на субстратах 1 и 2, мм

Table 2

Shell height and increments of oyster juveniles during their growing in the Voevoda Bay
and the Stark Strait on the substrates 1 and substrate 2, mm

Показатель	26.09.2019		08.07.2020		23.09.2020		25.10.2020	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Субстрат								
Средняя высота раковины	5,1	4,4	25,2	–	67,6	32,9	76,6	52,4
Максимальная высота раковины	10	12	41	–	94	53	90	91
Минимальная высота раковины	2	1	5	–	33	11	39	17
Средний прирост высоты раковины	–	–	20,1	–	62,5	28,5	71,5	48,0

Примечание. На субстрате 2 в июле 2020 г. промеры раковин не проводились.

В начале эксперимента основу выборки на обоих типах субстратов составляли особи с высотой раковины от 3 до 6 мм (53 и 61 % соответственно на субстрате 1 и 2). На субстрате 1 наиболее часто встречался спат размером 3–4 (19 %) и 5–6 мм (20 %), на субстрате 2 — 4–5 мм (23 %), особи с размером 3–4 и 5–6 мм составили

около 19 % (рис. 2). Размерная структура моллюсков на разных субстратах в дальнейшем существенно различалась.

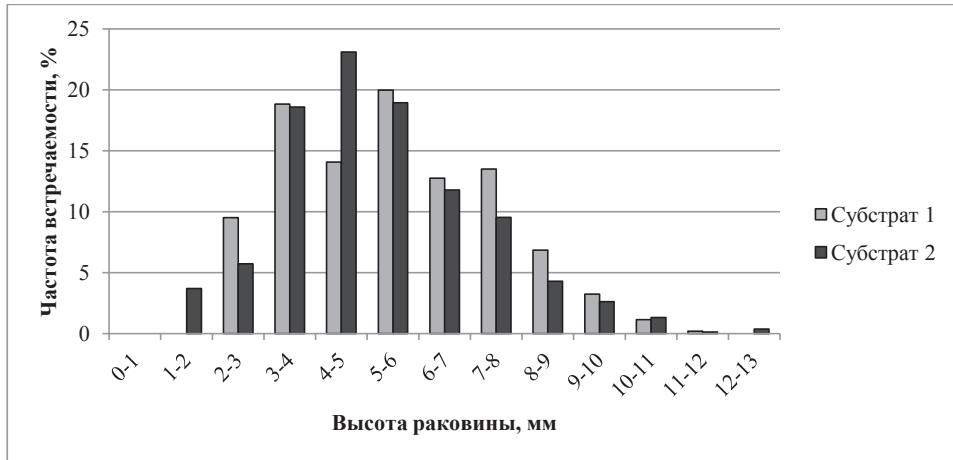


Рис. 2. Размерная структура спата устрицы на субстрате 1 (объем выборки — 526 экз.) и субстрате 2 (объем выборки — 400 экз.) в сентябре 2019 г.

Fig. 2. Size structure of oyster juveniles on the substrate 1 (526 ind. sampled) and substrate 2 (400 ind. sampled) in September 2019

В июле 2020 г. промеры были выполнены только на субстрате 1, где наиболее часто встречались особи с высотой раковины 20–35 (56 %) (рис. 3).

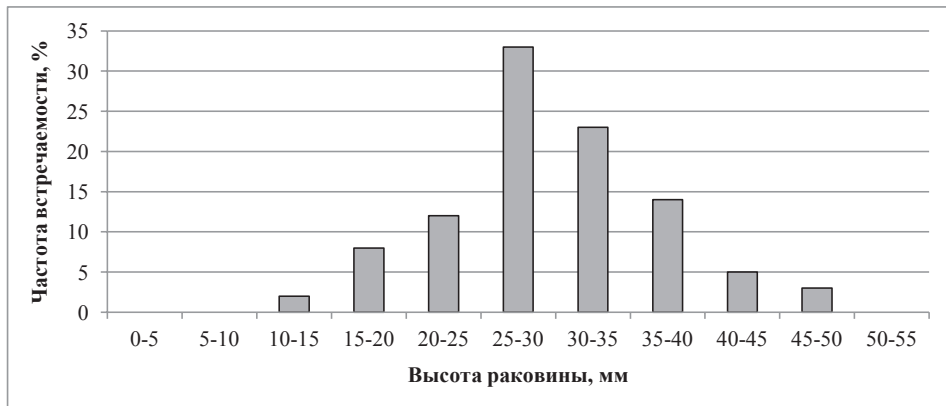


Рис. 3. Размерная структура устрицы на субстрате 1 (объем выборки — 2174 экз.) 8.07.2020 г.

Fig. 3. Size structure of oyster juveniles on the substrate 1 (2174 ind. sampled) on July 8, 2020

Различия в темпах роста на разных субстратах стали очевидны осенью 2020 г. В этот период садки с устрицами находились на установках в прол. Старка. В конце сентября основу выборки с субстрата 1 составили особи с высотой раковины 50–85 мм (73 %), тогда как у устриц с субстрата 2 — 20–45 мм (72 %). Более 28 % моллюсков с субстрата 1 достигли минимального товарного размера (80–100 мм). На субстрате 2 только у 53 % моллюсков в этот период размеры раковины превышали 30 мм, преобладали особи размером 25–30 (22 %) и 40–45 мм (15 %) (рис. 4).

К концу октября товарного размера достигли только 9 % устриц с субстрата 2 и 59 % — с субстрата 1 (рис. 5). Модальную группу среди устриц с субстрата 1 составляли особи с размерами раковины 80–90 мм (41 %), почти 90 % моллюсков имели размеры 60–100 мм.

Выживаемость заводского спата в природе оценена в период с 15.10.2019 по 8–9.07.2020 г. (табл. 3). На субстрате 1 она варьировала от 28,8 до 98,2 %, ее среднее

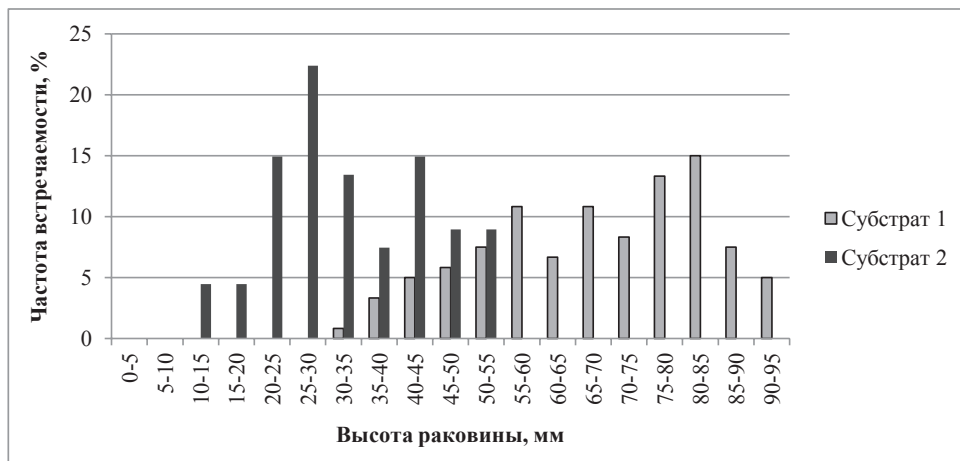


Рис. 4. Размерная структура устриц с субстрата 1 (объем выборки — 220 экз.) и субстрата 2 (объем выборки — 177 экз.) 23.09.2020 г.

Fig. 4. Size structure of oyster juveniles from the substrate 1 (220 ind. sampled) and substrate 2 (177 ind. sampled) on September 23, 2020

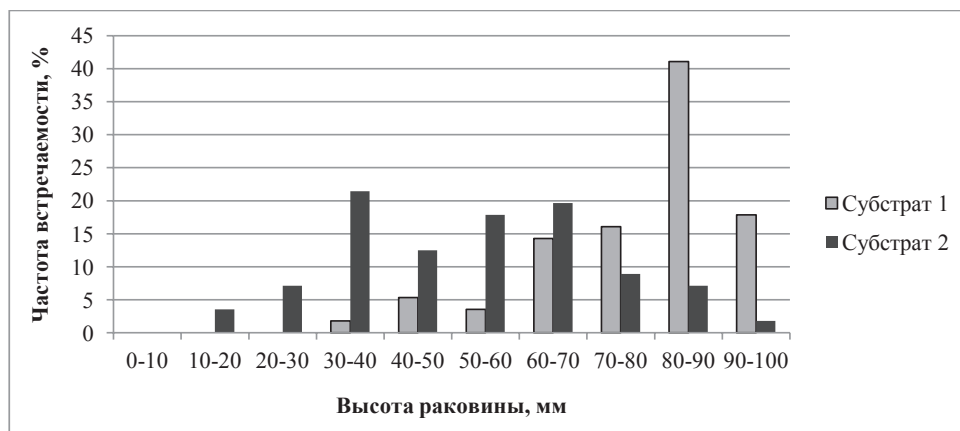


Рис. 5. Размерная структура устриц с субстрата 1 (объем выборки — 150 экз.) и субстрата 2 (объем выборки — 200 экз.) 25.10.2020 г.

Fig. 5. Size structure of oyster juveniles from the substrate 1 (150 ind. sampled) and substrate 2 (200 ind. sampled) on October 25, 2020

значение составило 46,9 %. Выживаемость моллюсков, прикрепленных к нижней поверхности пластин, оказалась вдвое выше, чем на их верхней части; также отмечалось снижение выживаемости при увеличении плотности оседания спата более 22 экз./дм². Вместе с тем из-за значительного разброса данных вряд ли возможно указать точные значения, при которых фактор плотности начинает оказывать влияние на выживаемость.

На субстрате 2 выживаемость устриц оценивалась при одинаковой начальной плотности 50 экз./субстрат (63 экз./дм²). Выживаемость находилась в пределах 4,0–78,3 %, среднее значение в данном варианте подращивания составило 33,5 % и было немногим ниже, чем на пластинах при высокой плотности (23–237 экз./дм²).

Средние размеры заводского спата в сентябре 2019 г., перед высадкой на морские участки, составляли 7 мм и были меньше таковых на коллекторах в природных условиях (10–20 мм) [Технологическая инструкция..., 2018]. По-видимому, рост устриц в искусственных условиях сдерживался плотностью посадки и составом корма, притом что поддерживались оптимальные значения абиотических факторов (температура и соленость воды, содержание растворенного кислорода), а концентрация кормовых

Таблица 3

Выживаемость спата устрицы в период выращивания с 15.10.2019 по 8–9.07.2020 г.

Table 3

Survival of oyster juveniles during the cultivation from October 15, 2019 to July 8–9, 2020

Показатель	Величина
<i>Субстрат 1</i>	
Количество просчитанных пластин, шт.	13
Средняя выживаемость, %	46,9 ± 6,7
Минимальная выживаемость, %	28,8 ± 6,7
Максимальная выживаемость, %	98,2 ± 14,0
Средняя выживаемость на верхней поверхности пластин, %	38,5 ± 5,5
Средняя выживаемость на нижней поверхности пластин, %	80,30 ± 9,22
Средняя выживаемость при плотности спата на пластине 6–22 экз./дм ² , %	80,80 ± 9,28
Средняя выживаемость при плотности спата на пластине 23–237 экз./дм ² , %	38,80 ± 7,84
<i>Субстрат 2</i>	
Количество просчитанных раковин, шт.	23
Средняя выживаемость при плотности 63 экз./дм ² , %	33,50 ± 6,77
Минимальная выживаемость, %	4,0 ± 0,8
Максимальная выживаемость, %	78,3 ± 9,0

микроводорослей соответствовала значениям, указанным в имеющихся руководствах [Helm et al., 2004; Холодов и др., 2017].

Имеющиеся данные о росте молодежи тихоокеанской устрицы показывают, что зал. Петра Великого — район, где продукция моллюсков может быть получена за относительно недолгий срок, несмотря на непродолжительный период благоприятных для роста устрицы температур воды [Раков, Золотова, 1981; Гаврилова, Кучерявенко, 2011; Инструкция..., 2011; Технологическая инструкция..., 2018]. В большинстве мархозайств на Черном море этот вид достигает товарных размеров и массы тела через 18–26 мес. после оседания личинок, притом что температура воды с декабря по февраль понижается только с 10,3 до 8,6 °С и возобновление роста происходит уже в середине марта, когда температура воды повышается до 10 °С и более. Помимо температуры воды ниже 10 °С, лимитирующим фактором линейного роста гигантской устрицы являются и энергетические траты на размножение в нерестовый период, когда рост моллюсков также останавливается. В условиях Черного моря основной прирост (40 % от товарного размера) достигается устрицами в первый год жизни — до понижения температуры воды ниже 10 °С [Холодов и др., 2017]. На юге п-ова Корея, где крупный спат (27 мм) на заводах получают в начале июля, минимального товарного размера (82,5 мм) на плантациях в море устрицы достигают в октябре первого года жизни [Mondol et al., 2012]. Гидрологические условия зал. Петра Великого значимо различаются, поэтому в условиях Приморья ускорить нерест производителей и оседание личинок можно только за счет предварительного, более длительного содержания производителей в искусственных условиях.

Согласно рекомендациям, имеющимся в нормативных документах по выращиванию природного спата устрицы [Инструкция..., 2011; Технологическая инструкция..., 2018], оптимальная плотность молодежи моллюсков на коллекторе (раковине гребешка) составляет 25–30 экз. Разреживание на коллекторах необходимо лишь тогда, когда к концу периода оседания личинок на каждом субстрате будут находиться более 100–150 экз. (125–187 экз./дм²) одноразмерного спата. В нашем эксперименте указанные плотности выращивания спата наблюдались на пластинах и превышали таковые на

раковинах (см. табл. 1), что, по-видимому, также повлияло на скорость роста устриц в естественных условиях.

Средняя выживаемость заводской молодежи устрицы не превышала 47 %. При плотности молодежи на пластинах от 6 до 22 экз./дм², что соответствует нормативам при выращивании природного спата, выживаемость составила более 80 %. В нормативах культивирования устрицы с использованием спата, собранного в природе, приводятся средние значения выживаемости спата до товарных устриц — 50 %, что не многим отличается от полученных величин [Инструкция..., 2011]. В процессе совершенствования технологии представляется возможным получение выживаемости моллюсков более 50 %.

Учитывая особенности производственного цикла получения спата в искусственных условиях, а также необходимость адаптации молодежи моллюсков к условиям акваторий, где планируется их выращивание до товарной продукции, можно предположить, что длительность культивирования, при котором в качестве посадочного материала используется заводской спат, составит 20–22 мес. Период активного роста осенью у моллюсков в возрасте 0+ сокращается из-за поздней высадки на марикультурные плантации и необходимого периода адаптации. При температуре воды ниже 8–10 °С рост молодых устриц прекращается и возобновляется только в мае следующего года. В дальнейшем за 5–6 мес. большинство моллюсков вряд ли смогут достичь товарных размеров (10–12 см) и массы тела (100–120 г). Завершить весь цикл выращивания и получить кондиционных особей за 15 мес. удастся далеко не у всех моллюсков даже в самом теплом районе зал. Петра Великого — зал. Посыета. Для уменьшения периода выращивания устриц до товарных показателей в условиях южного Приморья предлагается усовершенствовать технологию, в частности, проводить нерест производителей в более ранний срок и сократить время выращивания личинок, что может быть выполнено в заводских условиях.

Заключение

Работы по оценке роста и выживаемости заводской молодежи тихоокеанской устрицы, проведенные в зал. Петра Великого в период со второй декады октября 2019 г. по третью декаду октября 2020 г., показали жизнеспособность молодежи тихоокеанской устрицы, полученной в искусственных условиях, несмотря на то, что средние размеры заводского спата в сентябре (7 мм) были меньше таковых на коллекторах в природных условиях (10–20 мм) [Технологическая инструкция..., 2018]. За время выращивания заводской молодежи устриц на морских участках высота раковины у большинства особей увеличилась в 12–18 раз, на пластинах и раковинах гребешка приросты составили соответственно 55–90 и 25–65 мм.

Выращивание устриц на подвесных установках в условиях бухты Воевода и прол. Старка позволило получить осенью 2020 г. моллюсков минимального товарного размера (высота раковины 80–100 мм) при условии применения комплекса технологических мероприятий: пересадка и разреживание моллюсков, очистка субстратов от обрастаний. При соблюдении этих условий осенью 59 % моллюсков с субстрата 1 достигли товарных размеров. На субстрате 2 таких устриц оказалось лишь около 9 %. Отсутствие разреживания для уменьшения плотности моллюсков на субстратах и содержание коллекторов из гребешковых раковин в течение 9 мес. в сетчатых садках, поверхность которых имела значительное обрастание, существенно повлияло на скорость роста моллюсков.

В период с 15.10.2019 по 8–9.07.2020 гг., средняя выживаемость заводской молодежи устрицы составила 46,9 % — на субстрате 1 и 33,5 % — на субстрате 2, разброс величин на субстратах составлял соответственно 28,8–98,2 и 4,0–78,3 %. При плотности молодежи на пластинах от 6 до 22 экз./дм², что соответствует нормативам при выращивании природного спата [Инструкция..., 2011], выживаемость составила более 80 %.

Результаты исследования показали, что наиболее технологичным вариантом субстрата для сбора спата в искусственных условиях являются пластиковые перфо-

рированные пластины. Они имеют большую площадь для оседания молоди, удобны для последующего процесса выращивания устриц и позволяют легко создавать конструкции для дальнейшего пастбищного культивирования. Допустимая плотность спата на таких субстратах по предварительным данным лежит в диапазоне величин 5–22 экз./дм². Следовательно, на площади 7,1 дм² допустимо выращивание до 156 устриц. Таким образом, для производства 1 млн спата с заданной плотностью потребуются около 6,5 тыс. таких субстратов, а, учитывая 50 %-ную смертность моллюсков при выращивании до товарного размера, для получения 1 млн товарных устриц потребуется 13–14 тыс. пластин.

Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность ведущему специалисту И.Л. Цыпышевой за консультации и предоставление материалов по средним температурам и содержанию хлорофилла-*a* в бухте Воевода и прол. Старка, а также к.б.н. И.Ю. Сухину, к.б.н. М.В. Калининой и к.б.н. С.А. Ляшенко за помощь при организации научно-исследовательских работ и сборе материала.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

Концепция исследования — Г.С. Гаврилова, А.С. Табельская; сбор первичного материала, его систематизация и статистическая обработка — А.С. Табельская; обработка и анализ материалов, описание результатов — Г.С. Гаврилова; обсуждение и написание — равное участие.

Список литературы

Гаврилова Г.С., Кондратьева Е.С. Результаты хозяйственной деятельности и проблемы развития марикультуры залива Посьета (Японское море) в 2000–2015 гг. // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 195. — С. 229–243. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-195-229-243.

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

Золотницкий А.П. Методические рекомендации по выращиванию тихоокеанской устрицы в Черном море. — Керчь : АзЧерНИРО, 1990. — 40 с.

Инструкция по технологии культивирования тихоокеанской устрицы / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — 27 с.

Крючков В.Г. Инструкция культивирования черноморской и тихоокеанской устриц в разных районах Черного моря. — Керчь : ЮгНИРО, 2007. — 51 с.

Крючков В.Г. Устричное хозяйство. Пояснительная записка (ПЗ) и экономические расчеты (ЭР). — Керчь, 2014. — 92 с.

Пиркова А.В., Холодов В.И., Ладыгина Л.В. Биотехника выращивания гигантской устрицы *Crassostrea gigas* Thunberg (*Bivalvia*) в Черном море // Рыб. хоз-во Украины. — 2013. — № 2. — С. 36–42.

Раков В.А., Золотова Л.А. Биотехнология промышленного культивирования тихоокеанской устрицы в зал. Петра Великого. — Владивосток : Дальрыба, 1981. — 22 с.

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

Технологическая инструкция по индустриальному выращиванию тихоокеанской устрицы в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне / сост. Г.И. Викторовская, И.Ю. Сухин, А.Ю. Баранов и др. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2018. — 43 с.

Холодов В.Н., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц на Черном море : моногр. — Воронеж : ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ». — 2017. — 508 с.

Helm M.M., Bourne N., Lovatelli A. (comp./ed.) Hatchery culture of bivalves. A practical manual : FAO Fish. Techn. Pap. — Rome : FAO, 2004. — № 471. — 177 p.

Mondol M.R., Kim C.-W., Kim B.-K. et al. Early growth and reproduction of hatchery-produced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Gamakan Bay off the southern coast of Korea // Fish. Sci. — 2012. — Vol. 78, Iss. 6. — P. 1285–1292. DOI: 10.1007/s12562-012-0553-x.

Oyster culture in Japan / A.R. Cahn : Fishery Leaflet. 383. — 1950. — 80 p.

References

Gavrilova, G.S. and Kondratieva, E.S., Results of economic activity and problems of aquaculture development in the Possiet Bay (Japan Sea) in 2000–2015, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 195, pp. 229–243. doi 10.26428/1606-9919-2018-195-229-243

Gavrilova, G.S. and Kucheryavenko, A.V., *Produktivnost' plantatsii dvustvorchatykh mollyuskov v Primorye* (Productivity of Bivalve Farms in Primorsky Krai), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011.

Zolotnitsky, A.P., *Metodicheskiye rekomendatsii po vyrashchivaniyu tikhookeanskoj ustritsy v Chernom more* (Methodical recommendations for the cultivation of the Pacific oyster in the Black Sea), Kerch' : AzCherNIRO, 1990.

Kucheryavenko, A.V. and Zhuk, A.P., *Instruktsiya po tekhnologii kul'tivirovaniya tikhookeanskoj ustritsy* (Instructions on the technology of cultivation of the Pacific oyster), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011.

Kryuchkov, V.G., *Instruktsiya kul'tivirovaniya chernomorskoy i tikhookeanskoj ustritsy v raznykh rayonakh Chernogo morya* (Instruction for the cultivation of the Black Sea and Pacific oysters in different regions of the Black Sea), Kerch' : YugNIRO, 2007.

Kryuchkov, V.G., *Ustrichnoye khozyaystvo. Poyasnitel'naya zapiska (PZ) i ekonomicheskiye raschety (ER)* (Oyster farm. Explanatory note (PZ) and economic calculations (ER)), Kerch', 2014.

Pirkova, A.V., Kholodov, V.I., and Ladygina, L.V., Biotechnics of growing a giant oyster *Crassostrea gigas* Thunberg (*Bivalvia*) in the Black Sea, *Ryb. khoz-vo Ukrainy*, 2013, no. 2, pp. 36–42.

Rakov, V.A. and Zolotova, L.A., *Biotekhnologiya promyshlennogo kul'tivirovaniya tikhookeanskoj ustritsy v zal. Petra Velikogo* (Biotechnology industrial cultivation of the Pacific oyster in the hall. Peter the Great), Vladivostok: Dal'ryba, 1981.

Kucheryavenko, A.V., Gavrilova, G.S., and Biryulina, M.G., *Spravochnik po kul'tivirovaniyu bespozvonochnykh v yuzhnom Primorye* (A Reference Book for Cultivation of Invertebrates in Southern Primorsky Krai), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2002.

Viktorovskaya, G.I., Sukhin, I.Yu., Baranov, A.Yu., Lyashenko, S.A., and Kalinina, M.V., *Tekhnologicheskaya instruktsiya po industrial'nomu vyrashchivaniyu tikhookeanskoj ustritsy v dal'nevostochnom rybokhozyaystvennom bassejne* (Technological instruction for the industrial cultivation of Pacific oysters in the Far Eastern fisheries basin), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2018.

Kholodov, V.I., Pirkova, A.V., and Ladygina, L.V., *Vyrashchivaniye midiy i ustrits na Chernom more* (Cultivation of Mussels and Oysters in the Black Sea), Voronezh: ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017.

Helm, M.M., Bourne, N., and Lovatelli, A., comp./ed., Hatchery culture of bivalves. A practical manual, *FAO Fish. Techn. Pap.*, Rome: FAO, 2004, no. 471.

Mondol, M.R., Kim, C.-W., Kim, B.-K., Kang, C.-K., and Choi, K.-S., Early growth and reproduction of hatchery-produced Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Gamakan Bay off the southern coast of Korea, *Fish. Sci.*, 2012, vol. 78, no. 6, pp. 1285–1292. doi 10.1007/s12562-012-0553-x

Oyster culture in Japan, Cahn, A.R., Fishery Leaflet. 383, 1950.

Lotsiya Yaponskogo morya (Navigation of the Sea of Japan), St. Petersburg: Gl. Upr. Navig. Okeanogr. Minist. Oborony, 1972, pt 1.

Поступила в редакцию 5.04.2021 г.

После доработки 28.07.2021 г.

Принята к публикации 16.08.2021 г.