

УДК 574.622

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СОДЕРЖАНИЯ
МОЛОДИ И ПОЛОВОЗРЕЛОГО СЕРОГО
МОРСКОГО ЕЖА *STRONGYLOCENTROTUS
INTERMEDIUS* В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО
ВОДОИСПОЛЬЗОВАНИЯ (УЗВ)**

**Т. А. Кокорина (tatyana.kokorina02@mail.ru),
Д. Е. Чумаков, И. В. Сырбу**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)

Сахалинский филиал («СахНИРО»)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196

Кокорина Т. А., Чумаков Д. Е., Сырбу И. В. Некоторые результаты содержания молоди и половозрелого серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в установках замкнутого водоиспользования (УЗВ) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2022. – Т. 18. – С. 56–67.

В эксперименте с применением установок замкнутого водоиспользования (УЗВ) удалось установить, что содержание серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* эффективно при температуре воды 5 и 9 °С, с нормативной плотностью посадки 6–7 кг половозрелых особей и 2 кг молоди на 1 000 л. Интенсивность питания половозрелых особей ламинарией в сутки в среднем составляла 35,2 г корма на 1 кг животных, а молоди – 48,75 г. Кормовой коэффициент, полученный при содержании молоди серого морского ежа при температуре 5 °С, составил 6 кг, а при 9 °С – 7 кг на 1 кг увеличения массы тела.

При моделировании показателей роста молоди серого морского ежа определена среднегодовая скорость увеличения диаметра панциря и массы в месяц, которые составили 1,8 мм и 1,09 г соответственно. При пересчете на год размеры молоди серого морского ежа с 2-летнего к 3-летнему возрасту в среднем должны увеличиваться на 21,6 мм, а масса – на 13 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аквакультура, содержание гидробионтов в условиях УЗВ, серый морской еж, интенсивность питания.

Табл. – 6, ил. – 2, библиогр. – 17.

Kokorina T. A., Chumakov D. E., Syrbu I. V. Some results of the maintenance of juveniles and mature gray sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* in recirculating water systems (RAS) // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2022. – Vol. 18. – P. 56–67.

In an experiment using recirculating water supply systems (RAS), it was found that keeping the gray sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* is effective at water temperatures of 5 and 9 °C, with

a standard stocking density of 6–7 kg of mature individuals and 2 kg of juveniles per 1 000 l. The intensity of feeding of sexually mature individuals with kelp per day averaged 35.2 g of feed per 1 kg of animals, and juveniles – 48.75 g. The feed coefficient obtained when keeping gray sea urchin juveniles at a temperature of 5°C was 6 kg, and at 9°C – 7 kg per 1 kg of body weight increase.

When modeling the growth rates of juveniles of the gray sea urchin, the average annual rate of increase in the diameter of the shell and weight per month was determined, which amounted to 1.8 mm and 1.09 g, respectively. When recalculated for a year, the size of juvenile gray sea urchin from 2 years to 3 years of age should increase by an average of 21.6 mm, and weight by 13 g.

KEYWORDS: aquaculture, maintenance of hydrobionts under RAS conditions, gray sea urchin, nutrition intensity.

Tabl. – 6, fig. – 2, ref. – 17.

ВВЕДЕНИЕ

Серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* – важный объект промысла в Сахалино-Курильском регионе в течение последних 20 лет, его ежегодный вылов здесь составляет около 7 тыс. т. Практически весь выловленный еж экспортируется в Японию в живом виде. Распределение промысловой нагрузки на поселения серого морского ежа не всегда соответствует рекомендациям рыбохозяйственной науки, что приводит к локальным переловам и устойчивому сокращению его ресурсов в ряде районов о. Сахалин (Левин, Коробков, 2003; Галанин и др., 2012).

Кроме того, в результате антропогенного воздействия на прибрежные экосистемы (гидротехническое строительство, аварии и т. п.) возникает необходимость компенсации ущерба водным биологическим ресурсам. Для решения задачи восстановления ресурсов серого морского ежа методом искусственного воспроизводства, утраченных по разным причинам, необходимо иметь возможность получения и содержания его молоди (посадочного материала). Первые эксперименты по культивированию морских ежей в нашей стране проводились в 70–80-е гг. прошлого века (Евдокимов, 1979; Найдено, Дзюба, 1982; Найдено, 1983), однако развитие эти работы получили только в 2000-е гг. (Викторовская и др., 2004).

Опыты по массовому культивированию серого морского ежа проводились в 2003–2006 гг. в научно-производственном центре марикультуры «Заповедное», расположенном на побережье бухты Киевка (Японское море). Разрабатывались бионормативы и отработывалась биотехника культивирования этого объекта в «заводских» условиях (Сухин, 2008). Применительно к иглокожим наилучшим является способ получения «посадочного материала» в аквариальных условиях от ремонтно-маточного стада. Смоделированные в аквариальной условия содержания животных позволяют повысить эффективность нереста и выживаемость личинок и молоди, а также сократить сроки роста и развития (Левин, Коробков, 2003; Сухин, 2008).

Цель настоящей работы – определить биотехнические показатели оптимального содержания и интенсивности питания маточного стада и молоди серого морского ежа в установках замкнутого водоиспользования. Однако кроме апробации отдельных этапов известных методик получения «посадочного материала» решались такие задачи, как изучение показателей пищевой активности и изменения основных биологических характеристик молоди и половозрелых особей серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* при различных температурах, что позволяет уточнить некоторые производственные процессы, протекающие в естественных поселениях в условиях побережья о. Сахалин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ

Эксперимент проводили с марта по декабрь 2021 г. В качестве объекта аквакультуры использован серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius*. Работы выполняли в аквариальной Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») в УЗВ, которые представляют собой прямоугольные бассейны из пластика, армированного стекловолокном, со встроенным биофильтром. Объем УЗВ – 1 м³, объем биофильтра – 0,1 м³. В виде наполнителя биофильтра использовалась коралловая крошка. Максимальная проточность воды в УЗВ составляла 0,001 м³/мин. Обеззараживание воды в УЗВ осуществлялось циркулирующей через ультрафиолетовый стерилизатор (Sanitron SS901TN (BS245-1)).

Схема эксперимента предполагала изучение динамики гидрохимических и биологических параметров при разных температурных условиях содержания животных. Эксперименты проводились в нескольких УЗВ с заданными плотностью посадки, проточностью, интенсивностью кормления (количество пищи, потребляемой в единицу времени, отнесенное к массе потребителя), но при разном температурном режиме отдельно для маточного стада и молоди серого морского ежа (табл. 1, 2).

Таблица 1

**Схема эксперимента по содержанию маточного стада
серого морского ежа в УЗВ**

Table 1

Scheme of the experiment on keeping the gray sea urchin broodstock in RAS

Номер УЗВ/Т, °С	Норма посадки, кг/м ³	Периодичность кормления	Исследуемый параметр	Периодичность отбора проб
Продолжительность эксперимента – 60 суток				
1/4–5°C 2/9–10°C 3/15–16°C	7	По мере съедания* корма	Диаметр панциря ежа, мм	Раз в 14 дней
			Масса тела, г	
			Масса гонад, г	
			ГИ, %	
			Отход, экз.	Ежедневно
			Масса потребленного корма, г	По мере внесения
			рН, ед.	Раз в 10 дней
			О ₂ , мг/дм ³ – процент насыщения	
			S, ‰	
			T, °C	Ежедневно
			N–NO ₃ , мкг/дм ³	Раз в 10 дней
			N–NO ₂ , мкг/дм ³	
			N–NH ₄ , мкг/дм ³	
			P–PO ₄ , мкг/дм ³	

* По нашим наблюдениям, интенсивность съедания корма (ламинарии) морскими ежами в УЗВ зависит от температуры и варьируется в пределах от 0,1 до 0,3 кг водорослей в сутки, при норме посадки 6–7 кг/м³.

Таблица 2

Схема эксперимента по содержанию молоди серого морского ежа в УЗВ

Table 2

Scheme of the experiment on keeping juvenile gray sea urchin in RAS

Номер УЗВ/Т, °С	Норма посадки, кг/м ³	Периодичность кормления	Исследуемый параметр	Периодичность отбора проб
Продолжительность эксперимента – 80 суток				
1/4–5 °С 2/9–10 °С	2	По мере съедания* корма	Диаметр, мм	Раз в 14 дней
			Масса тела, г	
			Отход, экз.	Ежедневно
			Масса потребленного корма, г	По мере внесения
			pH, ед.	Раз в 10 дней
			O ₂ , мг/дм ³ – процент насыщения	
			S, ‰	
			T, °С	Ежедневно
			N–NO ₃ , мкг/дм ³	Раз в 10 дней
			N–NO ₂ , мкг/дм ³	
			N–NH ₄ , мкг/дм ³	
			P–PO ₄ , мкг/дм ³	

** По нашим наблюдениям, интенсивность съедания корма (ламинарии) морскими ежами в УЗВ зависит от температуры и варьируется в пределах от 0,1 до 0,3 кг водорослей в сутки, при норме посадки 6–7 кг/м³.*

Кормовой коэффициент считали по схеме: количество корма, съеденного за период выращивания, делили на прирост, полученный за этот период. Прирост общий – средний прирост гидробионтов за период (по результатам анализов), умноженный на общее количество гидробионтов (с учетом отхода).

В мае (для маточного стада) были подготовлены три УЗВ, в июле (для молоди) – две. После их заполнения отфильтрованной морской водой, подключения системы стерилизации и аэрации была установлена проточность воды в системе в объеме 0,001 м³/мин. При этом были взяты контрольные пробы воды (параметры которых соответствовали естественным концентрациям биогенов в месте забора морской воды из прибрежной зоны моря) для мониторинга гидрохимических (фоновых) параметров среды – таких, как pH, концентрация растворенного в воде кислорода (O₂) и процентное насыщение воды кислородом (% нас.), соленость (S, ‰) и температура (T, °С), а также концентрации соединений азота и фосфора: аммония, нитритов, нитратов и фосфатов (N–NO₂, N–NO₃, N–NH₄, P–PO₄) (ГОСТ 31861-2012, 2013). В дальнейшем отбор проб для гидрохимического анализа проводили раз в десять дней.

В ходе экспериментов определяли биологические показатели объекта исследований: для маточного стада – диаметр, массу тела, массу гонад, половую принадлежность, а для молоди – диаметр и массу тела. До помещения серых морских ежей в УЗВ были измерены их размерно-весовые характеристики. В дальнейшем определение основных биологических показателей животных из экспериментальных УЗВ проводили с интервалом 14 суток. Для выполнения

биоанализа и промера из каждого УЗВ в произвольном порядке отлавливали выборку из 10 экз. взрослых особей и 50 экз. молоди. После биологического анализа остатки морских ежей утилизировали, а после промера диаметра панциря и массы тела – возвращали обратно в УЗВ (табл. 3).

Таблица 3

Количество отобранных и обработанных проб

Table 3

Number of samples taken and processed

Дата	Показатели	Количество проб	Число исследованных параметров
Половозрелые особи			
03.03.2021	Гидрохимические	3	8
12.05.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	3
17.05.2021	Гидрохимические	2	8
24.05.2021	Биологические	3 (10 экз. в пробе)	3
25.05.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
26.05.2021	Гидрохимические	3	8
01.06.2021	Биологические	3 (10 экз. в пробе)	3
07.06.2021	Гидрохимические	3	8
16.06.2021	Биологические	3 (10 экз. в пробе)	3
17.06.2021	Гидрохимические	3	8
28.06.2021	Гидрохимические	3	8
01.07.2021	Биологические	3 (10 экз. в пробе)	3
08.07.2021	Гидрохимические	3	8
15.07.2021	Биологические	3 (10 экз. в пробе)	3
19.07.2021	Гидрохимические	3	8
Молодь			
03.08.2021	Гидрохимические	2	8
06.08.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
12.08.2021	Гидрохимические	2	8
20.08.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
23.08.2021	Гидрохимические	2	8
06.09.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
06.09.2021	Гидрохимические	2	8
16.09.2021	Гидрохимические	2	8
20.09.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
29.09.2021	Гидрохимические	2	8
04.10.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
13.10.2021	Гидрохимические	2	8
18.10.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
25.10.2021	Гидрохимические	2	8
01.11.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
10.11.2021	Гидрохимические	2	8
15.01.2021	Биологические	2 (50 экз. в пробе)	2
19.11.2021	Гидрохимические	2	8

Для формирования маточного стада серого морского ежа использовали выборку половозрелых особей, собранных при помощи водолазов у западного побережья о. Сахалин (47° с. ш.), размещенных для проведения эксперимента 12 мая в трех УЗВ. Плотность посадки составила 110 экз. на УЗВ, что соответствует 7 кг/м³. Температура воды в УЗВ при заселении ежей составляла 4–5 °С. За период адаптации температурный режим в УЗВ привели в соответствие с запланированной в эксперименте: УЗВ № 1 – 5±0,5 °С, УЗВ № 2 – 9±0,7 °С и УЗВ № 3 – 15±1 °С.

С 12–19 мая была выполнена адаптация серого морского ежа к аквариальным условиям. В качестве кормов использовали двухгодичную *Laminaria japonica* (Евсеева, 2002). Далее, также в течение недели (19–24 мая) эмпирическим путем установлено количество корма, усваиваемое на 99%, – 240 г в два дня на один акватрон. Такой режим кормления поддерживался в ходе всего эксперимента.

Для проведения эксперимента с молодью серого морского ежа размером 20–30 мм по диаметру панциря отловили в естественной среде обитания, там же, где и половозрелых особей у юго-западного побережья о. Сахалин, и разместили в двух УЗВ. Плотность посадки составила 200 экз. на УЗВ, что соответствовало биомассе около 2 кг/м³. Температура воды в УЗВ при заселении составляла 15 °С. За период адаптации температурный режим в УЗВ привели в соответствие с запланированной в эксперименте: УЗВ № 1 – 5±0,5 °С, УЗВ № 2 – 9±0,7 °С.

В течение нескольких дней происходила адаптация молоди серого морского ежа к аквариальным условиям. Для кормления молоди использовали *Laminaria japonica* как наиболее подходящий объект питания данного вида (Евсеева, 2002). Впоследствии эмпирическим путем был установлен объем корма, усваиваемый в среднем на 90%, – 100 г в сутки на один акватрон. В дальнейшем такой режим кормления поддерживали в течение всего эксперимента.

Исследования проб воды проводили по применяемой с 2014 г. «СахНИРО» аттестованной методике измерения массовой концентрации нитритного азота и массовой концентрации нитритного азота в природных (морских и пресных) водах и очищенных сточных водах фотометрическим методом (св-во об аттестации № 223.0178/01.00258/2014) сертифицированными измерителями соответствующих параметров: величину рН измеряли потенциометрическим методом с помощью портативного рН-метра МА-130 фирмы «Mettler Toledo GmbH»; концентрацию растворенного в воде кислорода и процентное насыщение воды кислородом – портативным оксиметром Seven2Go S9 фирмы «Mettler Toledo GmbH»; соленость – электрохимическим анализатором воды «Eutech SALT 6+» фирмы «Eutech Instruments»; концентрацию биогенных элементов (N–NO₂, N–NO₃, N–NH₄, P–PO₄) – фотометрическим методом на спектрофотометре UV-2600 фирмы «Shimadzu».

Биологические показатели объекта изучения определяли путем измерений и взвешиваний (измерение размеров – с точностью до 1 мм, взвешивание – до 0,1 г). В ходе эксперимента отход серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* был незначительным и на гидрохимические показатели воздействия не оказывал.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ контрольных проб морской воды из УЗВ (исходные параметры, соответствующие натуральным концентрациям биогенов в месте забора морской воды для аквариальной) показал, что качество воды соответствует нормам, принятым для морских УЗВ (Сандер, 2004), и обеспечивает комфортные условия обитания морских ежей.

За период содержания половозрелых особей и молоди серого морского ежа после помещения в УЗВ были обработаны 37 проб воды из пяти установок (табл. 4).

Таблица 4

**Средние значения гидрохимических показателей воды
в экспериментах по содержанию половозрелых особей
и молоди серого морского ежа в УЗВ**

Table 4

**Average values of hydrochemical parameters of water in experiments
on the content of mature and juvenile gray sea urchins in the ultrasound**

Показатели	Половозрелые			Молодь	
	5 °С	9 °С	15 °С	5 °С	9 °С
Температура, °С	4,36±0,14	8,30±0,27	14,80±0,42	4,99±0,08	8,70±0,13
Соленость, ‰	30,47±0,15	29,95±0,24	29,88±0,5	29,17±0,28	29,06±0,23
рН, ед.	7,70±0,03	7,73±0,02	7,68±0,05	7,73±0,02	7,62±0,03
O ₂ , мг/дм ³ /‰ нас.	9,19/86,19	8,31/85,77	6,97/80,25	9,82/93,26	8,53/88,38
N-NH ₄ , мкг/дм ³	13,0±3,0	29,0±10	9,0±3	4,3±1,0	5,8±1,22
N-NO ₂ , мкг/дм ³	1,37±0,27	3,20±1,31	3,34±0,44	0,33±0,11	0,78±0,23
N-NO ₃ , мкг/дм ³	4 359,49±984,3	6 482,34±1 309,91	8 560,0±1 556,3	0,8–0	1,1–1,6
P-PO ₄ , мкг/дм ³	889,41±93,52	942,13±9 943	1 124,70±114,2	1 388,80	3 461,5±421,8

По: РД 52.18.595-96, 1996; РД 52.10.738-2010, 2010; РД 52.10.772-2013, 2014; РД 52.10.742-2017, 2017.

Биотехнологические показатели содержания половозрелых особей и молоди серого морского ежа в УЗВ в среднем, а также их изменение от начала к концу экспериментов дают возможность описать ход экспериментов и направленность изменения параметров (рис. 1, 2, табл. 5, 6).

Половозрелые серые морские ежи были представлены особями в возрасте 5–6 лет, составляющими основу нерестовой группировки в естественных поселениях у западного побережья о. Сахалин (Бажин, 1995). Размеры и масса взрослых особей в ходе экспериментов при всех трех температурных режимах содержания (5, 9 и 15 °С) менялись незначительно. Только в последнюю декаду в акватроне с температурой воды 5 и 15 °С масса достоверно увеличилась (см. рис. 1), что явилось следствием увеличения интенсивности питания одновременно с началом созревания гонад. Динамика массы тела ежей при температуре 15 °С отличалась большей изменчивостью, чем при 5 и 9 °С. Сравнение размерно-массовых характеристик, а также величины гонадного индекса половозрелых особей при разных температурных условиях (5, 9 и 15 °С) показало общую схожесть.

Важно отметить, что при стабильных условиях содержания (по солености и гидрохимическим параметрам и доступу к необходимому количеству пищи), но разной температуре воды половозрелые особи серого морского ежа в какой-то момент увеличивают интенсивность питания и начинают готовиться к нересту (увеличивается гонадный индекс). Общая зависимость величины гонадного индекса от интенсивности питания морских ежей, а не от температурных условий, отмечалась и другими исследователями (Викторовская и др., 2004).

В ходе наблюдения за молодью серого морского ежа (2–3-годовики) отмечено постепенное увеличение размеров и массы в течение всего периода наблюдений (см. рис. 2). Измерение гонадного индекса для молоди было неактуальным, так как большинство особей были неполовозрелыми.

Рост молоди, содержащейся при температуре 5 °С, составил 22% от первоначального, а при 9 °С – 28%. Прирост массы тела составил 33 и 50% соответственно (см. табл. 6). Скорость увеличения диаметра панциря серого морского ежа при температуре 5 °С составила 0,1 мм в сутки, а при 9 °С – 0,14 мм в сутки. Для сравнительной оценки показателей роста мы рассчитали величину прироста серого морского ежа в возрасте 2–3 года за год.

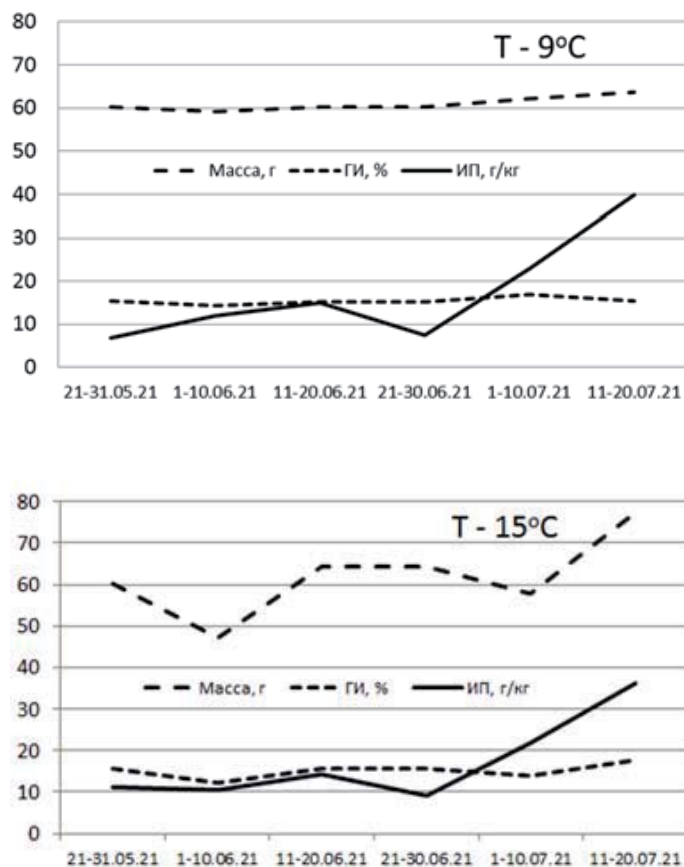


Рис. 1. Изменение массы, гонадного индекса и интенсивности питания половозрелых особей серого морского ежа при разных температурных условиях в УЗВ: ИП – интенсивность питания, г/кг, ГИ – гонадный индекс

Fig. 1. Changes in the size and mass characteristics and intensity of nutrition of mature gray sea urchins under different temperature conditions in the RAS: IP – power intensity, GI – gonadal index

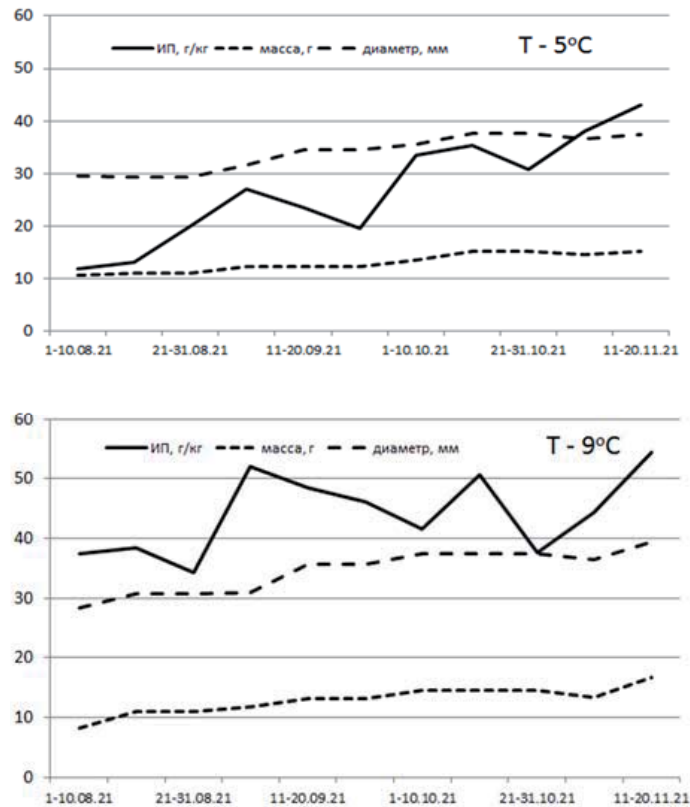


Рис. 2. Изменение размерно-массовых характеристик и интенсивности питания молоди серого морского ежа при разных температурных условиях в УЗВ: ИП – интенсивность питания, г/кг, ГИ – гонадный индекс

Fig. 2. Changes in the size and mass characteristics and intensity of nutrition of juvenile gray sea urchins under different temperature conditions in the RAS: IP – power intensity, GI – gonadal index

В основу оценки были положены условия, при которых «гидрологическая зима» в прибрежье о. Сахалин длится шесть месяцев (ноябрь–апрель), когда морские ежи практически не растут, а четыре «летних» месяца (июнь–сентябрь), наоборот, растут наиболее интенсивно. Оставшиеся два месяца (май и октябрь) – это «гидрологические весна и осень», которые мы уравнили по условиям. Показатели скорости роста, полученные нами при температуре 5°C, использовали для характеристики весеннего и осеннего роста, а при 9°C – летнего. В итоге среднегодовая скорость роста молоди серого морского ежа, смоделированная с использованием результатов наших экспериментов, составила в месяц по диаметру панциря 1,8 мм, а по массе – 1,09 г. При пересчете на год размеры молоди серого морского ежа с 2-летнего к 3-летнему возрасту в среднем должны увеличиваться на 22,7 мм, а масса – на 13 г. Показатели выращивания молоди серого морского ежа в аквариальных условиях в 2002–2003 гг. ненамного больше, чем в естественных (в садках в зал. Владимира в Приморском крае) (Сухин, 2008; Павлючков, Шепель, 2013).

Таблица 5

**Результаты измерений биотехнических показателей содержания
и размерно-массовых характеристик половозрелого
серого морского ежа в ходе экспериментов**

Table 5

**The results of measurements of biotechnical indicators
of the content and size-mass characteristics of a mature
gray sea urchin during experiments**

Показатели	Половозрелые											
	5 °С				9 °С				15 °С			
	начало	конец	прирост	%*	начало	конец	прирост	%	начало	конец	прирост	%
Диаметр, мм	55,5	55,5	0	0	55	55	0	0	56,1	56,1	56,1	–
Масса, г	60,23	74,12	13,8	23	60,2	63,8	3,6	6	60,2	77,3	17,1	28
ГИ, %	15,5	17,3	1,8	12	15,5	15,5	0	0	15,5	17,8	2,3	15
Интенсивность питания, 1 г корма на 1 кг морских ежей в сутки	9,7	29,3	19,6	202	6,8	40	33,2	488	11,2	36,2	22	200

* Прирост к первоначальному значению.

Таблица 6

**Результаты измерений биотехнических показателей содержания
и размерно-массовых характеристик молоди серого морского ежа
в ходе экспериментов**

Table 6

**The results of measurements of biotechnical indicators
of the content and size-mass characteristics of a juvenile
gray sea urchin during experiments**

Показатели	Молодь							
	5 °С				9 °С			
	начало	конец	прирост	%*	начало	конец	прирост	%
Диаметр, мм	29,5	37,4	7,9	27	28,4	39,5	11,1	39
Масса, г	10,6	15,2	4,6	43	9,7	16,7	7	72
ГИ, %	–	–	–	–	–	–	–	–
Интенсивность питания, 1 г корма на 1 кг морских ежей в сутки	11,9	43,1	31,2	262	37,4	54,4	17	46

* Прирост к первоначальному значению.

В ходе всех выполненных исследований интенсивность питания и половозрелых особей, и молоди серого морского ежа увеличилась от начала к концу экспериментов в несколько раз, за исключением опыта с молодь при температуре 9 °С (см. рис. 3). Морские ежи из «маточного стада» две трети

времени питались с одинаковой интенсивностью, а предпоследнюю и последнюю декаду повысили ее в три-четыре раза. Интенсивность питания молодежи отличалась от таковой половозрелых особей неравномерной динамикой как при 5 °С, так и при 9 °С. В течение всего эксперимента интенсивность питания молодежи при 5 °С была ниже, чем при 9 °С, но в начале эксперимента разница была 4-кратной, а в конце – только 1,3-кратной (см. табл. 5, 6).

На основе полученных данных удалось установить величину кормового коэффициента для молодежи серого морского ежа, который при 5 °С составил 6 кг, а при 9 °С – 7 кг корма на 1 кг увеличения массы объекта выращивания (см. табл. 5). По данным японских исследований, кормовой коэффициент для серого морского ежа при температуре воды 6 °С составляет 6 кг корма на 1 кг увеличения массы (Fuji, 1960). Исходя из результатов наблюдений, можно предположить, что интенсивность питания серого морского ежа при прочих благоприятных условиях положительно связана с увеличением размерно-массовых характеристик. Считаем, что у молодежи эта связь выражена больше, чем у половозрелых особей, в связи с ее активным ростом.

В ходе экспериментов по определению оптимальных условий содержания половозрелых особей (маточного стада) и молодежи серого морского ежа установлено, что половозрелые особи серого морского ежа питались с такой интенсивностью (на последнем этапе), на 1 кг ежей приходилось 35,2 г ламинарии в сутки (в среднем для всех условий), а на 1 кг молодежи ежей – 48,75 г ламинарии в сутки. При таких показателях 1 т морских ежей в сутки способна съесть в среднем 40 кг ламинарии, а 10 тыс. т ежей – 400 т. В естественных условиях, где места обитания серого морского ежа и произрастания ламинарии часто совпадают, «истребление» водорослей морскими ежами обычно не происходит. Однако нужно понимать, что с таким уровнем потребления пищи серый морской еж способен негативно повлиять на ресурсы ламинарии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыты по культивированию серого морского ежа проводились в 2021 г. в аквариальной Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО». В эксперименте удалось установить, что содержание половозрелых особей серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* эффективно при температуре воды 5 и 9 °С, с нормативной плотностью посадки (6–7 кг на 1 000 л) и питании ламинарией в количестве 35,2 г корма на 1 кг животных. Для молодежи, содержащейся при температуре воды 5 и 9 °С, с нормативной плотностью посадки (2 кг на 1 000 л) и питании ламинарией в количестве 48,75 г корма на 1 кг животных размерно-массовые характеристики в ходе экспериментов закономерно увеличивались. Содержание нитратов, нитритов и фосфатов в воде с увеличением температуры увеличивалось, но везде было ниже ПДК. Кормовой коэффициент, полученный при содержании молодежи серого морского ежа при температуре 5 °С, составил 6 кг, а при 9 °С – 7 кг на 1 кг увеличения массы тела.

Моделирование показателей роста молодежи серого морского ежа с использованием результатов наших экспериментов позволило определить среднегодовую скорость увеличения диаметра панциря и массы в месяц, которые составили 1,8 мм и 1,09 г соответственно. При пересчете на год размеры молодежи серого морского ежа с 2-летнего к 3-летнему возрасту в среднем должны увеличиваться на 21,6 мм, а масса – на 13 г.

Полученные результаты могут быть использованы как рекомендации к этапам по содержанию половозрелых особей и молоди серого морского ежа в аквариальных условиях в рамках получения посадочного материала. Данные по интенсивности питания и показателям роста при разных температурных условиях можно применять при разработке рекомендаций по рациональному использованию ресурсов как морских ежей, так и ламинарии.

ЛИТЕРАТУРА

Бажин А. Г. Видовой состав, условия существования и распределения морских ежей рода *Strongylocentrotus* морей России : Дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток : ИБМ ДВО РАН, 1995. – 126 с.

Викторовская Г. И., Седова Л. Г., Борисовец Е. Э. и др. Биологическая характеристика скопленной серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) в прибрежной зоне Приморья (Японское море) // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 139. – С. 225–259.

Галанин Д. А., Дубровский С. В., Репникова А. Р. и др. Современное состояние ресурсов прибрежных беспозвоночных и водорослей Сахалино-Курильского региона, проблемы промысла и перспективы развития марикультуры // Тр. СахНИРО. – 2012. – Т. 13. – С. 44–60.

ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – М. : Стандартинформ, 2013. – 36 с.

Евдокимов В. В. Морские ежи из половых клеток, полученных методом температурной стимуляции // Цит. исслед. мор. организмов. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1979. – С. 55–56.

Евсеева Н. В. Особенности питания морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) // Тр. СахНИРО. – 2002. – Т. 3. – С. 110–117.

Левин В. С., Коробков В. А. Морские ежи России. Биология, промысел, использование. – СПб. : ДОРН, 2003. – 256 с.

Найденко Т. Х. Лабораторная культура морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* // Биология моря. – 1983. – № 4. – С. 45–54.

Найденко Т. Х., Дзюба С. М. Рост и созревание морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* в лабораторных условиях // Биология моря. – 1982. – № 4. – С. 20–24.

Павлючков В. А., Шепель Н. А. Особенности естественного воспроизводства и роста молоди серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в зал. Владимира (Японское море) // Вопр. рыболовства. – 2013. – Т. 14, № 2. – С. 321–335.

РД 52.18.595-96. Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды (с Изменениями № 1 от 01.07.2003, № 2 от 01.03.2010, № 3 от 01.09.2015). – СПб. : Гидрометеиздат, 1996. – 48 с.

РД 52.10.738-2010. Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом. – М. : ФГУ «ГОИН», 2010. – 28 с.

РД 52.10.772-2013. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего. – М. : ФГУ «ГОИН», 2014. – 32 с.

РД 52.10.742-2017. Объемная концентрация сероводорода в морской воде. Методика измерений йодометрическим методом. – М. : ФГУ «ГОИН», 2017. – 15 с.

Сандер М. Техническое оснащение аквариума. – М. : Изд-во «Астрель» ; Изд-во «АСТ», 2004. – 256 с. – (Пер. с нем. яз.).

Сухин И. Ю. Опыт получения и выращивания серого морского ежа в заводских условиях // Материалы науч. конф. «Совр. состояние вод. биоресурсов», 2008. – С. 798–801.

Fuji A. Studies on the biology of the sea urchin. II. Size at first maturity and sexuality of two sea urchins *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius* // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. – 1960. – Vol. 11. – P. 43–48.