

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр  
(ФГУП "ТИНРО-центр")

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Научная конференция, посвященная  
*70-летию С.М. Коновалова*

25–27 марта 2008 г.



Владивосток  
2008

**УДК 639.2.053.3**

**Современное состояние водных биоресурсов** : материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. — 976 с.

ISBN 5-89131-078-3

Сборник докладов научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов», посвященной 70-летию С.М. Коновалова, доктора биологических наук, профессора, директора ТИНРО в 1973–1983 гг., содержит материалы по пяти секциям: «Биология и ресурсы морских и пресноводных организмов», «Тихоокеанские лососи в пресноводных, эстуарно-прибрежных и морских экосистемах», «Условия обитания водных организмов», «Искусственное разведение гидробионтов», «Биохимические и биотехнологические аспекты переработки гидробионтов».

**ISBN 5-89131-078-3**

© Тихоокеанский научно-исследовательский  
рыбохозяйственный центр (ТИНРО-центр),  
2008

## ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

И.Ю. Сухин

ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: suhin@tinro.ru

Серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* Agassiz является ценным промысловым видом. Однако активный промысел оказывает негативное влияние на его естественные скопления, во многих районах нарушая их структуру. Эффективной мерой по поддержанию численности и структуры скоплений морских ежей может стать расселение молоди, искусственно получаемой в заводских условиях.

В настоящее время культивирование морских ежей наиболее развито в Японии, где только в 2000 г. было выпущено в море свыше 84 млн экз. молоди морских ежей всех видов (Sakai et al., 2003).

Эксперименты по культивированию морских ежей в нашей стране проводились в 70–80-е гг. прошлого века (Евдокимов, 1979; Найденко, Дзюба, 1982; Найденко, 1983).

Опыты по массовому культивированию серого ежа проводились в 2003–2006 гг. в научно-производственном центре марикультуры «Заповедное», расположенном на побережье бухты Киевка (Японское море). В ходе их разрабатывались бионормативы и отработывалась биотехника культивирования этого объекта в заводских условиях. Использовались материалы и оборудование, применяемые на предприятиях по культивированию беспозвоночных. Вода, применявшаяся при стимуляции нереста производителей и для содержания эмбрионов личинок, проходила очистку с помощью фильтра 40 мкм. Осевшая молодь выращивалась в воде, прошедшей только грубую очистку с помощью песчано-гравийного фильтра. Личинки выращивались в прозрачных пластиковых емкостях объемом 500 и 1000 л, осевшая молодь — в емкостях объемом 2000 л. Аэрация воды осуществлялась непосредственно в этих емкостях. Температура воды на всех этапах составляла 17–20 °С. Смена воды в емкостях осуществлялась в капельном режиме. Скорость протока в ходе выращивания личинок составляла 0,5–1,0 объема воды в сутки, в выростных ваннах — 1,0–2,0 объема в сутки.

Работы по получению личинок и молоди серого морского ежа включали несколько основных этапов: определение сроков нереста и отлов производителей; получение половых продуктов и оплодотворение; инкубирование эмбрионов и выращивание планктонных личинок; получение и выращивание осевшей молоди. Срок проведения нереста определялся путем мониторинга состояния гонад серого ежа в бухте Киевка. Периодически проводимый для этого биоанализ показал, что яйцеклетки диаметром около 100 мкм появляются в гонадах в конце июля. Массовый нерест серого ежа в этом районе отмечается в первой—второй декаде августа. Производителей добывали водолажным способом в районе НПЦМ вблизи зарослей водорослей, так как личинки от самок морских ежей из богатых пищей биотопов быстрее развиваются и имеют более высокую выживаемость (George, 1996). Перевозка животных осуществлялась в емкостях с морской водой, так как осушение и перегрев могут спровоцировать нерест. Для получения зрелых половых продуктов морских ежей использовалось два метода: 1) стимуляция нереста инъекцией 0,5М раствора KCl (Евдокимов, 1993; Sakai et al., 2003); 2) из вскрытых животных (Сайто, 1991). При химической стимуляции нереста через перистомальную мембрану в полость тела вводили 1–2 мл раствора KCl, через несколько секунд после инъекции начинался вымет половых клеток. При использовании второго метода гонады морских ежей помещали в 800-миллилитровые стаканы с фильтрованной морской водой, где и происходило выделение половых клеток. Через 5–10 мин крупные фрагменты гонады удаляли, процеживая взвесь клеток через сито 500 мкм. Для обеспечения генетической разнородности и большей выживаемости личинок, использовались половые продукты от нескольких производителей (3–5 самок и 2–3 самца). Рабочая плодовитость самок серого ежа из бухты Киевка составляла от 0,2 до 12,6 млн, в среднем — около 5,0 млн. Оплодотворение проводили, добавляя в емкость с яйцеклетками 5–10 мл взвеси спермы. Оплодотворенные яйцеклетки отмывали от излишка спермы и переносили в емкости для культивирования.

Выращивание эмбрионов и личинок позволило проследить процесс их развития и отработать методические приемы и режим культивирования серого ежа в промышленных условиях. В ходе раннего онтогенеза морские ежи последовательно проходят стадии бластулы, гастролы, малого плутеуса («призмы»), плутеуса I стадии («4 рук»), плутеуса II стадии («6 рук»), плутеуса III стадии («8 рук»), после чего происходит метаморфоз, и личинка превращается в осевшую молодь (классификация личинок приводится по: Kawamura, 1970; Крючкова, 1976).

В течение первых суток проходило эмбриональное развитие. Примерно через 1 ч после оплодотворения происходило первое деление. Стадия гастролы достигалась через 20–24 ч с момента оплодотворения. Размер гастролы составлял 180–200 мкм.

Через 48 ч период эмбрионального развития заканчивался, появлялись личинки на стадии малого плутеуса («призмы»). Размер их составлял 150x300 мкм.

Плотность посадки эмбрионов на начальном этапе выращивания была довольно высокой и достигала от 2–3 до 20 экз./мл. К моменту окончания эмбрионального развития плотность посадки уменьшали до 1,0–1,5 экз./мл путем перелива в свободные емкости, так как при более высокой плотности снижалась выживаемость личинок.

Через 3 сут с момента нереста личинки достигали стадии плутеуса I («4 руки»). В ходе развития личинки росли, размер плутеусов I увеличивался с 200x450 до 400x600 мкм. В возрасте 8–9 сут у личинок закладывалась третья пара «рук» и они переходили на стадию плутеус II. Размер личинок этой стадии составлял от 350x600 до 500x700 мкм.

Через 2–3 сут после перехода на стадию плутеус II (на 11–12-е сут с момента нереста) личинки переходили на стадию плутеус III. На этой стадии размер личинок составлял 450x650–500x750 мкм. На 15–16-е сут с момента оплодотворения личинки изменяли свою форму и концентрировались преимущественно в нижних слоях воды. Метаморфоз начинался на 18–19-е сут, и заканчивался на 20–21-е сут с момента оплодотворения появлением осевшей молоди.

Средние сроки развития и средний размер эмбрионов и личинок серого ежа приведены в табл. 1.

В условиях массового культивирования продолжительность периода планктонного развития, продолжительность отдельных стадий и размер личинок серого ежа оказались близкими к приводимым в литературе (Сайто, 1991).

Величины выживаемости в процессе развития приведены в табл. 2. Наиболее критической является стадия оседания и метаморфоза.

Полученные данные позволяют на основании ежесуточного контроля численности, размеров и формы личинок своевременно фиксировать отклонения в развитии и выбраковывать аномально развивающиеся партии.

Питаются личинки серого ежа начинают в возрасте 2 сут. Кормом для личинок служили планктонные микроводоросли *Dunaliella salina*, *Chaetoceros gracilis* и *Phaeodactylum*

Таблица 1  
Сроки развития и размер личинок разных стадий

Стадия	Время (суток с момента оплодотворения)	Размер, мкм
Гастрола	1	180–200
Малый плутеус	2	150x300
Плутеус I	4	200x450–400x600
Плутеус II	8	350x600–500x700
Плутеус III	13	450x650–500x750

Таблица 2  
Выживаемость личинок серого ежа на разных стадиях

Стадия	Выживаемость, %	
	2003	2006
Малый плутеус — плутеус I	95,14	86,19
Плутеус I — плутеус II	76,47	25,97
Плутеус II — плутеус III	57,83	54,26
Малый плутеус — плутеус III	37,06	12,14
Плутеус III — молодь	4,78	1,18
Малый плутеус — молодь	1,80	0,14

*tricornutum*. Концентрацию микроводорослей в емкостях с личинками поддерживали на уровне 10–30 тыс. кл./мл. Заполнение желудков личинок кормом контролировалось, в тех случаях, когда желудки были полностью заполнены, количество вносимого корма уменьшали.

Необходимым условием получения осевшей молоди является своевременное внесение в емкости с личинками субстратов для оседания, так как отсутствие их приводит к задержке метаморфоза и гибели личинок.

В наших работах в качестве субстратов для оседания применялись прозрачные гофрированные пластины, на которых была предварительно выращена бактериально-водорослевая пленка, обладающая индуцирующим метаморфоз действием (Pearse, Scheibling, 1991). Пластины в кассетах помещали в емкости на 15–16-е сут с момента оплодотворения, когда личинки достигали стадии позднего плутеуса III и концентрировались в нижних слоях воды. Концентрация прикрепленных диатомовых водорослей, являющихся подходящим кормом для молоди размером менее 3–4 мм (Сайто, 1991), составляла не менее 100 тыс. кл./см<sup>2</sup> субстрата. Кроме того, в первую неделю после оседания в емкости в качестве дополнительного корма вносили планктонные микроводоросли.

Через 10–14 дней после оседания молодь на субстратах переносили в выростные ванны. На момент переноса ежи имели диаметр панциря 0,5–0,7 мм.

В 2006 г. в связи с консервацией завода на зимний период молодь через 2,3 мес с момента оседания была расселена в море. Диаметр ее панциря к этому времени составлял в среднем 1,12 мм. Зимой 2003/04 г. выращивание молоди осуществлялось в условиях цеха. В возрасте 3 мес (в декабре) ее средний диаметр достиг 1,78 мм.

Ежи диаметром 2 мм и более начинают питаться макроводорослями. Для обеспечения этим кормом их через 3 мес после оседания переносили с пластин в открытые сверху садки «корзины» из сита с ячейей 1 мм. Садки устанавливались в выростных емкостях так, чтобы верхний край находился выше уровня воды, а дно их не касалось дна емкости. В садке размером 60x100x40 см содержалось до 5 тыс. молоди серого ежа.

В садках ежей кормили живыми ульвой и ламинарией, а также порошком из ламинарии, который перед внесением в садки замачивали в морской воде. Корм вносился в избытке. Мелкие фрагменты корма и фекалии падали на дно емкости, откуда собирались сифоном.

Скорость роста ежей, питавшихся ламинарией, была значительно больше, чем питавшихся ульвой (табл. 3). Кормление порошком из ламинарии дало худшие результаты, чем применение живой ламинарии, но лучшие, чем ульвы.

Таблица 3

Рост молоди серых ежей при питании разными видами корма

Показатель	Порошок из ламинарии	Живая ламинария	Живая ульва
Диаметр панциря на 11 января, мм	1,75	1,71	1,62
Диаметр панциря на 31 января, мм	2,32	3,41	1,72
Прирост, мм	0,57	1,67	0,10
Суточный прирост, %	1,62	4,97	0,30

Скорость роста разных особей серого ежа существенно различалась. Для того чтобы более крупные ежи не оказывали негативного влияния на мелких, периодически (1 раз в месяц) производилась сортировка молоди по размеру. В 2 садках были размещены животные с диаметром панциря 10–20 мм, в 2 садках — с диаметром панциря 5–10 мм, а в остальных 4 садках содержались ежи размером менее 5 мм.

Оптимальная температура для роста молоди составляет 17–18 °С. В ходе 20-суточного эксперимента выявлено, что понижение ее негативно сказывается на росте молоди (табл. 4). Однако из-за значительных энергозатрат удалось поддерживать температуру воды в зимний период на уровне 6–10 °С.

В возрасте 7 мес молодь достигла размера 4–6 мм. Выживаемость за период подращивания была достаточно высокой, и за 7 мес с момента оседания составила 62 %. Эксперименты показали, что при подращивании в контролируемых условиях до августа (возраст 11 мес)

Величины прироста и рационы молоди серого ежа  
при разных температурах

Показатель	Температура		
	4–6 °С	12 °С	18 °С
Прирост массы молоди за 1 сут, %	1,29	1,57	2,38
Рацион, мг	–	0,50	2,50
Рацион, %	–	4,88	15,89

средний диаметр панциря молоди достигает 15 мм. За рубежом исследователи считают животных такого размера наиболее пригодными для расселения (Сайто, 1991).

Проведенные экспериментальные работы, в ходе которых было получено несколько генераций личинок и молоди серого ежа, позволили подобрать оптимальные параметры и методические приемы культивирования. Отработаны основные этапы биотехнологии культивирования серого ежа в заводских условиях. Полученные данные могут использоваться для искусственного культивирования этого объекта в промышленных масштабах.

### ЛИТЕРАТУРА

- Евдокимов В.В. Морские ежи из половых клеток, полученных методом температурной стимуляции // Цитологические исследования морских организмов. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. — С. 55–56.
- Евдокимов В.В., Викторская Г.И., Бирюкова И.В. Биотехнология получения молоди морского ежа *Strongylocentrotus nudus* в контролируемых условиях. — Владивосток: ТИНРО, 1993. — 16 с.
- Крючкова Г.А. Морфология личиночного скелета морских ежей залива Восток Японского моря // Биол. моря. — 1976. — № 4. — С. 45–54.
- Найденко Т.Х. Лабораторная культура морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* // Биол. моря. — 1983. — № 4. — С. 51–55.
- Найденко Т.Х., Дзюба С.М. Рост и созревание морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* в лабораторных условиях // Биол. моря. — 1982. — № 4. — С. 20–24.
- Сайто К. Искусственное разведение посадочной молоди морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* / Хоккайдский центр рыборазведения. — 1991. Nichiro. corp. — Пер. с яп., НТИ 6-2.
- George S.B. Echinoderm egg and larval quality as a function of adult nutritional state // Colloq. interact, fact. biotiq. et abiotiq. cycle vie invertébrés mar., Villefranche-sur-Mer: Oceanol. acta. — 1996. — Vol. 19, № 3–4. — P. 97–308.
- Kawamura K. On the development of planktonic larvae of Japanese sea urchins, *Strongylocentrotus intermedius* and *S. nudus* // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. Stat. — 1970. — Vol. 12 — P. 25–32.
- Pearse Ch.M., Scheibling R.E. Effect of macroalgal, microbial films, and conspecifics on the induction of metamorphosis of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller) // J. Exp. Mar. Biol. and Ecol. — 1991. — Vol. 147, № 2. — P. 147–162.
- Sakai Y., Tajima K-I., Agatsuma Y. Mass production of seed of Japanese edible sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* and *Strongylocentrotus nudus* // Sea Urchins: Fisheries and Ecology Proceedings of the International Conference on Sea-Urchin fisheries and Aquaculture. — 2003. — P. 287–298.