

Л.Г.Седова, Г.И.Викторовская

**ВЛИЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ АКТИВНОСТИ
НА СКОРОСТЬ ПИТАНИЯ У МОРСКОГО ЕЖА
STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS (AGASSIZ)**

В последние годы промысел морских ежей заметно активизировался, что сказалось на общей численности популяции. В этой связи появилась необходимость в разработке комплексных мероприятий по рациональному использованию и воспроизводству данных гидробионтов. Восстановление промысловых скоплений морских ежей путем расселения молоди, а также направленное формирование или поддержание маточных концентраций невозможно, если ежи не будут получать пищу в достаточном количестве.

Известно, что на скорость питания ежей оказывают влияние многие факторы, такие как состав и качество пищи, температура, размеры особей, состояние их репродуктивной системы (Fuji, 1967; Холодов, 1981; Lawrence, Lane, 1982; Левин и др., 1987; Agatsuma et al., 1996; и др.). Отмечено, что рационы неполовозрелых животных изменяются в течение года сравнительно слабо, а рационы старших возрастных групп наиболее подвержены изменениям по сезонам.

Цель настоящей работы – определение скорости питания серых морских ежей на разных стадиях зрелости их половых желез. Информация, полученная в результате данных трофологических исследований, позволит правильно рассчитывать допустимое количество ежей на имеющихся и создаваемых плантациях ламинарии.

Объектами исследования служили промысловые особи серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* из различных районов побережья Приморья. Их собирали с глубины 5–18 м водолазным способом.

Эксперименты по определению скорости питания (рационов) ежей проводили в аквариальных и полевых условиях с апреля по октябрь на разных стадиях созревания их гонад. При проведении опытов у животных штангенциркулем (с точностью до 0,5 мм) измеряли диаметр панциря. Общую массу тела (W , г) и массу гонады (W_r , г) определяли (после обсушивания марлей) на электронных или аптекарских весах с точностью до 0,1 г.

Состояние репродуктивной системы оценивали по величине гонадного индекса (**ГИ**, %) и гистологически. Величину **ГИ** – наиболее доступного количественного показателя, характеризующего наполнение гонад у животных сопоставимых размеров, – определяли по соотношению:

$$\mathbf{ГИ} = (W_r / W) * 100 \%$$

Для определения стадии зрелости и качественного состояния желез гонады морских ежей исследовали на постоянных препаратах и при-

Средние значения рационов серых морских ежей на разных стадиях зрелости гонад
Average values of sea grey urchin rations at different stages of gonads maturity

Месяц	Температура, °С	Диаметр панциря, мм	Общая масса (W), г	ГИ, %	Стадия зрелости гонад ежа	Рацион (P), г/экз. x сут	P/W·100, %
Апрель	3-4	49-60	68,2 ± 11,0*	8,4 ± 2,4	1-2	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,5
Май	8-9	52-55	67,3 ± 10,9	5,1 ± 1,2	1-2	1,3 ± 0,5	1,9 ± 0,2
Август	18-19	50-65	68,3 ± 14,4	30,5 ± 1,7	3	0,4 ± 0,3	0,6 ± 0,3
		51-53	65,0 ± 3,1	11,3 ± 2,3	3	2,9 ± 1,2	4,5 ± 1,5
Октябрь	10	50-51	62,0 ± 1,0	2,4 ± 0,3	4	0,5 ± 0,2	0,8 ± 0,2
		45-55	55,9 ± 3,0	1,4 ± 0,5	0-1	0,9 ± 0,3	1,6 ± 0,4

* Ошибка среднего значения (95 %-ный уровень значимости).

жизненных мазках. Гистологические препараты готовили по общепринятой методике (Меркулов, 1969).

Самым удобным разделением репродуктивного цикла морских ежей на стадии развития, с нашей точки зрения, является выделение пяти стадий (Yamamoto et al., 1988) в модификации Г.И.Викторовской (1999).

Для определения рационов ежей поселяли по одному в трехлитровые сосуды, накрытые ситом. Сосуды помещали в те же условия, в каких ежи содержались до опытов. Предварительно животных акклимировали к условиям эксперимента в течение 12-24 ч. Продолжительность опытов составляла 1-2 сут, в течение которых воду через 0,5 сут в сосудах частично меняли, чтобы особи не испытывали недостатка в кислороде. Задавалось определенное количество корма. По окончании опыта остатки корма, не съеденные ежами, собирали, подсушивали марлей и взвешивали. Рационы в единицах сырой массы определяли по разности между массой предложенной пищи и ее остатку в расчете на одни сутки. В аквариальных условиях до проведения экспериментов животных содержали в акватронах Океанариума ТИПРО-центра. Корм задавали ежедневно в избытке. При акклимации животных к условиям эксперимента температуру воды в акватронах поддерживали на определенном уровне в зависимости от температуры воды в море. Значение солёности воды составляло $32,0 \pm 0,5$ ‰. Значение прочих показателей колебалось в следующих пределах: насыщение воды кислородом - 102-120 %, рН 7,6-8,0, NH_3 0,05-0,54 мг N/л, и соответствовало природным.

В качестве корма ежам предлагалась двухгодичная ламинария японская *Laminaria japonica* (Aresch). Было проведено 4 серии опытов (по 5-15 повторностей в каждой) в апреле, мае, августе и октябре (сезоны соответствуют определенным стадиям зрелости половых желез ежей).

В апреле при температуре воды 3-4 °С средняя скорость потребления ежами ламинарии составила 0,7 г/экз. в сутки, или 1,0 % от массы тела (см. таблицу). В мае при повышении температуры воды до 8-9 °С скорость потребления пищи увеличилась до 1,3 г/экз. в сутки (1,9 % от массы тела).

В этот период гонады морских ежей находились на 1–2-й стадиях зрелости: в апреле преобладали особи с гонадами на 1-й стадии развития, в мае – на 2-й. Следует обратить внимание на одну особенность, присущую серым морским ежам. Для них характерно асинхронное развитие половых желез, т.е. в один и тот же период и в одном скоплении встречаются особи с гонадами на разных стадиях зрелости. Асинхронное развитие половых желез в гаметогенном периоде у разных особей наблюдается и у других видов морских ежей (Яковлев, 1993; Викторовская и др., 1997). Это обстоятельство Каватани (Kawatani, 1975) объясняет присутствием во вспомогательных клетках яичников и семенников на протяжении всего их развития 1-метиладенина, в отличие от морских звезд, у которых это вещество содержится в гонаде только перед нерестом. Ранее мы наблюдали весной и осенью все стадии развития гонад у морских ежей *S. intermedius*, обитающих в одной акватории при одинаковых абиотических факторах (Victorovskaya, 1996; Викторовская, Матвеев, 2000).

Первая стадия развития половых желез *S. intermedius* характеризуется преобладанием процессов пролиферации гамет. В этот период в ацинусах самок морских ежей наблюдается вегетативный рост пристеночных ооцитов. В семенниках наибольших значений достигает относительная площадь зоны пролиферации и роста, тогда как остальные зоны созревания не выражены (см. рисунок).

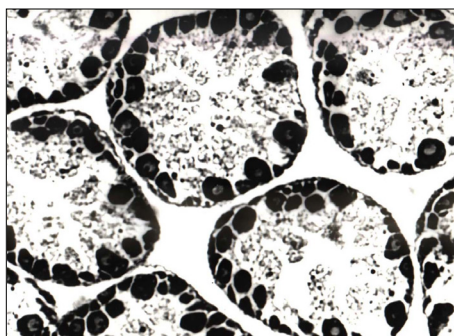
Для второй стадии свойственно преобладание процессов роста и созревания гамет. В яичниках появляются ооциты большого роста, число пристеночных ооцитов уменьшается. Увеличивается количество свободных ооцитов с отчетливым зародышевым пузырьком, и появляются единичные яйцеклетки. В семенниках протекают процессы сперматогенеза. Последовательно появляются сперматоциты 1 и 2-го порядков, сперматиды и сперматозоиды (см. рисунок).

В августе при температуре 18–19 °С морские ежи имели зрелые половые железы (3-я стадия развития) и максимальную величину гонадного индекса. В этот период скорость питания ежей резко снижалась и составляла 0,4 г/экз. в сутки (0,6 % от массы тела) (см. таблицу, рисунок).

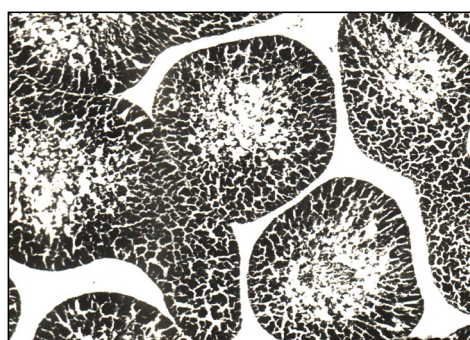
На третьей стадии ацинусы гонад достигают наибольших размеров и заполнены зрелыми гаметами: яйцеклетками – у самок и сперматозоидами – у самцов. По периферии ацинусов находятся молодые гаметы последующей генерации (см. рисунок). Это является свидетельством того, что за нерестовый период половые железы морских ежей могут неоднократно заполняться зрелыми половыми клетками, в результате чего возможно несколько выметов.

На протяжении всего лета и первой половины осени гонады серых морских ежей находятся в нерестовом состоянии. Между выметами гамет в гонадах гидробионтов идут интенсивные гаметогенетические процессы, и через некоторое время морские ежи вновь готовы к нересту. Наши исследования показывают, что в этот период у морских ежей наблюдается высокая пищевая активность. При такой же температуре скорость потребления пищи у ежей составляет 2,9 г/экз. в сутки (4,5 % от массы тела). Гонады частично отнерестовавших особей имеют гонадный индекс 13,2 %. В ацинусах яичников и семенников морских ежей наблюдается много растущих гамет (см. рисунок).

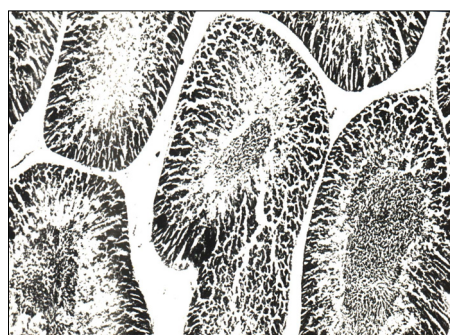
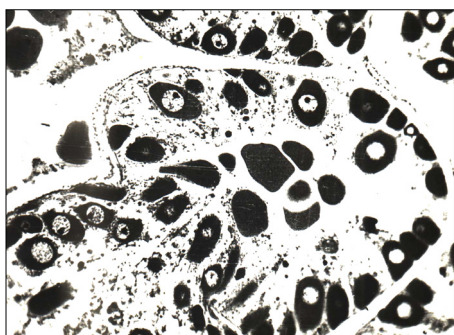
САМКИ
Females



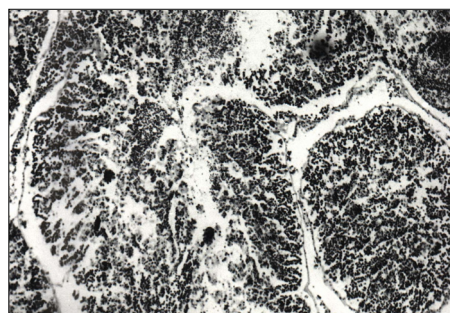
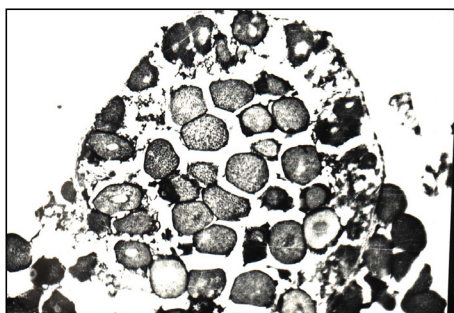
САМЦЫ
Males



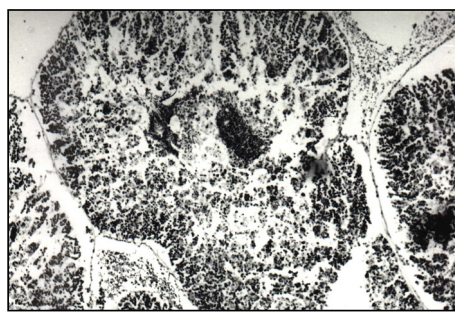
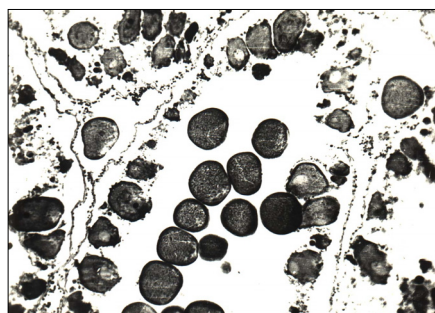
1-я стадия, весна



2-я стадия, весна

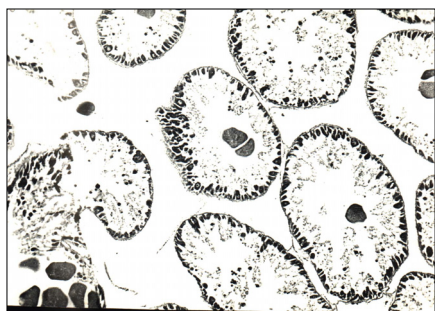


3-я стадия, лето



Нерест
318

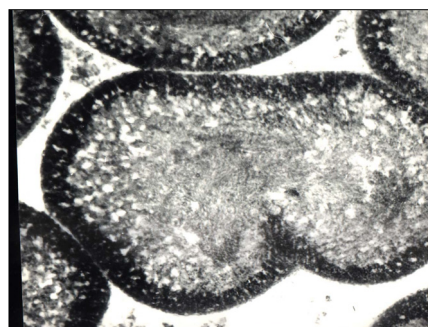
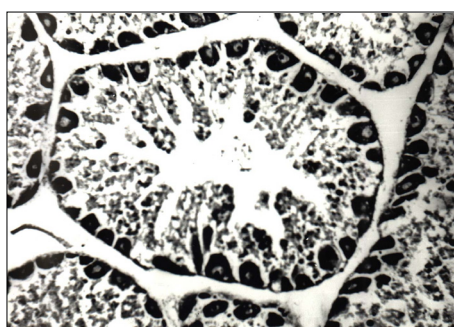
САМКИ
Females



САМЦЫ
Males



4-я стадия



1-я стадия, осень

Половые железы серого морского ежа на разных стадиях зрелости
The sea grey urchins gonads of different ripeness stages

В посленерестовый период (4-я стадия зрелости) скорость потребления пищи ежами остается на таком же низком уровне, как и перед нерестом (см. таблицу). Она составляет 0,8 % от массы тела, несмотря на высокую температуру воды, и сопоставима с этой величиной для ежей, гонады которых находятся на 1–2-й стадиях зрелости (апрель), хотя имеется разница в температуре более чем в 4 раза. В просвете ацинусов гонад самок и самцов морских ежей обнаруживается небольшое количество невыметанных гамет, а у стенки – молодые клетки новой генерации (см. рисунок).

В октябре, с началом развития гонад, скорость потребления пищи промысловыми особями возрастала. При температуре воды 10 °C она составляла 0,9 г/экз. в сутки (1,6 % от массы тела). В яичниках ежей появлялось большое количество оогоний и ооцитов малого роста, ооциты большого роста отсутствовали. Семенники заполнялись сперматоцитами первого и второго порядка (см. рисунок).

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что потребление корма серыми ежами взаимосвязано с их репродукцией. В гонадах морских ежей имеется два пика пролиферативной активности – весной и осенью. Наиболее активные гаметогенетические процессы размножения и роста гамет, по нашим наблюдениям, происходят при температуре 4–10 °C (Викторовская, Матвеев, 2000). В этот период потребление корма у ежей достаточно высокое и продолжает увеличиваться при повышении температуры воды. Однако, как выяснилось, у частично отнерестовавших животных интенсивность потребления корма резко возрастает в

связи с активными процессами подготовки гамет к следующему вымету. В преднерестовый и посленерестовый периоды (на 3 и 4-й стадиях зрелости гонад) скорость питания снижается.

Полученные нами данные по интенсивности потребления пищи ежами хорошо сопоставимы с литературными. В.С.Левин с соавторами (1987) для летнего периода (июль–август), при использовании в качестве корма ламинарию японскую, приводит значение интенсивности потребления пищи промысловыми особями серого морского ежа, равное 4,4 % от массы особи. Фудзи (Fuji, 1967) для промысловых (50–60 мм) ежей этого вида во время роста гонад в июне получил значение, равное 5,8 %, отмечая минимальные величины интенсивности потребления корма в сентябре – после нереста. Также высокую пищевую активность в преднерестовый и низкую в посленерестовый периоды указывают для черного морского ежа *Strongylocentrotus nudus* Агатсума с соавторами (Agatsuma et al., 1996).

Таким образом, потребление корма серыми ежами зависит как от температуры воды, так и от состояния зрелости их гонад. Наиболее высокая пищевая активность серого морского ежа отмечается во время роста и созревания гонад, а низкая – перед и после нереста и при температуре воды менее 5 °С.

Литература

Викторовская Г.И. Экология размножения морских ежей в прибрежной зоне северного Приморья / ТИПРО-центр. – Владивосток, 1999. – Деп. во ВНИЭРХ, 1338 РХ 98. – 32 с.

Викторовская Г.И., Матвеев В.И. Связь сроков размножения морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* с температурой воды у побережья северного Приморья // Океанол. – 2000. – Т. 40, № 1. – С. 79–84.

Викторовская Г.И., Мясников В.Г., Павлючков В.А. Особенности размножения и ресурсы палевого морского ежа у берегов Приморья // Рыб. хоз-во. – 1997. – № 6. – С. 32–34.

Левин В.С., Найденов В.П., Туркина Н.А. Интенсивность питания морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в экспериментальных условиях // Исследование иглокожих дальневосточных морей. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 56–83.

Меркулов Г.Л. Курс гистологической техники. – Л.: Медгиз, 1969. – 340 с.

Холодов В.И. Трансформация органического вещества морскими ежами (Regularia). – Киев: Наук. думка, 1981. – 158 с.

Яковлев С.Н. Биология размножения морских ежей // Биол. моря. – 1993. – № 4. – С. 3–18.

Agatsuma Y., Matsuyama K., Nakata A. Seasonal-Changes in Feeding-Activity of the Sea Urchin *Strongylocentrotus Nudus* in Oshoro Bay, Southwestern Hokkaido // Nippon Suisan Gakkaishi. – 1996. – Vol. 62, iss. 4. – P. 592–597.

Fuji A. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) // Memor. Fac. Fish. Hokk. Univ. – 1967. – Vol. 15, № 2. – P. 83–160.

Lawrence J.M., Lane J.M. The utilization of nutrients by postmetamorphic echinoderms // Echinoderm nutrition. – Rotterdam: A.A.Balkema, 1982. – P. 331–371.

Kawatani H. Maturation-inducing substances in asteroid and echinoid oocytes // Amer. Zool. – 1975. – Vol. 15. – P. 493–505.

Victorovskaya G. Dependence of urchin *Strongylocentrotus intermedius* reproduction on water temperature // PICES Sci. Rep. – 1996. – № 6. – P. 396–399.

Yamamoto M., Ishine M., Yoshida M. Gonadal maturation independent of photic conditions in laboratory-reared sea urchins, *Pseudocentrotus depressus* and *Hemicentrotus pulcherrinus* // Zool. Sci. – 1988. – Vol. 5. – P. 979–988.

Поступила в редакцию 6.08.2002 г.