

УДК [593.95:591.16](256.54.04)

**М.О. Чалиенко, М.В. Калинина**

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-Центр),  
Владивосток, 690091  
e-mail: yumbo@yandex.ru*

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ПАЛЕВОГО МОРСКОГО ЕЖА  
(*STRONGYLOCENTROTUS PALLIDUS*) В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО  
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

В работе приводятся данные о состоянии гонад палевого морского ежа, обитающего на разных глубинах в заливе Петра Великого в весенний период. Обсуждается влияние условий обитания в разных батиметрических диапазонах на его репродукционные характеристики.

**Ключевые слова:** палевый морской еж (*Strongylocentrotus pallidus*), батиметрические диапазоны, репродукционные характеристики, стадии зрелости гонады.

**M.O. Chalienko, M.V. Kalinina**

*Pacific Scientific Research Fisheries Center (TINRO-Center)  
Vladivostok, 690091  
e-mail: yumbo@yandex.ru*

**SOME FEATURES OF REPRODUCTION OF PALE SEA URCHIN (*STRONGYLOCENTROTUS PALLIDUS*) IN THE BAY OF THE GREAT BAY  
(JAPAN SEA)**

This article presents data on state of gonads of pale sea urchin which occurs at the different depth in the Peter the Great Bay in spring. It also discusses the influence of environmental conditions in different bathymetric ranges on urchin reproduction characteristics.

**Key words:** pale sea urchin (*Strongylocentrotus pallidus*), bathymetric ranges, reproduction characteristics, maturity stage of gonad.

Палевый морской еж *Strongylocentrotus pallidus* (G.O. Sars, 1871) – широко распространенный бореально-арктический вид – обладает наибольшим батиметрическим диапазоном обитания среди морских ежей семейства Strongylocentrotidae. В заливе Петра Великого, в южной части своего ареала, основные скопления *S. pallidus* сконцентрированы в зоне низких температур на глубинах более 50 м [1]. В связи со способностью вида обитать в широком батиметрическом спектре, особый интерес представляет исследование особенностей размножения этого перспективного для промысла морского ежа на разных глубинах обитания. Кроме того, исследование репродуктивных особенностей морских ежей, обитающих на больших глубинах, где сезонные изменения температуры – основного фактора, определяющего ход гаметогенетических процессов у сублиторальных ежей – практически отсутствуют, а условия питания и динамика поступления пищи кардинально отличается от таковой в прибрежных районах, является в настоящее время одной из наиболее слабоизученных и актуальных задач.

Цель настоящей работы – определение и сравнительная оценка некоторых репродукционных характеристик самок *S. pallidus* (наполнение и стадии зрелости гонады, размеры ооцитов и яйцеклеток), обитающих в заливе Петра Великого в различных батиметрических диапазонах.

**Материалы и методы**

Материалом для работы послужили пробы *S. pallidus*, собранные в первой декаде апреля 2015 г. в заливе Петра Великого путем траления на глубинах от 23 до 717 м (рис. 1). Животных

фиксировали в 10%-ном растворе формалина. На биологический анализ отбирались взрослые самки, половозрелость которых устанавливали по степени развития половых желез [2]. У исследуемых особей определяли диаметр панциря с точностью до 1 мм, общую массу и массу гонады – с точностью до 1 г.

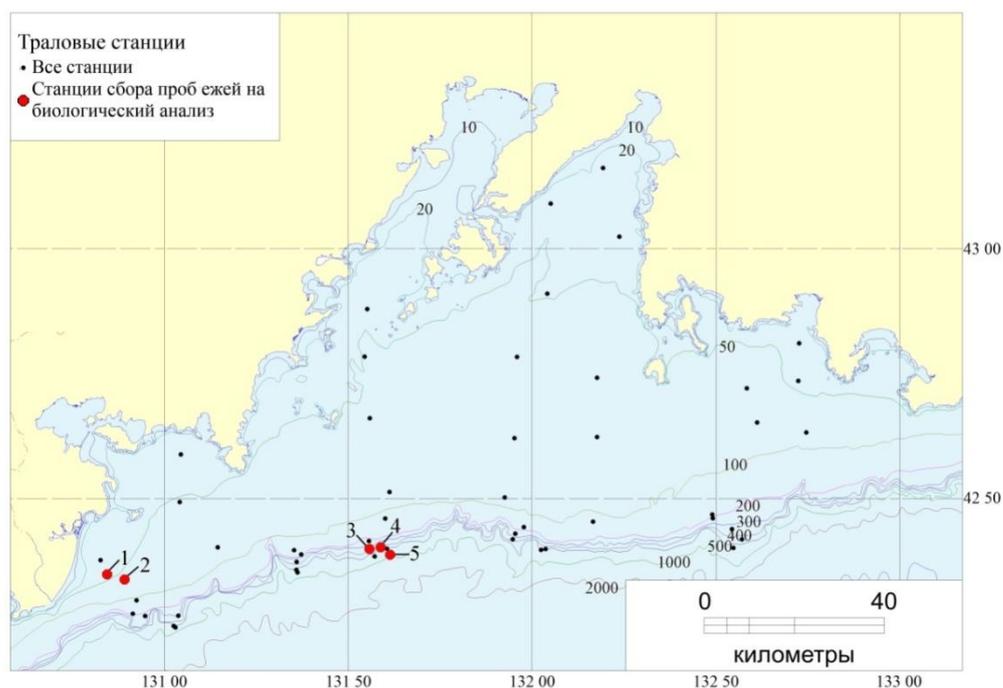


Рис. 1. Сетка станций в заливе Петра Великого в 2015 г.:  
1 – глубина 41 м; 2 – 69 м; 3 – 280 м; 4 – 346 м; 5 – 670 м.

Пол и стадию зрелости гонады определяли на временных препаратах (мазках) под световым микроскопом, измерение диаметра и подсчет разных категорий половых клеток проводили с помощью окуляр-микрометра. При исследовании клеточного состава гонад у каждой самки измеряли по 50 клеток, дифференцируя их на ооциты малого роста (Омр), ооциты большого роста (Обр) и яйцеклетки (Якл) [3]. Стадию зрелости гонады определяли по наличию доминирующих категорий клеток, учитывая особенности репродуктивного цикла *S. pallidus* [4], по следующей классификации [5]: 1 – пролиферации (начала развития), 2 – дифференциации (активного гамето-генеза), 3 – нерестовая или зрелой гонады, 4 – посленерестовая. Для каждой самки и суммарно для всех самок с одной станции было построено распределение размерных частот половых клеток с шагом 10 мкм. Гонадный индекс (ГИ) рассчитывали как отношение массы гонады к общей массе ежа, выраженное в процентах. Всего было исследовано 83 самки *S. pallidus*. Статистическую обработку данных проводили с помощью программ Excel и Statistica.

### Результаты и обсуждение

Размеры половозрелых самок *S. pallidus* варьировали от 30,5 до 91 мм. При этом минимальные средние размеры (40,5 и 40,6 мм) были отмечены у ежей, обитающих на глубинах 280 и 670 м, а наибольшие (75 мм) – на глубине 69 м (табл.).

Таблица

Репродуктивные характеристики самок *S. pallidus* (зал. Петра Великого, апрель 2015 г.)

Глубина, м	Кол-во экз., шт.	Диаметр ежей, мм *	ГИ, % *	Диаметр яйцекл-к, мкм *	Доля разных категорий клеток в гонаде, %			Стадии зрелости гонады, %			
					Омр.	Обр.	Якл.	1	2	3	4
41	21	54 ± 0,8 43 – 59	5,3 ± 0,4 1,9 – 12,5	124 ± 0,8 102 – 162	53	23	24	24	52	24	0
69	28	75 ± 1,7 58 – 91	10,6 ± 1,4 2,4 – 30,4	149 ± 1 102 – 196	43	27	30	0	64	36	0

Глубина, м	Кол-во экз., шт.	Диаметр ежей, мм *	ГИ, % *	Диаметр яйцекл-к, мкм *	Доля разных категорий клеток в гонаде, %			Стадии зрелости гонады, %			
					Омр.	Обр.	Якл.	1	2	3	4
280	13	40,5 ± 0,9 37 – 47	5,5 ± 0,5 3,2 – 8,6	138 ± 2,5 119 – 153	57	36	7	14	79	7	0
346	17	45,5 ± 1,5 36 – 55	10,3 ± 0,9 5,3 – 18,3	138 ± 1,5 102 – 162	45	51	4	0	100	0	0
670	4	40,6 ± 3,4 30,5 – 45	4,1 ± 1,4 3,3 – 4,5	154 ± 1,8 136 – 170	50	36	14	20	60	20	0

\* – значения представлены в виде среднего и его ошибки (над чертой) и пределов изменчивости (под чертой).

Наполнение гонад у особей, обитающих на разных глубинах, также различалось: достоверно бóльшие средние значения ГИ (10,6 и 10,3%) отмечались у морских ежей на глубинах 69 и 346 м. Там же отмечены максимальные индивидуальные значения этого показателя – 30,4 и 18,3 соответственно.

В исследуемый период (1-я декада апреля) гонады самок находились на разных стадиях зрелости, однако у бóльшей части особей на всех станциях в половых железах наблюдались проце ссы активного гаметогенеза (2-я стадия зрелости) (см. табл.). На глубинах 41 и 69 м у значительной доли самок (24 и 36% соответственно) половые железы находились в преднерестовом состоянии (3-я стадия зрелости), а в более глубоководных биотопах особи со зрелыми гонадами встречались единично.

Клеточный состав яичников у ежей, обитающих на разных глубинах, существенно различался (см. табл.). На рисунке 2 представлены диаграммы размерно-частотного распределения половых клеток в яичниках *S. pallidus* с разных глубин обитания. В связи с малым объемом выборки (4 экз.) данные по ежам с глубины 670 м были исключены.

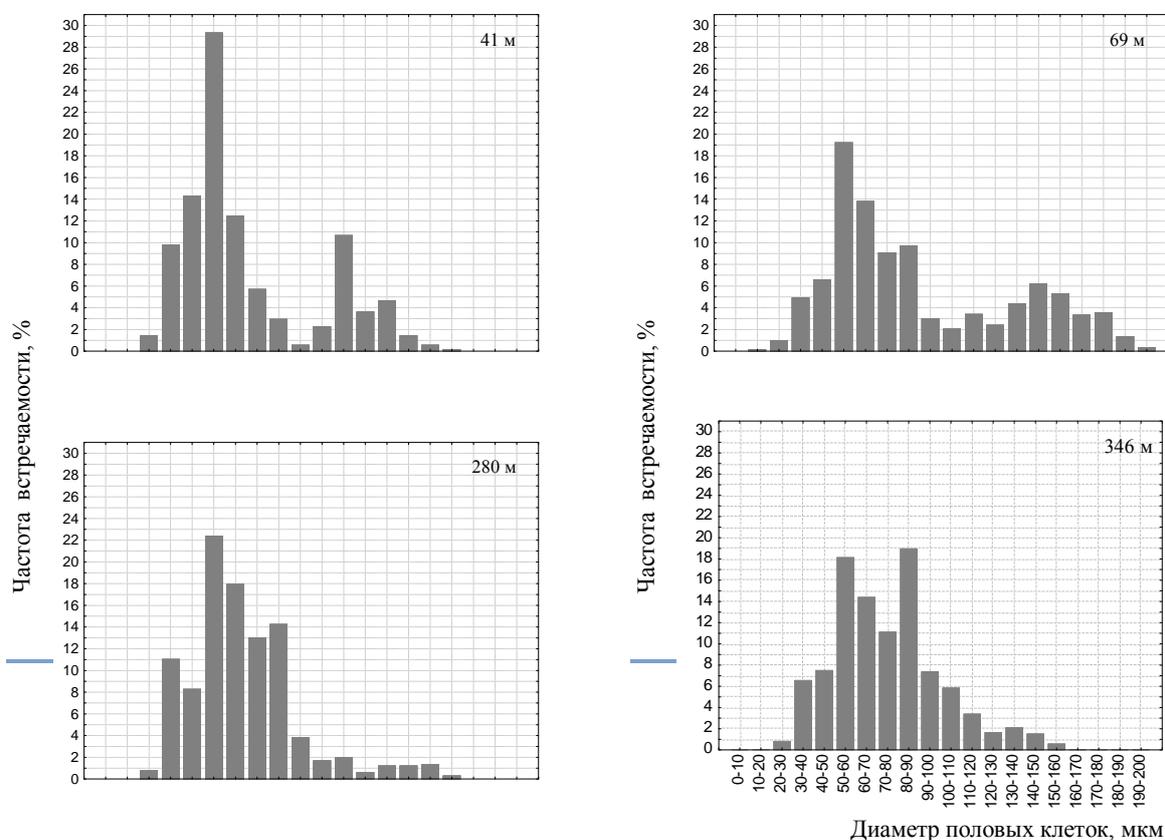


Рис. 2. Графики распределения диаметра половых клеток

По нашим материалам, средние размеры ооцитов малого роста у палевого ежа составляют 51,2 мкм (пределы: 17–85 мкм), ооцитов начала большого роста – 72,3 мкм (пределы: 47–102 мкм), ооцитов «интенсивного» большого роста – 86,3 мкм (пределы: 51–153) и яйцеклеток – 139,4 мкм (пределы: 102–195 мкм). Отмечается, что на всех станциях в гонадах самок преобладали клетки с размерами менее 90 мкм (от 64 до 88%), в то время как клетки крупных размеров (более 110 мкм) в значительном количестве (21 и 30%) присутствовали только в половых железах ежей, обитающих в мелководных биотопах на глубине 41 и 69 м. При этом «сдвиг вправо» был наиболее ярко выражен у особей с глубины 69 м. Эти данные достаточно хорошо согласуются с показателями по клеточному составу и наполнению гонад (ГИ) самок (см. табл.). Так, на всех станциях в ячниках *S. pallidus* доля ооцитов малого роста составляла около половины, а яйцеклетки в сравнительно большом количестве (24 и 30%) присутствовали только в гонадах самок на станциях шельфовой зоны. Доля ооцитов большого роста варьировала от 23 до 51%. Самые высокие средние значения ГИ (10,6 и 10,3%) были отмечены у ежей, в ячниках которых в наибольшем количестве присутствовали яйцеклетки (глубина 69 м) и ооциты большого роста крупных размеров (глубина 346 м). Следует также отметить значимые различия между средними размерами яйцеклеток у самок из разных биотопов (см. табл.). Наибольшие значения этого показателя имели самки, обитающие на глубинах 69 и 670 м (149 и 154 мкм соответственно), а наименьшие (124 мкм) – на глубине 41 м.

Таким образом, в весенний период состояние гонад у самок *S. pallidus* в разных батиметрических диапазонах не было одинаковым: на глубинах менее 70 м степень развития половых желез у них была выше, чем на глубинах более 280 м. При этом прямой зависимости между наполнением гонад и батиметрическим диапазоном обитания обнаружено не было: сравнительно большие значения ГИ были отмечены как на малых, так и на больших глубинах (менее 70 и более 300 м).

Считается, что у глубоководных морских ежей, обитающих в условиях стабильно низких температур, основным фактором, влияющим на репродуктивную активность и рост гонад, является обилие пищи [6]. Так, по мнению исследователей, изучавших размножение *S. pallidus* у северо-западного побережья Приморья, основным фактором среды, регулирующим процессы роста и созревания гамет, является обилие детрита, поступающего на дно в ходе весеннего «цветения» диатомовых водорослей [7]. Эти же авторы предполагают, что нерест палевого ежа в южном подрайоне Приморья происходит в конце мая – июне. В заливе Петра Великого массовое развитие планктона, основного источника детрита, наблюдается с декабря по март [8], накопление же органического вещества на дне моря происходит в течение последующих весенних месяцев. Именно в это время (в апреле) в гонадах самок *S. pallidus*, обитающих в заливе, протекали активные гаметогенетические процессы, предшествующие периоду размножения. Однако отмеченные нами различия в интенсивности гаметогенеза ежей на разных глубинах обитания свидетельствуют о возможном влиянии на эти процессы и других факторов среды, например, температурного. В южном подрайоне Приморья на глубинах от 30 до 100–150 м наблюдается относительно прогретый и распресненный за счет приливного перемешивания слой [9], поэтому морские ежи, обитающие в этом диапазоне глубин, в какой-то мере могут испытывать влияние температурного фактора. Кроме того, поступление потоков органики, образованных вследствие отмирания фитопланктона, происходит на разных глубинах в разные сроки, что также сказывается на темпах созревания гонад ежей. Относительно лучшее наполнение гонад у *S. pallidus* на двух станциях, расположенных в разных батиметрических диапазонах, вероятнее всего объясняется различиями в обеспеченности их пищей.

Следует отметить, что в исследуемый период времени в целом сравнительно лучшие репродуктивные характеристики (наполнение и степень развития гонад, размер яйцеклеток) и наибольшие размеры половозрелых самок были отмечены у ежей, обитающих на глубине 69 м. При сопоставлении положения данной станции с геоморфологической схемой шельфа было выявлено, что эта станция расположена на внешней части денудационно-аккумулятивной зоны, представляющей собой в западной части залива холмисто-увалистую равнину в виде полосы между изобатами 60 и 85 м [10]. Поверхность этого участка неровная, с отдельными холмами и увалами, изобилует промоинами и впадинами глубиной от 2–4 до 8 м, где происходит аккумуляция детрита. Эти данные подтверждаются присутствием в этом районе скоплений с макси-

мальной биомассой, в которых ежи характеризуются наибольшими размерами. Также в этом районе отмечено высокое содержание органического углерода [11].

На глубине 670 м из 50 экз. выявлены только 4 половозрелые самки, при этом размеры ежей в пробе не превышали 40 мм. По нашим предварительным данным, в этом районе в связи с неблагоприятными условиями питания темпы роста ежей замедлены, а репродуктивные процессы либо не происходят, либо их вклад в воспроизводство популяции ежей не существенен [12]. Также есть предположение, что эти ежи являются молодью. Для более точного установления их репродуктивного статуса требуются дополнительные исследования.

### Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что в весенний период степень развития половых желез у самок палевого морского ежа, обитающих в заливе Петра Великого в прибрежной шельфовой зоне (глубины 41 и 69 м), была выше, чем у обитающих на материковом склоне (глубины 280 и 346 м). При этом прямой зависимости между величиной гонадного индекса и батиметрическим диапазоном обитания ежей обнаружено не было. Наилучшие морфометрические и репродукционные показатели (размер и масса половозрелых особей, наполнение и степень зрелости гонад, размеры яйцеклеток) были отмечены у самок, обитающих на глубине 69 м в условиях, наиболее благоприятных для аккумуляции осадочных образований (детрита), в зоне влияния относительно прогретых подповерхностных вод.

### Литература

1. Чалиенко М.О. Размерный состав и распределение палевого морского ежа (*Strongylocentrotus pallidus*) в заливе Петра Великого // Сб. докл. 61-й Междунар. молодежной науч.-техн. конф. «Молодежь. Наука. Инновации», 21–22 ноября 2013 г. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2013. – Т. 1. – С. 308.
2. Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. – Л.: Наука, 1989. – 179 с.
3. Айзенштадт Т.Б. Цитология оогенеза. – М.: Наука, 1984. – 248 с.
4. Falk-Peterson I.B., Lonning S. Reproductive cycle of two closely related sea urchin species *Strongylocentrotus droebachiensis* and *S. pallidus* // Sarsia. – 1983. – V. 68. – P. 157–164.
5. Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих. – М.: Наука, 1993. – 176 с.
6. Gage J.D., Tyler P.A., Nichols D. Reproduction and growth of *Echinus acutus* var. *norvegicus* Duben & Koren and *E. elegans* Duben & Koren on the continental slope off Scotland // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 1986; 101: 61-83.
7. Викторовская Г.И., Зуенко Ю.И. Влияние условий среды на размножение палевого морского ежа *Strongylocentrotus pallidus* (Sars) у берегов Приморья (Японское море) // Океанология. – 2005. – Т. 45, № 1. – С. 83–91.
8. Долганова Н.Т. Состав, сезонная и межгодовая динамика планктона северо-западной части Японского моря // Известия ТИНРО. – 2001. – Т. 128, ч. III. – С. 810–889.
9. Зуенко Ю.И., Юрасов Г.И. Структура вод и водные массы северо-западной части Японского моря // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 8. – С. 50–57.
10. Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. – 128 с.
11. Нестерова О.В., Трегубова В.Г. Органическое вещество в донных осадках залива Петра Великого // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – С. 114–128.
12. Бажин А.Г., Степанов В.Г. Морфологическая изменчивость некоторых видов морских ежей рода *Strongylocentrotus* в зависимости от факторов среды // Зоол. журн. – 2002. – Т. 81, № 12. – С. 1487–1493.