

**М.В.Калинина, Г.И.Викторовская, Е.Э.Борисовец,
Ю.Э.Брегман, В.Н.Кулепанов**

**БИОЛОГИЯ СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА
STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS (AGASSIZ)
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО
МОРЯ. II. РЕПРОДУКЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**

Данная работа посвящена различным аспектам биологии промысловых ежей российского побережья Японского моря. В ней рассматриваются малоизученные вопросы репродукционной биологии *S. intermedius* в прибрежье северного Приморья от мыса Поворотного до зал. Ольги. Ранее исследованная нами акватория была разделена на три участка, различающихся по размерному составу морских ежей: 1 – южный (от мыса Поворотного до мыса Островного) – с преобладанием промысловых животных; 2 – центральный (от мыса Островного до мыса Туманного) – с относительно нестабильной размерной структурой, в которой трудно выделить доминирующую группу, и 3 – северный (от мыса Туманного до зал. Ольги) с доминированием непромысловых особей (Борисовец и др., 2000).

Для исследования размножения использовали ежей с диаметром панциря более 45 мм. Материал был собран водолазами во время учетных съемок в 1996–1998 гг. (в 1996 г. работы выполнялись с 19 апреля по 30 мая, в 1997 г. – с 4 по 28 апреля и в 1998 г. – с 22 апреля по 22 мая). В ходе погружений отмечали местоположение станции, глубины, характер грунта и видовой состав водорослевого покрытия. Карта-схема района работ представлена на рис. 1.

Для удобства анализа состояния половых желез были выделены следующие размерные группы ежей: 45–55 мм – мелкопромысловые животные, 55–70 мм – основная промысловая часть, более 70 мм – крупноразмерные животные.

У собранных особей определяли пол и оценивали следующие характеристики гонад: гонадный индекс (ГИ – отношение веса сырой гонады к массе животного, %), степень заполнения половыми и вспомогательными клетками, цвет половых желез (цвет – показатель товарного качества “икры”).

Стадии зрелости гонады определяли по шкале, предложенной Ю.С.Хотимченко с соавторами (1993) в модификации Г.И.Викторовской (1999): 0 – стадия покоя, 1 – стадия начала развития, 2 – активного гаметогенеза, 3 – нерестовая, 4 – посленерестовая. На 0-й стадии развития в ацинусах гонад половые клетки не обнаруживаются и пол животного не определяется; на 1-й стадии в гонадах у самок присутствуют ооциты малого роста, а у самцов – сперматогонии; на 2-й в яичниках наблюдаются ооциты большого роста и единичные яйцеклетки, а в семенниках присут-

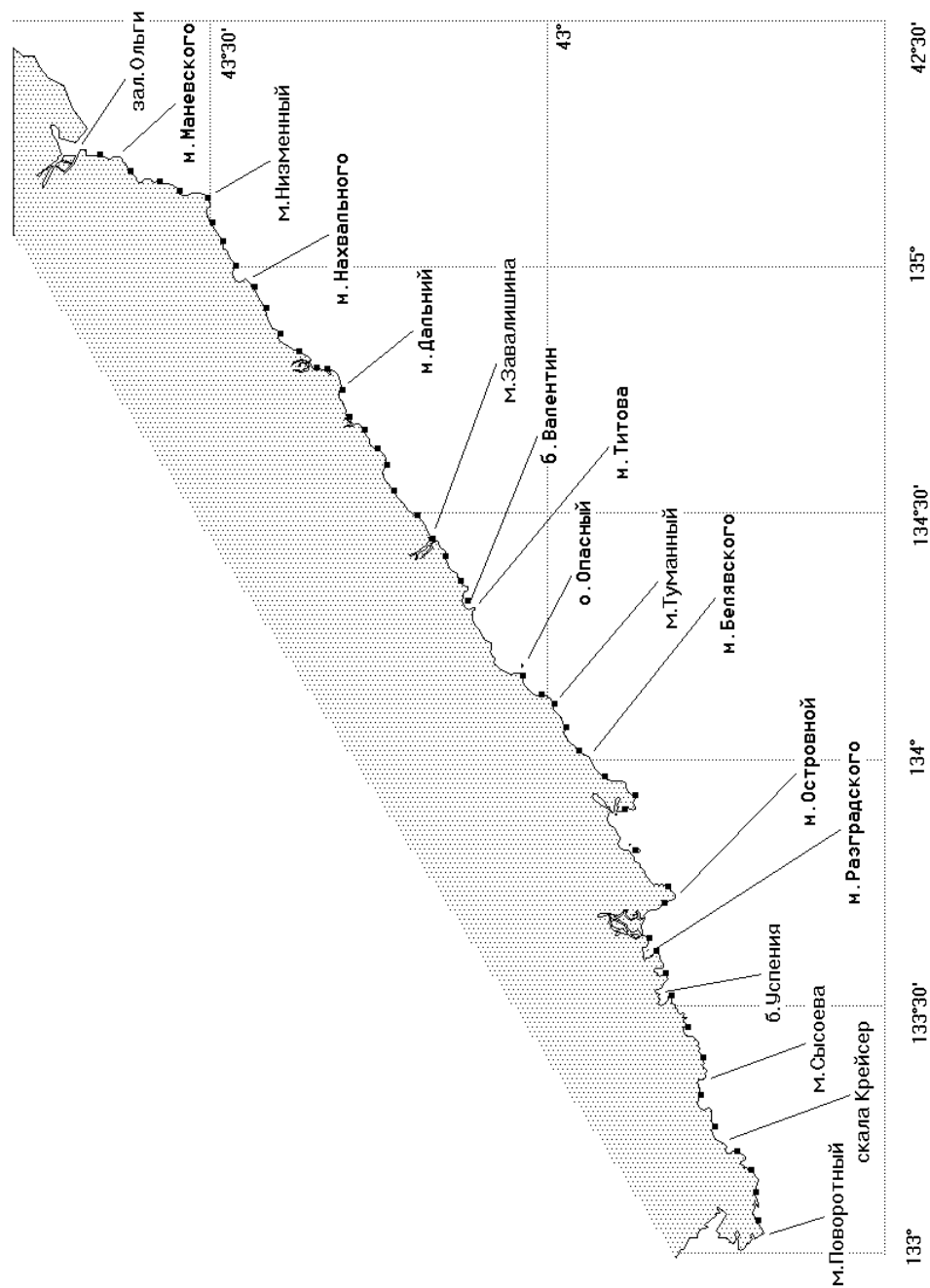


Рис. 1. Карта-схема исследуемого района
 Fig. 1. Map-scheme of investigated area

ствуют сперматоциты и небольшое количество сперматозоидов; на 3-й гонады заполнены зрелыми гаметами; на 4-й гонада выглядит опустошенной и в ацинусах наблюдаются процессы резорбции невыметанных половых клеток.

Цветность половых желез оценивали визуально по специальной шкале (Калинина и др., 2000) с использованием трех градаций в порядке ухудшения цветовых характеристик (1 – от лимонно-желтого до оранжевого, 2 – от грязно-желтого до красного, 3 – коричнево-бурые).

Для облегчения анализа полученного материала все значения ГИ были распределены следующим образом: 0–5, 5–10, 10–15, 15–20 и > 20 %.

Пол и стадию зрелости гонад определяли с помощью микроскопа МБИ-3.

Всего полному биологическому анализу было подвергнуто 3802 особи серого морского ежа, гонадный индекс исследован у 1642 экз. При этом диаметр особей измеряли штангенциркулем с точностью до 1 мм. Животных и их гонады взвешивали на аптечных весах с точностью до 0,5 г.

Ландшафтные особенности заселенных ежами участков

Скопления морских ежей в прибрежной зоне от мыса Поворотного до зал. Ольги (рис. 1) приурочены к гравийно-галечным отложениям с выходом коренных пород и наличием средних и крупных валунов, расщелинам в скалах и террасах. Верхней границей распространения ежей обычно служит водорослевой пояс на глубине 1–2 м; там, где его нет, много ежей находится у уреза воды. Нижняя граница распространения чаще всего лежит между 15- и 30-метровой изобатами и в значительной мере определяется наличием пригодных для *S. intermedius* грунтов. Распределение морских ежей носит агрегированный характер, расстояние между отдельными скоплениями составляет от 1 до 10 м. Однако нередки случаи относительно равномерного неплотного распределения особей на значительных площадях.

Растительность на исследованных участках в горизонте 1–20 м представлена бурыми, зелеными и красными водорослями и морскими травами сем. *Zosteraceae*.

Общее количество видов макрофитов, встречающихся в этом районе, составляет 177 (Гусарова и др., 2000). Наиболее массовые виды из бурых – *Laminaria japonica*, *Costaria costata*, *Dichloria viridis*; красных – *Tichocarpus crinitus*, *Ptilota filicina*, *Polysiphonia* sp.; кораллиновых: *Bossiella* sp., *Corallina* sp.; *Lithothamnion* sp.; зеленых – *Ulva fenestrata*, *Ulvaria splendens*, *Enteromorpha linza*.

Частота встречаемости водорослей на выделенных участках показана на рис. 2 (по данным исследований весной–летом 1997 г.). Наиболее массовые виды были представлены бурыми водорослями (ламинария, костария, дихлория). Например, биомасса ламинарии летом 1997 г. колебалась от 6,6 до 64,0 кг/м², костарии от 0,3 до 15,2 кг/м² (Суховеева, 1998).

Различия в составе растительности по выделенным районам были невелики. Так, на южном участке, в районе бухты Успения, отмечен *Agarum cribrosum*, на северном участке, на песчаных грунтах, отмечена *Zostera marina*.

Соотношение полов и размерно-половая структура

Соотношение полов у промысловых особей серого ежа от мыса Поворотного до зал. Ольги в разные годы не было одинаковым. Так, в 1996 г. и особенно в 1997 г. отмечалось преобладание самцов (соответственно

53,3: 46,7 и 60,9: 39,1 %), а в 1998 г., напротив, самок (47,0: 53,0 %), причем, как следует из 95 %-ного доверительного интервала, во всех случаях различия достоверны (рис. 3).

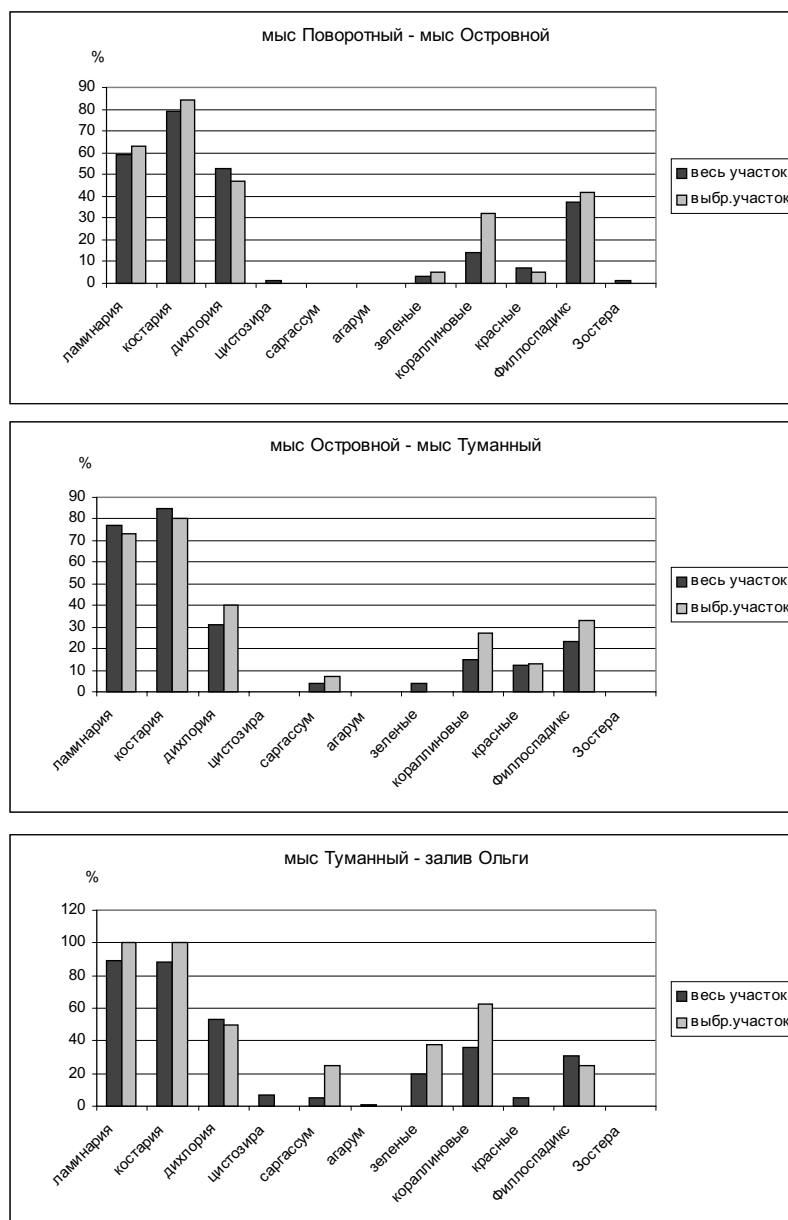
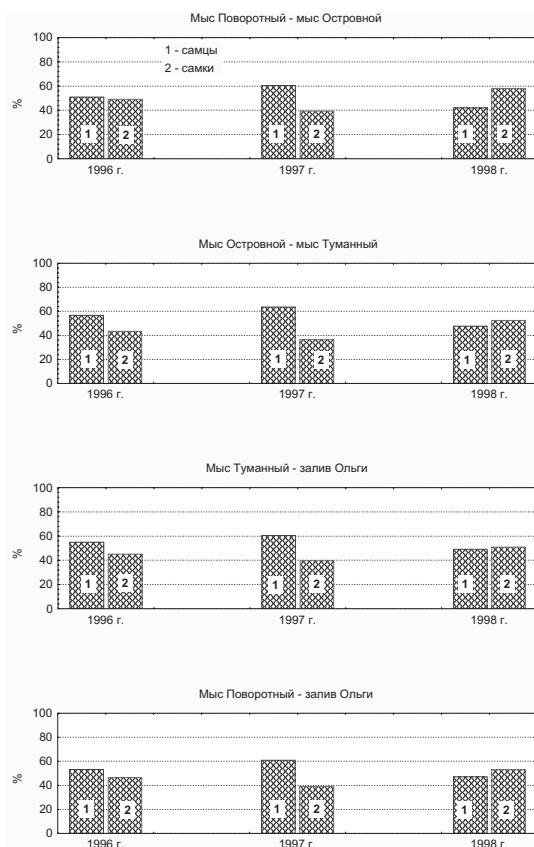


Рис. 2. Относительная частота встречаемости макрофитов в исследованном районе

Fig. 2. Relative frequency of macrophytes presence in studied area

Эти же тенденции наблюдались на всех выделенных участках акватории. В 1996 г. самцы преобладали на центральном и северном участках, в то время как на южном соотношение полов было примерно равно 1: 1. В 1997 г. отмечено преобладание самцов для всего района (все различия достоверны). В 1998 г. на южном участке преобладали самки, а на центральном и северном соотношение полов у животных было примерно



одинаковым (рис. 3). В целом же, суммируя данные за три года, соотношение полов у серого ежа от мыса Поворотного до зал. Ольги составило 53,73: 46,27 % (самцы: самки).

Рис. 3. Соотношение полов *S. intermedius*
Fig. 3. *S. intermedius* sex ratio

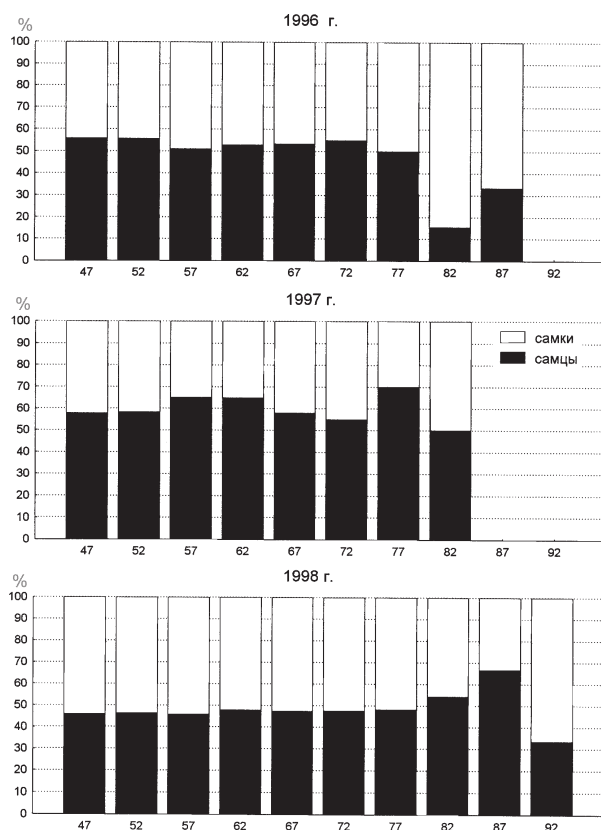
В пределах всего района соотношение полов у размерных классов, включающих основную часть исследованных животных (45–75 мм), соответствовало приведенным выше данным, а именно: в 1996 и 1997 гг. отмечалось преобладание самцов, в 1998 г. – самок.

Размерно-половая структура серого ежа от мыса Поворотного до зал. Ольги показана на рис. 4.

Напомним, что исследовались животные только промысловых размеров (более 45 мм), в большинстве своем особи размером 45–75 мм. Мелкопромысловые ежи (45–55 мм) составляли 28,6, 41,3 и 18,6 %, основная промысловая часть скопления (55–70 мм) – 52,9, 46,3 и 60,61 %, а особи с диаметром более 70 мм – 18,5, 12,4 и 20,79 % соответственно в 1996, 1997 и 1998 гг.

На южном участке (мыс Поворотный – мыс Островной), по сравнению с центральным и северным, в течение всего периода исследований отмечалось наибольшее количество ежей размером 45–75 мм (54,0–68,0 %). В 1996 г. соотношение самцов и самок у этой размерной группы было приблизительно 1: 1, в то время как у животных диаметром 80–85 мм преобладали самцы (62–100 %). Примерно одинаковое количество самцов и самок было у ежей размером 45–50; 75–80 мм в 1997 г. и 45–50 мм; 60–70 мм в 1998 г. В остальных размерных группах в 1997 г. доля самцов составляла 60–70 %. В 1998 г., напротив, отмечено преобладание самок у особей размерами 50–55 и 80–85 мм (70–75 %).

Центральный участок (мыс Островной – мыс Туманный) характеризовался разнородной размерной структурой. В 1996 г. в группах 50–55, 60–70, 65–70, 75–80 и 85–90 мм соотношение полов было примерно одинаковым, у животных размерами 45–50, 55–60 и 70–75 мм преобладали сам-



цы (64–72 %), а в группе 80–85 мм – самки (80 %). В 1997 г. наибольшее количество самцов отмечалось у особей размерами 45–50 и 60–75 мм (77–84 %), а самок – в группах 50–55 и 80–85 мм. В 1998 г. у животных размерами 60–65, 70–75 и 80–85 мм незначительно преобладали самцы (56–63 %), а в группах 45–60 и 65–70 мм – самки.

Рис. 4. Размерно-половая структура *S. intermedius*

Fig. 4. *S. intermedius* population size-sex structure

На северном участке (мыс Туманный – зал. Ольги), по сравнению с южным и центральным, преобладали ежи размером 45–55 мм (от 39,3 до 48,9 %). В 1996 и 1998 гг. у животных размерами 45–80 мм соотношение полов было приблизительно одинаковым. Исключение составили ежи размерами 80–90 мм представленные в 1996 г. лишь самками (100 %), а в 1998 г. преимущественно самцами (75–100 %). В 1997 г. практически во всем размерном диапазоне преобладали самцы. В группе 45–65 мм их было 57–66 %, в группе 75–85 мм – 75–83 %.

Следует отметить, что на южном участке в течение всего периода исследований размеры животных не превышали 85 мм, в то время как на двух других участках они достигали более крупных размеров.

Единичные экземпляры с максимальными размерами (90–93 мм) обнаружены в 1998 г. на центральном и северном участках. В 1997 г. самые крупные экземпляры (80–90 мм) встречались на всех трех участках (5 самок и 5 самцов), а в 1996 г. таких животных почти не было: на центральном участке – один самец и одна самка, на северном – одна самка.

Состояние половых желез

Гонадный индекс. Индивидуальные значения ГИ во всем исследуемом районе варьировали по годам в разных пределах: от 0,01 до 48,9 %, от 0,3 до 51,4 % и от 0,5 до 25,7 % соответственно в 1996–1998 гг. (см. таблицу). В 1996 г. у 20 % животных, у 7 и 10 % в 1997 и 1998 гг. значения этого показателя были выше 15 %, и только у 19 % (по сравнению с 33 и 32 % в 1997 и 1998 гг.) не превышали 5 % (рис. 5). Кроме того, в 1996 г. было отмечено наибольшее число ежей (16 экз.) с индивидуальными значениями ГИ выше 25 %, в то время как в 1997 и 1998 гг. было отмечено по одному такому животному.

Статистические характеристики гонадного индекса *S. intermedius*
The statistical characteristics of *S. intermedius* gonadal indices

Год	Размерный класс, мм	Кол-во, шт.	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Стандартное отклонение
Мыс Поворотный – зал. Ольги									
1996	45–55	157	10,33	9,13	1,79	48,91	5,26	12,07	7,36
	55–70	237	10,00	8,94	0,01	26,85	5,70	12,75	5,78
	> 70	92	12,55	11,60	1,62	28,57	6,97	16,25	6,39
1997	>45	486	10,59	9,55	0,01	48,91	5,88	13,33	6,50
	45–55	314	6,66	6,52	0,78	22,5	4,17	8,51	3,81
	5–70	345	7,11	6,32	0,42	51,43	4,09	9,62	4,95
1998	>70	90	8,77	8,58	0,32	20,71	5,16	11,54	4,99
	>45	749	7,12	6,62	0,32	51,43	4,17	9,38	4,55
	45–55	85	6,48	5,56	0,74	19,67	3,57	8,47	3,83
Все годы	55–70	227	7,85	6,98	0,52	25,71	3,85	11,54	5,10
	>70	95	10,18	10,28	0,76	20,08	6,30	12,67	4,55
	>45	407	8,11	7,48	0,52	25,71	4,12	11,46	4,89
255	45–55	556	7,67	6,76	0,74	48,91	4,50	9,57	5,33
	55–70	809	8,16	7,26	0,01	51,43	4,35	11,20	5,38
	>70	277	10,51	10,05	0,32	28,58	6,40	13,66	5,56
1996	>45	1642	8,39	7,51	0,01	51,43	4,67	11,21	5,48
	45–55	8	17,10	12,34	2,78	48,91	5,93	24,29	15,87
	55–70	87	8,90	7,56	2,33	26,63	5,21	11,69	4,94
1997	>70	23	10,24	9,89	1,62	18,91	6,40	13,70	4,81
	>45	118	9,72	8,31	1,62	48,91	5,50	12,30	6,45
	45–55	12	6,38	6,62	3,80	8,82	5,26	7,19	1,44
1998	55–70	42	7,02	5,43	0,95	51,43	4,00	7,52	7,73
	>70	24	7,81	7,67	0,44	20,71	5,14	8,88	4,40
	>45	78	7,16	5,96	0,44	51,43	4,17	8,20	6,17
Все годы	45–55	7	7,83	5,56	4,41	14,55	4,55	12,07	4,04
	55–70	78	8,42	7,07	0,22	25,71	4,61	10,90	5,22
	>70	27	10,48	10,38	1,15	20,08	5,56	14,05	4,97
255	>45	112	8,88	7,49	1,15	25,71	4,91	11,80	5,14
	45–55	27	9,93	6,98	2,78	48,91	5,00	9,13	9,76
	55–70	207	8,34	6,92	0,95	51,43	4,67	10,84	5,72
308	>70	74	9,54	8,88	0,44	20,71	5,77	12,84	4,83
	>45	308	8,77	7,21	0,44	51,43	5,00	11,22	5,99

Окончание таблицы
Table finished

Год	Размерный класс, мм	Кол-во, шт.	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Нижний квартиль	Верхний квартиль	Стандартное отклонение
1996	45-55	20	13,55	9,99	2,86	48,08	7,40	15,28	11,57
	55-70	48	11,72	10,00	0,01	26,56	7,24	17,48	6,66
	>70	25	15,21	14,63	3,21	27,48	11,64	20,66	7,11
1997	>45	93	13,05	11,64	0,01	48,08	7,26	18,09	8,11
	45-55	19	7,43	6,67	3,41	14,06	5,48	8,47	2,92
	55-70	62	9,12	8,62	0,42	19,23	5,26	12,24	5,41
1998	>70	15	8,95	9,90	0,32	20,21	4,00	13,02	5,58
	>45	96	8,76	8,02	0,32	20,22	5,34	11,84	5,05
	45-55	11	2,57	2,31	0,83	5,00	0,93	3,77	1,45
Все годы	55-70	61	6,66	6,19	0,57	20,59	2,42	11,61	5,08
	>70	44	11,14	10,85	3,18	18,82	8,24	14,09	4,29
	>45	116	7,97	7,83	0,57	20,59	3,13	12,17	5,30
Все годы	45-55	50	8,81	6,80	0,83	48,08	3,77	10,08	8,61
	55-70	171	8,97	7,89	0,01	26,56	4,29	12,73	5,99
	>70	84	11,96	11,61	0,32	27,48	7,95	15,48	5,88
1996	>45	305	9,77	8,79	0,01	48,08	4,88	13,46	6,58
	45-55	129	9,41	8,85	1,79	26,67	5,19	11,94	5,20
	55-70	102	10,12	9,28	0,48	26,85	5,66	12,90	5,84
1997	>70	44	12,25	11,05	3,42	28,57	7,26	15,30	6,27
	>45	275	10,13	9,47	0,48	28,57	5,77	12,86	5,69
	45-55	283	6,62	6,38	0,78	22,5	4,05	8,75	3,93
1998	55-70	241	6,61	6,06	0,52	22,35	3,80	9,23	4,03
	>70	51	9,16	9,33	0,36	20,20	5,16	12,14	5,10
	>45	575	6,84	6,48	0,36	22,5	4,08	9,23	4,14
Все годы	45-55	67	6,98	6,45	0,74	19,67	3,92	8,70	3,72
	55-70	88	8,18	7,23	0,52	18,52	3,89	11,84	4,94
	>70	24	8,06	7,23	0,76	17,18	5,21	10,55	3,97
Все годы	>45	179	7,71	6,73	0,52	19,67	3,97	10,59	4,41
	45-55	479	7,43	7,09	0,74	26,67	4,44	9,52	4,44
	55-70	431	7,76	7,09	0,48	26,85	4,29	10,87	4,91
Все годы	>70	119	10,08	9,87	0,36	28,57	6,30	12,68	5,60
	>45	1029	7,87	7,29	0,36	28,57	4,55	10,59	4,85

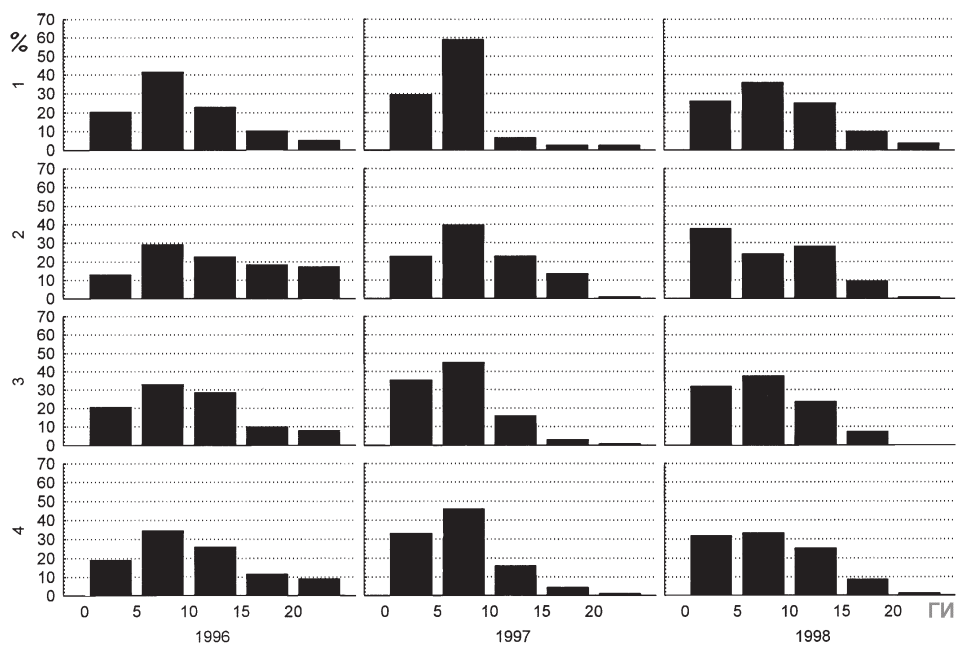
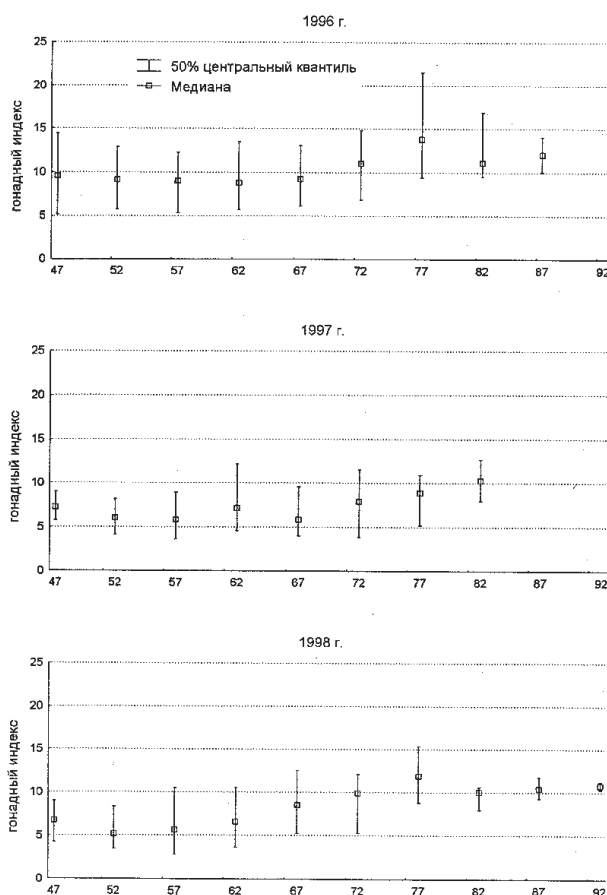


Рис. 5. Распределение величин гонадного индекса *S. intermedius* по гра-
дациям: 1 – мыс Поворотный – мыс Островной; 2 – мыс Островной – мыс
Туманный; 3 – мыс Туманный – зал. Ольги, 4 – мыс Поворотный – зал. Ольги
Fig. 5. The temporal and spatial *S. intermedius* gonadal indices (GI) distri-
bution: 1 – Cape Povorotniy – Cape Ostrovnoi; 2 – Cape Ostrovnoi – Cape
Tymanniy, 3 – Cape Tymanniy – Olga Bay, 4 – Cape Povorotniy – Olga Bay

Для всего исследованного района была прослежена зависимость ве-
личины ГИ от размеров ежей. Из полученных данных видно, что вели-
чина этого показателя для животных размерами 45–70 мм находилась в
пределах 8–11, 6–8 и 6–10 % соответственно в 1996, 1997 и 1998 гг. Тем
не менее наблюдается определенная тенденция к увеличению ГИ у ежей
размером 65–80 мм, особенно заметная в 1996 и 1998 гг. У ежей крупнее
80 мм наполнение гонад снижалось (рис. 6).

Средние значения ГИ у мелкопромысловых ежей, основной промыс-
ловой части и крупноразмерных особей различались по годам и на раз-
ных участках. Так, в 1996 г. на акватории от мыса Поворотного до зал.
Ольги у всех выделенных нами размерных групп животных средние зна-
чения ГИ были выше, чем в 1997 и 1998 гг. (у мелкопромысловых осо-
бей 10,3 %, у основной промысловой части 10,0 % и у животных более
70 мм 12,6 % (см. таблицу)).

На южном участке индивидуальные значения ГИ у 85–90 % исследо-
ванных животных в 1996 и 1998 гг. не превышали 15 %, а в 1997 г. 10 %
(см. рис. 5). При этом наименьшие показатели ГИ для всех ежей также
отмечались в 1997 г., о чем свидетельствуют не только средняя и медианы,
но и положение нижних и верхних квартилей, между которыми сосредото-
чено 50 % всех особей (см. таблицу). В среднем у мелкопромысловых
особей наполнение гонад в 1997 и 1998 гг. было сравнительно ниже, чем
у животных размерами более 55 мм, а в 1996 г., напротив, выше в 1,5–2,0
раза. Следует отметить, что в 1997 г. более высокие средние значения ГИ
у группы 55–70 мм, по сравнению с особями 45–55 мм, несомненно, яви-
лись результатом присутствия особей с экстремально высокими показате-
лями. Медиана у особей 45–55 мм была выше, а межквартильный размах
уже. Животные размерами более 70 мм в течение всего периода исследо-



ваний характеризовались более высокими значениями ГИ, чем ежи основной промысловой группы, что подтверждается величиной среднего и медианы (см. таблицу).

Рис. 6. Зависимость величины гонадного индекса *S. intermedius* от размеров особи

Fig. 6. Dependence of *S. intermedius* GI on animal size

Сравнительно высокий показатель наполнения гонад у ежей на этом участке побережья отмечался в районах мыса Разградского, где средний ГИ составил 12,3 и 10,0 % соответственно в 1996 и 1998 гг., мыса Сысоева – 8,7 и 11,8 % в 1997 и 1998 гг. и скалы Крейсер – 8,8, 8,2 и 8,4 % в 1996, 1997 и 1998 гг. Именно здесь были встречены особи с ГИ выше 25 %. В 1996 г. это были две самки и один самец (диаметр панциря 50–60 мм, глубина поимки 1,5 и 8,0 м) с ГИ 32,2, 26,6 и 48,9 %, в 1997 г. – самка (56 мм, глубина поимки 15 м) с ГИ 51,4 % и в 1998 г. – самец (66 мм, глубина поимки 10 м) с ГИ 25,7 %.

На центральном участке в 1996 г. у наибольшего количества животных (36 %) индивидуальные значения ГИ были выше 15 % (рис. 5). И в этом же году здесь отмечены самые высокие средние значения ГИ (13,1 %). Мелкопромысловые особи, обитающие на этом участке, имели самое низкое наполнение гонад в 1997 г. и особенно в 1998 г. (7,4 и 2,6 %), в то время как крупноразмерные ежи в эти же годы характеризовались самыми высокими значениями ГИ (15,2 и 11,1 %). У животных, составляющих основную промысловую часть, ГИ был на уровне средних значений (см. таблицу).

Животные со сравнительно высоким показателем наполнения гонад на центральном участке встречались в районе от мыса Столбового до мыса Туманного. Здесь же в 1996 г. были отмечены 8 экз. *S. intermedius* с ГИ выше 25 % (диаметр панциря 50–75 мм, глубины от 7 до 20 м). Наибольшие индивидуальные значения этого показателя имели самка (диаметр панциря 50 мм, ГИ 40,4 %), выловленная южнее мыса Туманного, и самец (диаметр панциря 51 мм, ГИ 48,1 %), выловленный севернее мыса Белявского.

На северном участке в 1996 г. было отмечено наибольшее число животных с индивидуальными значениями ГИ выше 15 %, за счет чего в этом же году здесь наблюдались самые высокие средние значения ГИ (10,1 %) (см. таблицу, рис. 5). У ежей размерами больше 70 мм ГИ в 1996 и 1997 гг. был выше, чем у особей меньших размеров (12,3 и 9,2 %); в 1998 г. ГИ у разных размерных групп находился на уровне 7,0–8,2 % (см. таблицу).

Сравнительно высокое наполнение гонад у животных, обитающих на этом участке побережья, отмечалось в районах мыса Титова (бухта Валентина) (11,0 % в 1996 г.), о. Опасного (8,7 и 11,2 % в 1997 и 1998 гг.), мыса Завалишина (9,5, 8,2 и 9,1 % в 1996, 1997 и 1998 гг.), мыса Дальнего (9,7 и 14,4 % в 1996 и 1998 гг.), мыса Нахвального (9,3 и 8,1 % в 1996 и 1998 гг.) и в районе от мыса Низменного до мыса Маневского (17,5, 8,4 и 8,8 % в 1996, 1997 и 1998 гг.). Именно в районе от мыса Низменного до мыса Маневского и восточнее бухты Валентина в 1996 г. были отмечены соответственно 4 и 1 экз. *S. intermedius* с ГИ 25–30 % (диаметр панциря 47–75 мм, глубина 5–10 м).

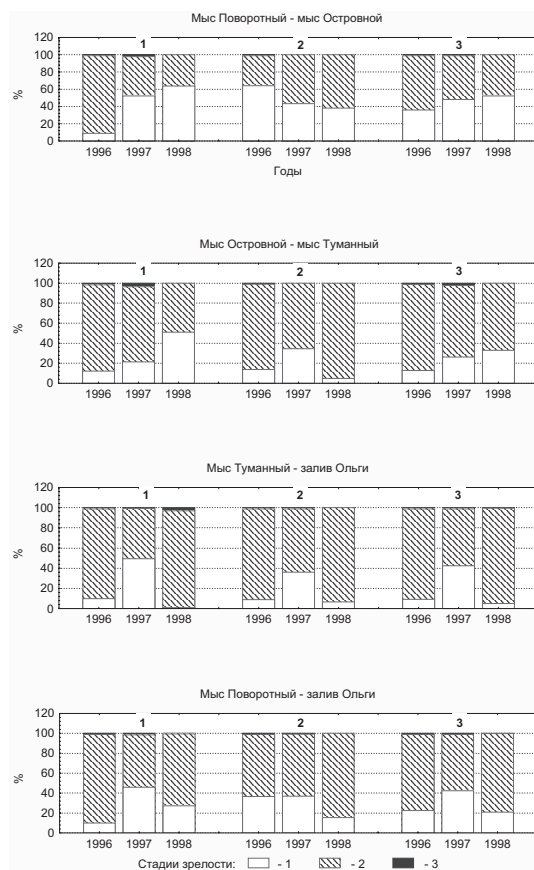
В целом же, если суммировать данные за три года, то более высокие средние значения ГИ были приурочены к центральному участку (от мыса Островного до мыса Туманного) в основной промысловой группе (9,0 % по сравнению с 8,3 и 7,8 %) и у крупноразмерных животных (12,0 % по сравнению с 9,5 и 10,1 %). У мелкопромысловых особей, обитающих на этой акватории, ГИ был ниже, чем на южном участке, и выше, чем на северном (8,8 % по сравнению с 9,9 и 7,4 %).

Стадии зрелости. На всей акватории от мыса Поворотного до зал. Ольги в период исследований у серого морского ежа наблюдалось преобладание 2-й стадии зрелости гонад: у 76,44, 56,44 и 78,87 % особей соответственно в 1996, 1997 и 1998 гг. Причем в 1996 г. это преобладание обеспечивалось в основном за счет самцов (88,93 по сравнению с 62,17 % у самок), в то время как в другие годы доля самок с гонадами на 2-й стадии зрелости была выше (62,35 и 84,6 % по сравнению с 52,64 и 72,34 % в 1997 и 1998 гг.). Особи с гонадами на 3-й стадии зрелости (в основном самцы) составили менее 1,5 % (1,18, 1,23 и 0,22 % соответственно в 1996, 1997 и 1998 гг. Остальная часть животных имела гонады на 1-й стадии (рис. 7).

На разных участках соотношение стадий зрелости у исследованных морских ежей не было одинаковым. На южном участке в 1996 г. преобладали животные с гонадами на 2-й стадии зрелости (в основном за счет самцов), в то время как в 1997 и 1998 гг. доли животных с гонадами на 1-й и 2-й стадиях были примерно равны. На центральном и среднем участках в течение всех лет преобладали морские ежи с гонадами на 2-й стадии зрелости, причем как самцы, так и самки. Однако можно заметить, что доля животных, имеющих гонады на 2-й стадии зрелости, в течение трех лет была самой низкой на южном участке (мыс Поворотный – мыс Островной) и увеличивалась по мере продвижения на более северные участки (рис. 7).

Кроме того, в 1997 г. на всем побережье от мыса Поворотного до зал. Ольги степень зрелости гонад была самой низкой, и в этом же году наблюдалось наибольшее количество животных с гонадами на 0-й стадии зрелости (13,53 % по сравнению с 6,46 и 5,74 % в 1996 и 1998 гг.).

Цветность гонад. В пределах всего исследованного района в 1996 и 1998 гг. наблюдалось явное преобладание животных с гонадами, отнесенными нами к 1-й категории цветности (соответственно 65,92 и 66,90 %); животные, имеющие гонады 2-й категории, составили в эти годы 29,55 и



25,92 %, а 3-й категории – 4,53 и 7,18 %. В 1997 г. отмечались явно худшие показатели: доля животных с гонадами желто-оранжевых оттенков (1-я категория) составила 36,21 %, в то время как животных с гонадами от грязно-желтого до коричнево-бурого цвета гонад (2 и 3-й категории) – 40,32 и 23,47 %. Причем в течение всех трех лет самцы характеризовались явно худшими цветовыми показателями, чем самки: у них преобладали гонады 2 и 3-й категорий цветности (рис. 8).

Рис. 7. Частота встречаемости стадий зрелости гонад *S. intermedius*: 1 – самцы, 2 – самки, 3 – самцы и самки

Fig. 7. The temporal and spatial *S. intermedius* gonads' ripeness stages distribution: 1 – males, 2 – females, 3 – males and females

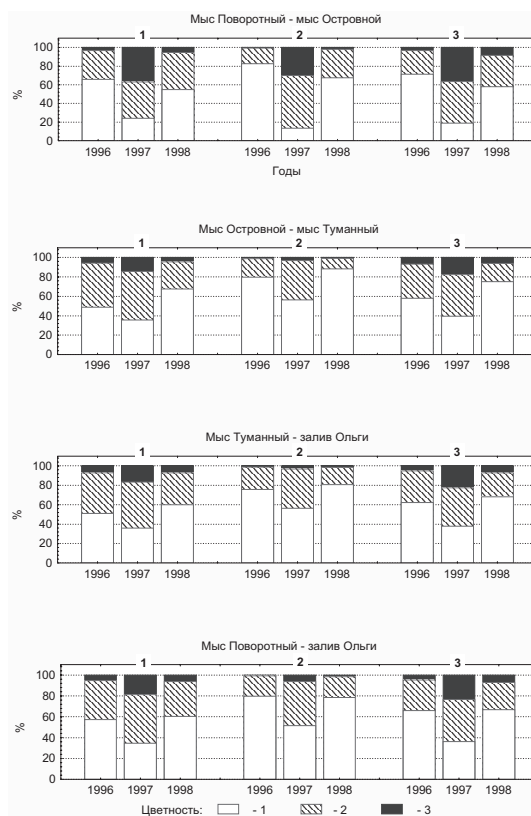
Подобная картина прослеживалась на всех выделенных участках и была наиболее ярко выражена на южном. Здесь при сравнительно лучших показателях цветности гонад в 1996 и 1998 гг., в 1997 г. доля животных с гонадами желто-оранжевого цвета составила всего 19,0 %, зато с гонадами коричнево-бурых оттенков – 36,7 %. В 1997 г. наблюдались сравнительно худшие цветовые показатели как у самцов, так и у самок, в то время как в 1996 и 1998 гг. цветность гонад была явно хуже у самцов (рис. 8).

На других участках побережья худшие цветовые показатели у самцов отмечались в течение всех лет наблюдений. Интересно, что в 1997 г., когда наихудшие цветовые показатели гонад наблюдались на всех участках, соотношение полов для всего побережья составило 60,9: 39,1 % (самцы: самки), тогда как в другие годы количество самцов и самок было примерно одинаковым (см. рис. 3).

Обсуждение полученных данных

Известно, что для морских ежей, живущих в сублиторали умеренных вод, температура является основным фактором, регулирующим процессы гаметогенеза (Pearse, 1981; Хотимченко и др., 1993). В южной части северного Приморья активное размножение половых клеток у *S. intermedius* наблюдается в весенне-летний период, и наиболее интенсивно процессы роста и созревания гамет идут при 4–10 °C (Викторовская, Матвеев, 2000).

В течение трех лет исследований, в период проведения работ, гонады серого морского ежа, обитающего от мыса Поворотного до зал. Ольги, в основном находились на 2-й стадии зрелости, однако на южном участке (мыс Поворотный – мыс Островной) доля таких животных была самой



низкой по сравнению с более северными участками.

Рис. 8. Частота встречаемости гонад разной цветности у *S. intermedius*: 1 – самцы, 2 – самки, 3 – самцы и самки

Fig. 8. The temporal and spatial *S. intermedius* gonads' colour distribution: 1 – males, 2 – females, 3 – males and females

По данным Г.И.Викторовской и В.И.Матвеева (2000), в этом районе в апреле–мае температура воды обычно составляет 2–8 °С, причем в целом прогрев вод происходит с интенсивностью 1–2 °С в декаду. Тот факт, что в 1997 г. на всем участке побережья степень зрелости гонад была самой низкой по сравнению с 1996 и 1998 гг., вероятнее всего, объясняется межгодовыми различиями температурного режима вод данного района.

В работах других авторов отмечается, что в популяциях *Strongylocentrotus intermedius* и близкородственных ему видов соотношение самцов и самок примерно одинаково, с незначительным преобладанием самцов или самок в отдельных случаях (Gonog, 1973; Munk, 1992; Bernard, 1997; Meidel, Scheibling, 1998). Это объясняется тем, что для морских ежей характерно асинхронное развитие половых клеток, поэтому в период активного роста и созревания гамет в одном и том же скоплении могут встречаться животные с гонадами разной степени зрелости. Достаточно высокая синхронность гаметогенетических процессов у отдельных особей наблюдается лишь в нерестовый период, когда животные собираются в “кучи”, и именно в это время соотношение полов выравнивается (Касьянов и др., 1980; Яковлев, 1993).

Некоторое преобладание самцов в 1996 и 1997 гг., имеющее место на всех выделенных участках, скорее всего объясняется тем, что особи находились на разных стадиях зрелости, а некоторая их часть – на 0-й стадии, что затрудняло определение пола. Существенное преобладание самцов на всех участках было отмечено в 1997 г., и в этом же году отмечалось наибольшее число особей с гонадами на 0-й стадии зрелости (13,5 % по сравнению с 6,46 и 5,74 % в другие годы). Можно предположить, что значительную часть этих животных составляли самки с гонадами на ранних стадиях гаметогенеза.

По нашим данным, наполнение гонад у животных, относящихся к разным размерным группам, существенно различалось по годам и в пределах выделенных акваторий.

Так, на всем побережье от мыса Поворотного до зал. Ольги самые высокие средние значения гонадного индекса у всех групп животных отмечаются в 1996 г.: у мелкопромысловых – на южном (17,1 %) и среднем (13,5 %) участках, у основной промысловой части – на среднем (12,0 %) и северном участках (10,1 %) и у крупноразмерных животных – также на среднем (15,2 %) и северном участках (12,3 %). В 1997 и 1998 гг. наблюдается сравнительно более низкое наполнение гонад у всех размерных групп, особенно ярко выраженное у мелкопромысловых животных. На южном участке, где у мелкопромысловых особей наблюдается наибольшее наполнение гонад, они составляют всего 6,8–15,8 % от общего числа промысловых животных; здесь преобладают ежи промысловых размеров. В то же время особи, входящие в промысловую часть размерами более 70 мм, имеют самый высокий ГИ на участке от мыса Островного до мыса Туманного, где нет ярко выраженного преобладания тех или иных размерных классов (Борисовец и др., 2000). Кроме того, именно на этом участке отмечены самые высокие за три года исследований суммарные значения гонадного индекса (9,7 %, по сравнению с 8,7 и 7,8 % на южном и северном участках).

Отметим, что в пределах всей акватории животные с диаметром панциря более 70 мм на протяжении трех лет характеризуются сравнительно лучшим наполнением гонад, чем животные меньших размеров, что косвенно указывает на их высокий репродукционный потенциал. Известно, что с увеличением размеров тела абсолютные темпы роста серого ежа непрерывно уменьшаются, что связано с возрастным снижением эффективности использования энергии усвоенной пищи на рост. Пространственная дифференциация скорости роста также наибольшая у ежей среднего возраста, для молодых и старых особей она меньше (Брегман, 2000). Согласно М.В.Мина и Г.А.Клевезаль (1976), наибольшие темпы роста животных одной популяции обнаруживаются в зоне температурного оптимума при наличии достаточного количества адекватной по качеству пищи. В исследуемом нами районе от мыса Поворотного до зал. Ольги морские ежи получают максимальное количество тепла для созревания гамет (1450–1500 градусо-дней). Температурный диапазон нереста самый высокий (16–20 °С), а гидрологическая зима самая короткая (75 сут) по сравнению с другими районами северного Приморья (Викторовская, Матвеев, 2000). Обширных участков дна, лишенных ламинарии, костарии и других предпочитаемых ежами водорослей, почти нет. Выделенные участки, где гонады ежей были хорошего качества, практически не отличались по составу растительности от всего района. В таких достаточно благоприятных трофических и температурных условиях морские ежи имеют высокое наполнение половых желез, что несомненно способствует наличию зрелых гамет в течение длительного периода. Нерест морских ежей в данном районе длится в течение 2,5–3,0 мес (3 декада июля – 2 декада октября), что позволяет животным производить максимум потомства в наиболее благоприятных условиях. Поскольку природные условия отвечают адаптациям ежей, то они и размножаются раньше и чаще.

Распределение индивидуальных значений ГИ как на отдельных участках, так и на всей акватории имеет сходный характер.

Зависимости между величиной ГИ и степенью зрелости гонад у особей серого морского ежа (и у самцов, и у самок) не обнаружено, что объяс-

няется наличием большого количества вспомогательных клеток, выполняющих трофическую функцию. Накопление питательных веществ во вспомогательных клетках в начале гаметогенного периода существенно скачивается на объеме и весе гонады, хотя при этом значительных гаметогенетических процессов в ней может и не происходить (Вараксина, 1985). Поэтому на ранних стадиях гаметогенеза величина ГИ в первую очередь зависит от гиперплазии вспомогательных клеток. В дальнейшем же, по мере роста половых клеток, масса гонады увеличивается за их счет. Следовательно, величина ГИ отражает суммарный объем половых и вспомогательных клеток, что необходимо учитывать при использовании этого показателя для оценки состояния гонад (Касьянов и др., 1980; Ващенко и др., 1999).

Ранее мы отмечали (Калинина и др., 2000), что наполнение гонад зависит от количественного и качественного состава доступной пищи. Г.И.Викторовская и Л.Г.Седова (2000) указывают, что максимальные значения гонадного индекса и наиболее зрелые гонады имели серые ежи в скоплениях с неоднородной размерной структурой, численным преобладанием особей размерами 35–45 мм, обитающих на участках дна со сложным мезорельефом, где скапливаются водорослевые остатки.

По данным настоящего исследования, наиболее развитые гонады имели также животные из скоплений с неоднородной размерной структурой, где доля особей с диаметром панциря 30–45 мм составляла 30–35 %, обитающие на участке от мыса Островного до мыса Туманного, т.е. предположительно в местах с биотопическими условиями, благоприятными для интенсивного развития половых желез.

Цветность гонад, наряду с вкусовыми качествами, плотностью и консистенцией, является одним из основных показателей их товарных качеств. По нашим данным, цветность гонад у самцов серых морских ежей, по сравнению с самками, характеризуется преобладанием коричнево-бурых и красноватых оттенков на всех участках в течение трех лет исследований. Следовательно, сравнительно худшие цветовые показатели гонад у морских ежей, отмеченные нами в 1997 г., в большой степени объясняются преобладанием в этом году самцов.

Кроме того, наблюдается определенная взаимосвязь между цветностью гонад и степенью их зрелости. Исходя из полученных данных можно отметить следующее: цветность гонад у морских ежей тем хуже, чем ниже степень зрелости их половых желез. Наиболее наглядно эту тенденцию иллюстрируют суммарные данные за 1997 г., когда отмечается наибольший процент животных с гонадами на 0 и 1-й стадиях зрелости, одновременно с наихудшими цветовыми показателями половых желез у этих ежей. Подобная же закономерность прослеживается для южного и северного участков (на центральном участке эта тенденция несколько сглажена).

Таким образом, по нашим данным, в южной части северного Приморья репродукционные показатели серых морских ежей имеют высокие значения благодаря удачному сочетанию температурного режима и адекватной по количеству и качеству пищи. Следует отметить, что серые морские ежи, обитающие в прибрежной зоне от мыса Поворотного до зал. Ольги, в весенний период имеют более высокие значения ГИ и наиболее продвинутые по степени созревания гонады в сравнении с ежами из других районов северного Приморья (Викторовская, Седова, 2000). Максимальные значения ГИ и наиболее зрелые гонады имели серые ежи в скоплениях с неоднородной размерной структурой, где численно преоб-

ладали особи размером 35–45 мм. К особенностям этого района можно отнести увеличение ГИ с возрастанием размеров животных до 80 мм. Максимальные размеры гонад у крупноразмерных особей (> 70 мм) свидетельствуют о высоких репродуктивных возможностях животных этого размерного класса. Кроме этого, гонады разноразмерных морских ежей в данном районе, как правило, характеризуются хорошими цветовыми показателями. Причем цветность гонад хуже у самцов, но наблюдается ее улучшение по мере созревания гонад как у самок, так и у самцов. В исследуемом районе от мыса Поворотного до зал. Ольги можно выделить скопления морских ежей, которые из года в год характеризуются высокими качественными и количественными показателями гонад. В южном районе – мысы Разградского, Сысоева, скалы Крейсера; в центральном – район от мыса Столбового до мыса Туманного; в северном – район мыса Титова, о. Опасного, мысов Завалишина, Дальнего, Нахвального, от мыса Низменного до мыса Маневского.

Литература

Борисовец Е.Э., Брегман Ю.Э., Викторовская Г.И., Калинина М.В. Биология серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) северо-западного побережья Японского моря. I. Распределение и размерный состав скоплений // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 416–439.

Брегман Ю.Э. К изучению популяционной структуры и роста серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) у северо-западного побережья Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 397–415.

Бараксина Г.С. Гистофизиология вспомогательных клеток гонады морского ежа *Strongylocentrotus nudus* // Биол. моря. – 1985. – № 2. – С. 46–53.

Вашенко М.А., Жадан П.М., Латыпова Е.В. Мониторинг состояния гонад морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* из Амурского залива (Японское море) // Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов: Тез. докл. конф. молодых ученых. – Владивосток, 1999. – С. 128–130.

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

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., Седова Л.Г. Некоторые аспекты биологии серого морского ежа в центральном районе северного Приморья // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 382–396.

Гусарова И.С., Суховеева М.В., Моргутова И.А. Аннотированный список водорослей-макрофитов северного Приморья // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 626–641.

Калинина М.В., Гусарова И.С., Гаврилова Г.С., Викторовская Г.И. Влияние экологических факторов на размножение морских ежей в различных биотопах залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 490–511.

Касьянов В.Л., Медведева Л.А., Яковлев С.Н., Яковлев Ю.М. Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков. – М.: Наука, 1980. – 207 с.

Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. Анализ на уровне организма. – М.: Наука, 1976. – 291 с.

Суховеева М.В. Характер распределения зарослей ламинарии японской и костарии ребристой в районе от мыса Поворотного до бухты Рудной

(Японское море) // Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков: Тез. докл. II (X) съезда Русского ботан. об-ва. – С-Пб, 1998. – Т. 2. – С. 118.

Хотимченко Ю.С., Дерилович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметоганеза и нереста у иглокожих. – М.: Наука, 1993. – 190 с.

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

Bernard F.R. Fishery and reproductive cycle of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, in British Columbia // J. Fish. Res. Board Can. – 1997. – Vol. 34. – P. 604–610.

Gonor J.G. The reproductive cycle in Oregon populations of the echinoid *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). I. Annual Mar. Biol. Ecol. – 1973. – Vol. 12, № 1. – P. 45–64.

Meidel S.R., Scheibling R.E. Annual reproductive cycle of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in differing habitats in Nova Scotia, Canada // Marine Biol. – 1998. – Vol. 131, № 3. – P. 461–478.

Munk J.E. Reproduction and growth of green sea urchins *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller) near Kodiak, Alaska // J. Shellfish Res. – 1992. – Vol. 11. – P. 245–254.

Pearse J.S. Synchronization of gametogenesis in the sea urchins *Strongylocentrotus purpuratus* and *S. franciscanus* // Advances in Invertebrate reproduction. – Amsterdam: Elsevier North Holland, 1981. – P. 53–68.

Поступила в редакцию 6.08.02 г.