

Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии
(СахНИРО)



ПРИБРЕЖНОЕ РЫБОЛОВСТВО – XXI ВЕК

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

19-21 сентября 2001 г.

Труды СахНИРО
Том 3

Часть 1



Южно-Сахалинск
Сахалинское книжное издательство
2002



БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СКОПЛЕНИЙ СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS* (AGASSIZ) СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ

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

*Тихоокеанский научно-исследовательский
рыбохозяйственный центр, г. Владивосток*

Настоящая статья посвящена биологической характеристике скоплений серого морского ежа в южном районе побережья северного Приморья от м. Поворотного до зал. Ольги. На всей изученной акватории выделяются три участка, резко отличающихся по размерному составу серых морских ежей. Между мысами Завалишина и Низменным длительное время существует мощный центр естественного воспроизводства морских ежей, а ряд локальных центров расположен у островов Петрова, Бельцова, Орехова, Опасный. Сделано предположение о формировании в исследуемом районе поселения серого морского ежа за счет спонтанно возникающих зон воспроизводства и расселения личинок. Максимальные значения гонадного индекса наблюдаются в скоплениях с неоднородной размерной структурой в центральном районе, где численно преобладают особи размером 35-45 мм. К особенностям данного района можно отнести увеличение гонадного индекса с возрастанием размеров животных до 80 мм. Имеющиеся данные о высоких репродукционных показателях серого морского ежа в районе от м. Поворотного до зал. Ольги свидетельствуют о благоприятных условиях обитания. Отмечается, что в данном районе морские ежи в весенний период имеют более высокие значения гонадного индекса и наиболее продвинутые по степени созревания гонады по сравнению с другими районами северного Приморья.

This paper describes a biological characteristic of *Strongylocentrotus intermedius* aggregations in the southern part of the northern Primorie coastal zone from Cape Povorotny to the Bay of Olga. Three sites, sharply differentiated by a size composition of *S. intermedius*, are distinguished all over the study area. There is a powerful center of the sea urchin natural reproduction between capes Zavalishin and Nizmenny, and several local centers are located near the islands of Petrov, Beltsov, Orekhov, Opasny. The colony of *S. intermedius* is supposed to be formed in the study area due to the spontaneously appeared zones of larval reproduction and distribution. Maxima estimates of gonad index are observed in aggregations with heterogeneous size structure in the central region, where specimens with sizes 35-45 mm prevail by numbers. The increase in gonad index up to 80 mm along with increase in sizes of animals can be related to the peculiarities of this region. The obtained data on high reproduction indices of sea urchins in the region from Cape Povorotny to the Bay of Olga prove the favorable habitat conditions. In this region, sea urchins in the spring period are noted to have higher estimates of gonad index comparing to other regions of northern Primorie.

Серый морской еж *S. intermedius* широко распространен в прибрежных районах России, Японии и Кореи. Добыча этого ценного объекта у северо-западного побережья Приморья весьма интенсивная, хотя некоторые аспекты его биологии в этом районе мало изучены, а основы рациональной эксплуатации еще не полностью разработаны.

Настоящая статья посвящена биологической характеристике скоплений серого морского ежа в южном районе побережья северного Приморья от мыса Поворотного до залива Ольги.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу данной работы положен материал, собранный во время учетных съемок в апреле-мае 1996-1998 гг. В ходе водолазных погружений отмечали местоположение станций, глубины, характер грунта и видовой состав водораслевого покрытия. Карта-схема района работ представлена на рисунке 1.

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

Стадии зрелости гонады определяли по шкале, предложенной Хотимченко Ю.С. с соавторами (1993) в модификации Викторовской Г.И. (1998): 0 – стадия покоя; 1 – стадия начала развития, 2 – активного гаметогенеза, 3 – нерестовая, 4 – посленерестовая. На 0 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 стадии в яичниках наблюдаются ооциты большого роста и единичные яйцеклетки, а в семенниках присутствуют сперматоциты и небольшое количество сперматозоидов; на 3-й стадии гонады заполнены зрелыми гаметами; на 4-й стадии гонада выглядит опустошенной, и в ацинусах наблюдаются процессы резорбции невыметанных половых клеток.

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

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 экземпляров. 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.

Обработка данных проводилась с использованием программ Excel и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Краткая характеристика района

На основании ранее проведенных исследований в прибрежной зоне северного Приморья нами было выделено три района: северный – от мыса Золотого до мыса Белкина, центральный – от мыса Белкина до зал. Ольги и южный – от зал. Ольги до мыса Поворотного, различающихся по срокам и характеру размножения, температурному диапазону нереста серого морского ежа и длительности гидрологической зимы (Викторовская, Матвеев, 2000). В исследуемом 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°C), а гидрологическая зима самая короткая (75 суток) по сравнению с другими районами северного Приморья. Нерест морских ежей в данном районе длится в течение 2,5-3 месяцев (3-я декада июля – 2-я декада октября), что позволяет животным производить максимум потомства в наиболее благоприятных условиях.

Промысел морских ежей начинается в апреле-мае и продолжается до августа. Необходимо отметить, что морские ежи, обитающие в этом районе, обладают самыми высокими товарными качествами по сравнению с другими районами северного Приморья.

Скопления морских ежей в прибрежной зоне от мыса Поворотного до зал. Ольги 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 – это *Laminaria japonica*, *Costaria costata*, *Dichloria viridis*; из красных – *Tichocarpus crinitus*, *Ptilota filicina*, *Polysiphonia* sp., кораллиновые: *Bossiella* sp., *Corallina* sp.; *Lithothamnion* sp.; из зеленых – *Ulva fenestrata*, *Ulvaria splendens*, *Enteromorpha linza* (рис. 2).

Размерная структура

Вся исследованная акватория от мыса Поворотного до залива Ольги ранее была разделена на три участка, различающихся по размерному составу морских ежей: 1 – южный (от м. Поворотный до м. Островной) – с преобладанием промысловых животных; 2 – центральный (от м. Островного до м. Туманного) – с относительно нестабильной размерной структурой, в которой трудно выделить доминирующую группу, и 3 – северный (от м. Туманный до залива Ольги) с доминированием непромысловых особей (рис. 3).

Размерный диапазон ежей от мыса Поворотного до зал. Ольги был в пределах 2,5–93,0 мм. В целом на всей акватории наблюдается преобладание непромысловых животных, однако ситуация становится иной при более подробном изучении размерной структуры данного района. На южном участке наибольшая доля непромысловых животных не превышала 12–15 %, в течение трех лет их относительное количество уменьшилось, а модальный класс в размерной структуре поселения сместился с 62 мм до 68 мм. На северном участке, напротив, доля непромысловых ежей составляла 66–67%, однако также наблюдалось ее снижение. Соответственно начальный модальный класс 32 мм в 1998 г. стал равен 36 мм. Наибольшие концентрации ежей диаметром менее 15 мм и 15–25 мм отмечены в районе от мыса Завалишина до мыса Низменный: здесь находилось 62–91 % и 68–82 % особей данных размерных групп соответственно. Крупные ежи более 70 мм приурочены главным образом к южному участку (мыс Туманный – мыс Поворотный). Их количество с 1996 г. по 1998 г. увеличилось с 12,3 до 15,3 %. В южном районе встречается наибольшее количество особей размерами более 70 мм. Самые крупные ежи с диаметром панциря 93 мм обнаружены также в этом районе. Необходимо отметить, что максимальный размер, приводимый в литературе для серого ежа, составляет 85 мм (Бажин, 1995). Соотношение молоди и промысловых животных более равновесное в центральном районе.

Скорее всего на формирование такой структуры поселений морских ежей сказывается вынос личинок поверхностным прибрежным течением, наблюдающимся в мае-сентябре и направленным к северу от мыса Поворотного до 46 градусов северной широты (Юрасов, Яричин, 1991). Причем продвинутые в развитии личинки, благодаря турбулентности у островов и выступающих мысов, успевают здесь же и осесть, а оставшиеся оседают позже и севернее. Предлагаемый механизм формирования скоплений явно не единственный, иначе ежей на южном участке было бы мало или не было бы вовсе (Борисовец и др., 2000). Видимо, благоприятные для оседания и выживания личинок условия периодически возникают и здесь (например, когда временно ослабевает течение). Осевшие в этот период личинки составляют основу поселения до следующего благоприятного периода.

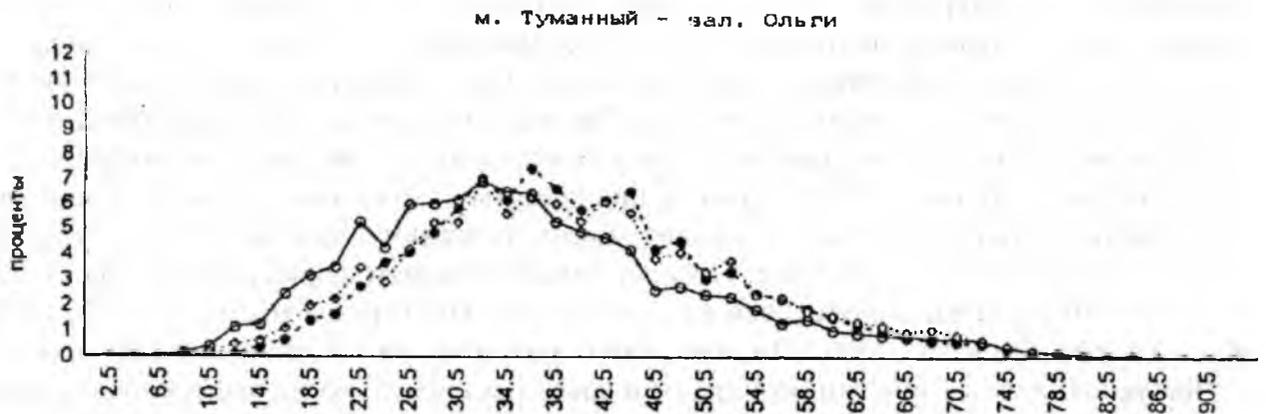
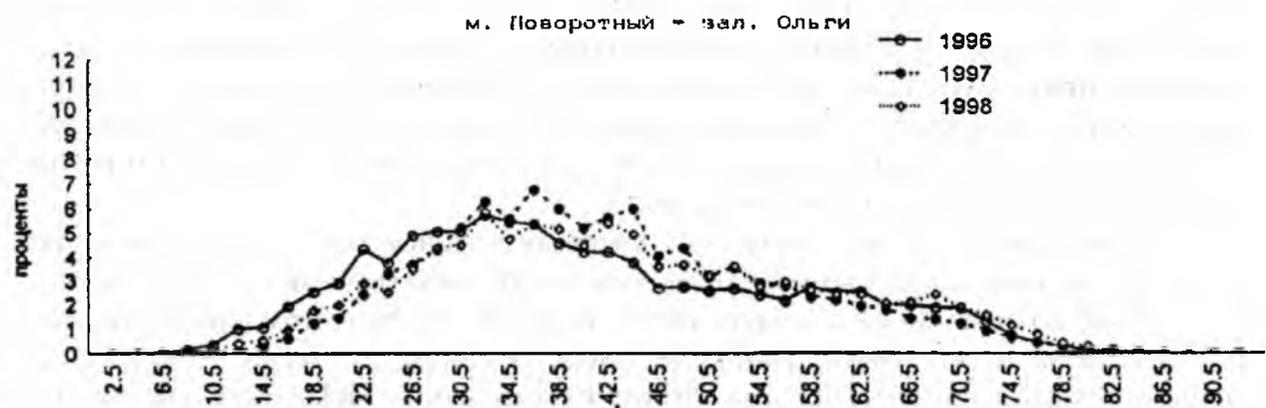


Рис. 2. Частота встречаемости макрофитов и групп растительности в исследованных районах

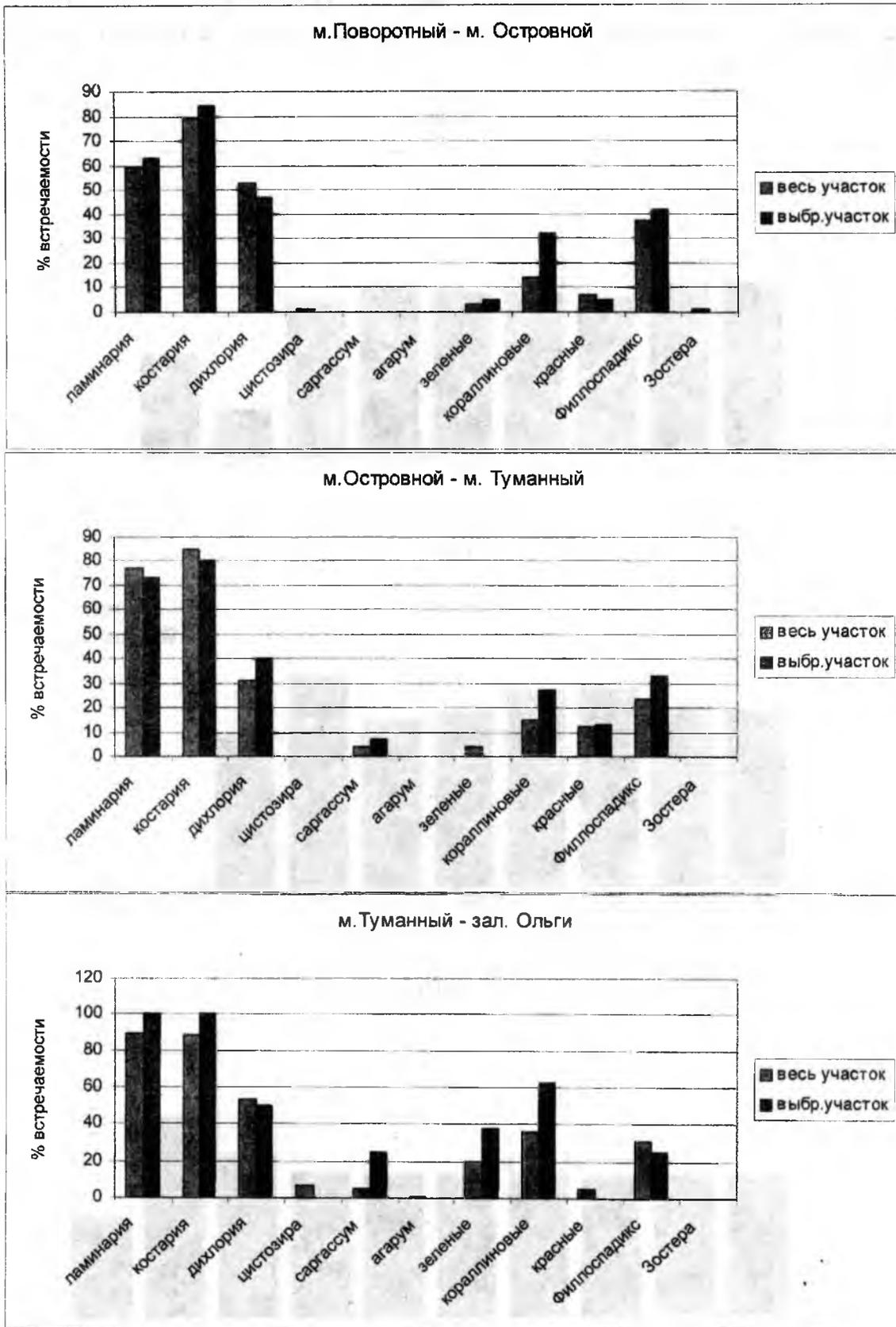


Рис. 3. Размерная структура *S. intermediu*

Размерно-половая структура и состояние половых желез

Размерно-половая структура серого ежа от м. Поворотного до зал. Ольги показана на рисунке 4. Напомним, что пол определялся только у животных промысловых размеров (> 45 мм).

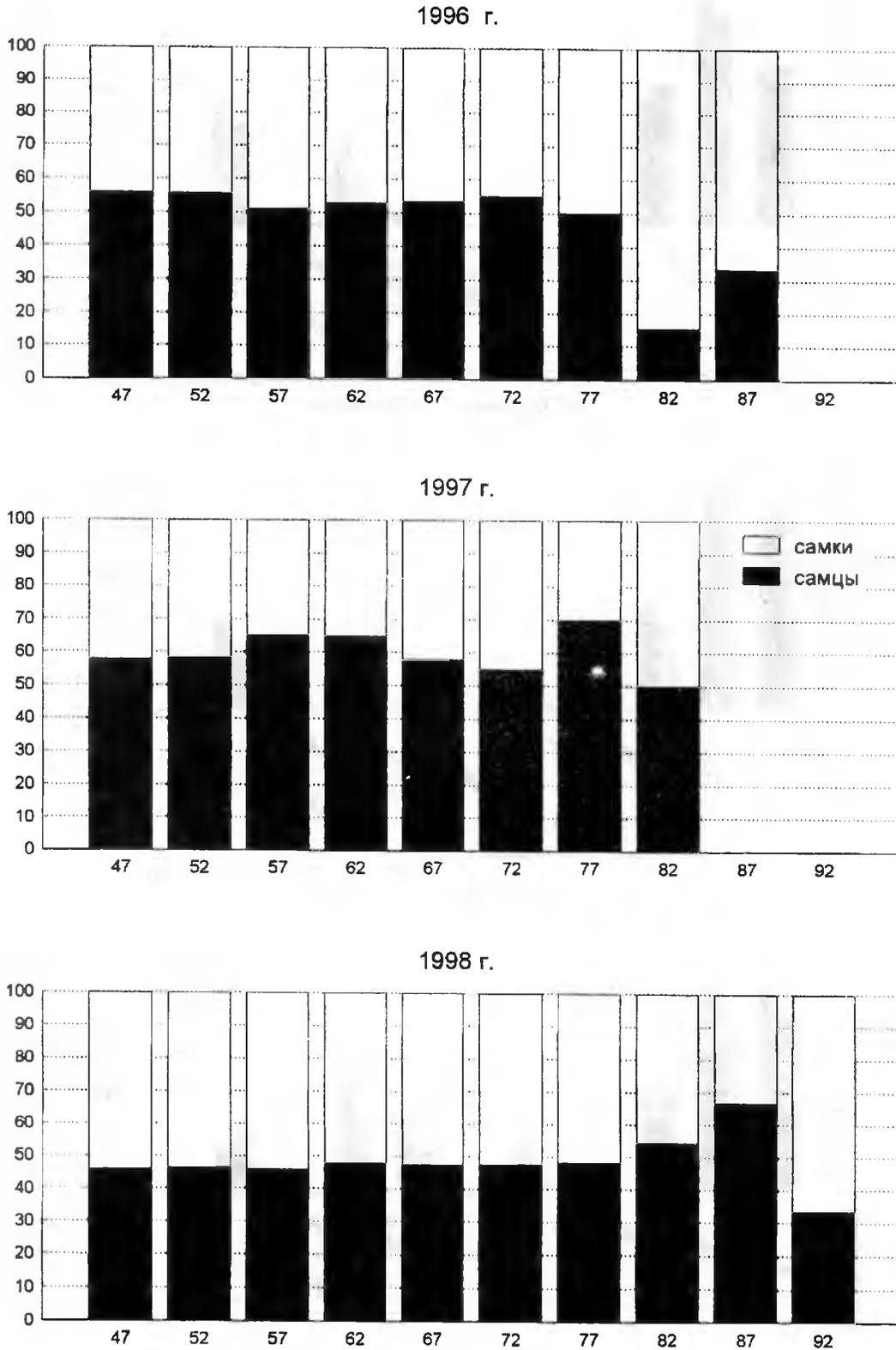


Рис. 4. Размерно-половая структура *S. intermedius*

Отмечается, что у мелкопромысловых особей, имеющих размеры 45-55 мм, количество самок и самцов приблизительно одинаково с небольшим увеличением в сторону самцов в 1996 г. У промысловых ежей размером 55-70 мм в 1997 году преобладали самцы (66,67 %). Количество самок и самцов у серых ежей размером более 70 мм в 1996-1997 гг. было приблизительно одинаковым, а в 1998 г. отмечалось преобладание самок (59 и 21 % соответственно).

Также следует отметить, что на южном участке, в отличие от двух других, в течение всего периода исследований размеры животных не превышали 85 мм.

Гонадный индекс. Для всего исследованного района была прослежена зависимость величины ГИ от размеров ежей (рис. 5).

Из полученных данных видно, что величина этого показателя для животных размерами 45-70 мм в различные годы достоверно не различалась. 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.

Наполнение гонад у животных, относящихся к разным размерным группам, существенно различалось по годам и в пределах выделенных акваторий (табл.1).

Так, на всем побережье от м. Поворотного до зал. Ольги самые высокие средние значения гонадного индекса у всех групп животных отмечаются в 1996 г.: у мелкопромысловых – на южном (17 %) и среднем (13 %) участках, у основной промысловой части – на среднем (12 %) и северном участках (10 %) и у крупноразмерных животных – также на среднем (15 %) и северном участках (12 %). В 1997 и 1998 гг. наблюдается сравнительно более низкое наполнение гонад у всех размерных групп, особенно ярко выраженное у мелкопромысловых животных. В то же время особи, входящие в промысловую часть, размерами более 70 мм имеют самый высокий гонадный индекс на участке от м. Островного до м. Туманного, где нет ярко выраженного преобладания тех или иных размерных классов. 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 соответственно).

Обращает на себя внимание тот факт, 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.

Стадии зрелости. Зависимости между величиной ГИ и степенью зрелости гонад у особей серого морского ежа (и у самцов, и у самок) не обнаружено. Это объясняется наличием большого количества вспомогательных клеток в гонадах морских ежей, выполняющих трофическую функцию (Вараксина, 1985). 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. Таким образом 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).

В течение трех лет исследований в весенний период гонады серого морского ежа, обитающего от м. Поворотного до зал. Ольги, в основном находились на 2-й стадии зрелости: у 76,4%, 56% и 78,8 % особей в 1996, 1997 и 1998 гг. соответственно (рис. 6). Причем в 1996 г. это преобладание обеспечивалось в основном за счет самцов, в то время как в другие годы была выше доля самок. Отмечается, что на южном участке (м. Поворотный – м. Островной) доля таких животных была самой низкой по сравнению с более северными участками.

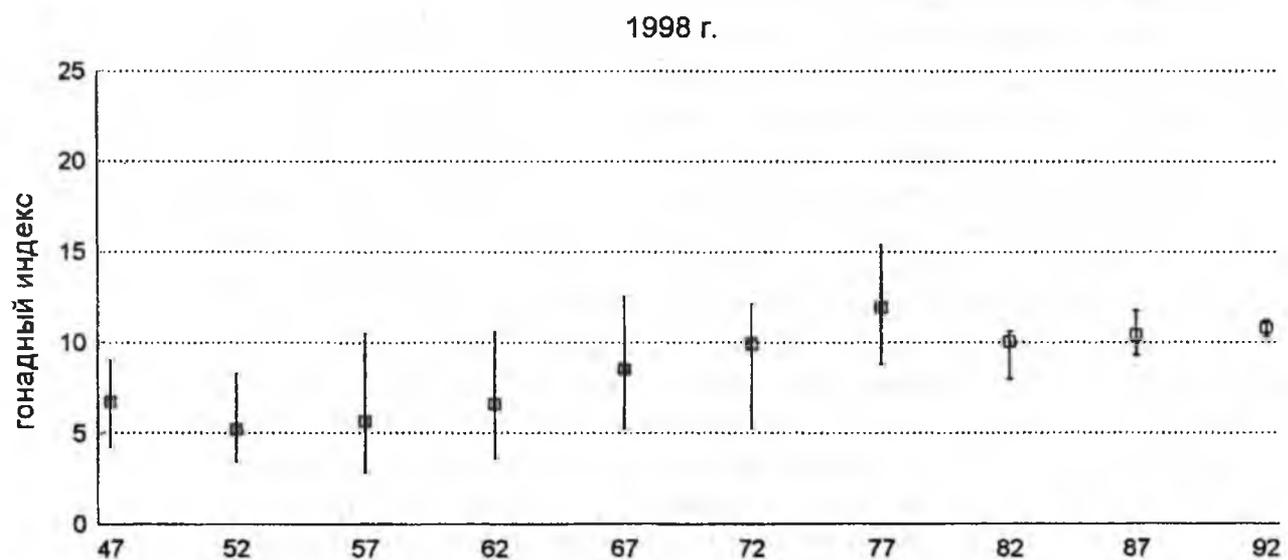
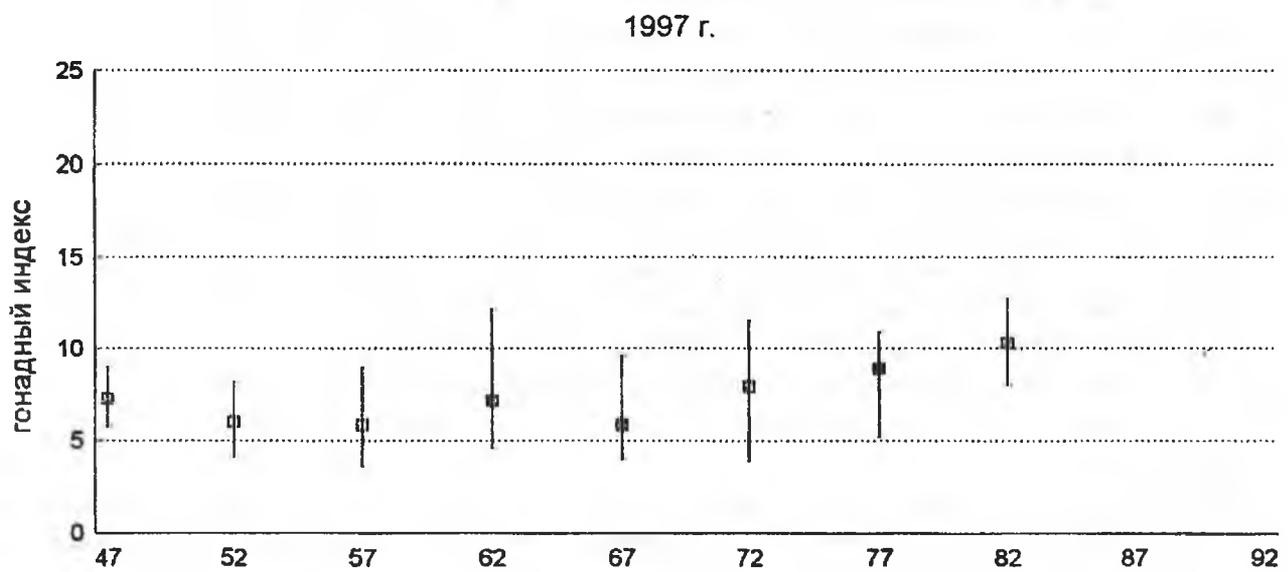


Рис. 5. Зависимость величины гонадного индекса *S. intermedius* от размеров особи

Таблица 1

Год	Класс, мм	Кол-во, шт	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум
м. Поворотный - залив Ольги						
1996	45-55	157	10,33	9,13	1,79	48,91
	55-70	237	10,00	8,94	0,01	26,85
	>70	92	12,55	11,60	1,62	28,57
1997	45-55	314	6,66	6,52	0,78	22,5
	55-70	345	7,11	6,32	0,42	51,43
	>70	90	8,77	8,58	0,32	20,71
1998	45-55	85	6,48	5,56	0,74	19,67
	55-70	227	7,85	6,98	0,52	25,71
	>70	95	10,18	10,28	0,76	20,08
м. Поворотный - м. Островной						
1996	45-55	8	17,10	12,34	2,78	48,91
	55-70	87	8,90	7,56	2,33	26,63
	>70	23	10,24	9,89	1,62	18,91
1997	45-55	12	6,38	6,62	3,80	8,82
	55-70	42	7,02	5,43	0,95	51,43
	>70	24	7,81	7,67	0,44	20,71
1998	45-55	7	7,83	5,56	4,41	14,55
	55-70	78	8,42	7,07	0,22	25,71
	>70	27	10,48	10,38	1,15	20,08
м. Островной - м. Туманный						
1996	45-55	20	13,55	9,99	2,86	48,08
	55-70	48	11,72	10,00	0,01	26,56
	>70	25	15,21	14,63	3,21	27,48
1997	45-55	19	7,43	6,67	3,41	14,06
	55-70	62	9,12	8,62	0,42	19,23
	>70	15	8,95	9,90	0,32	20,21
1998	45-55	11	2,57	2,31	0,83	5,00
	55-70	61	6,66	6,19	0,57	20,59
	>70	44	11,14	10,85	3,18	18,82
м. Туманный - залив Ольги						
1996	45-55	129	9,41	8,85	1,79	26,67
	55-70	102	10,12	9,28	0,48	26,85
	>70	44	12,25	11,05	3,42	28,57
1997	45-55	283	6,62	6,38	0,78	22,5
	55-70	241	6,61	6,06	0,52	22,35
	>70	51	9,16	9,33	0,36	20,20
1998	45-55	67	6,98	6,45	0,74	19,67
	55-70	88	8,18	7,23	0,52	18,52
	>70	24	8,06	8,93	0,76	17,18

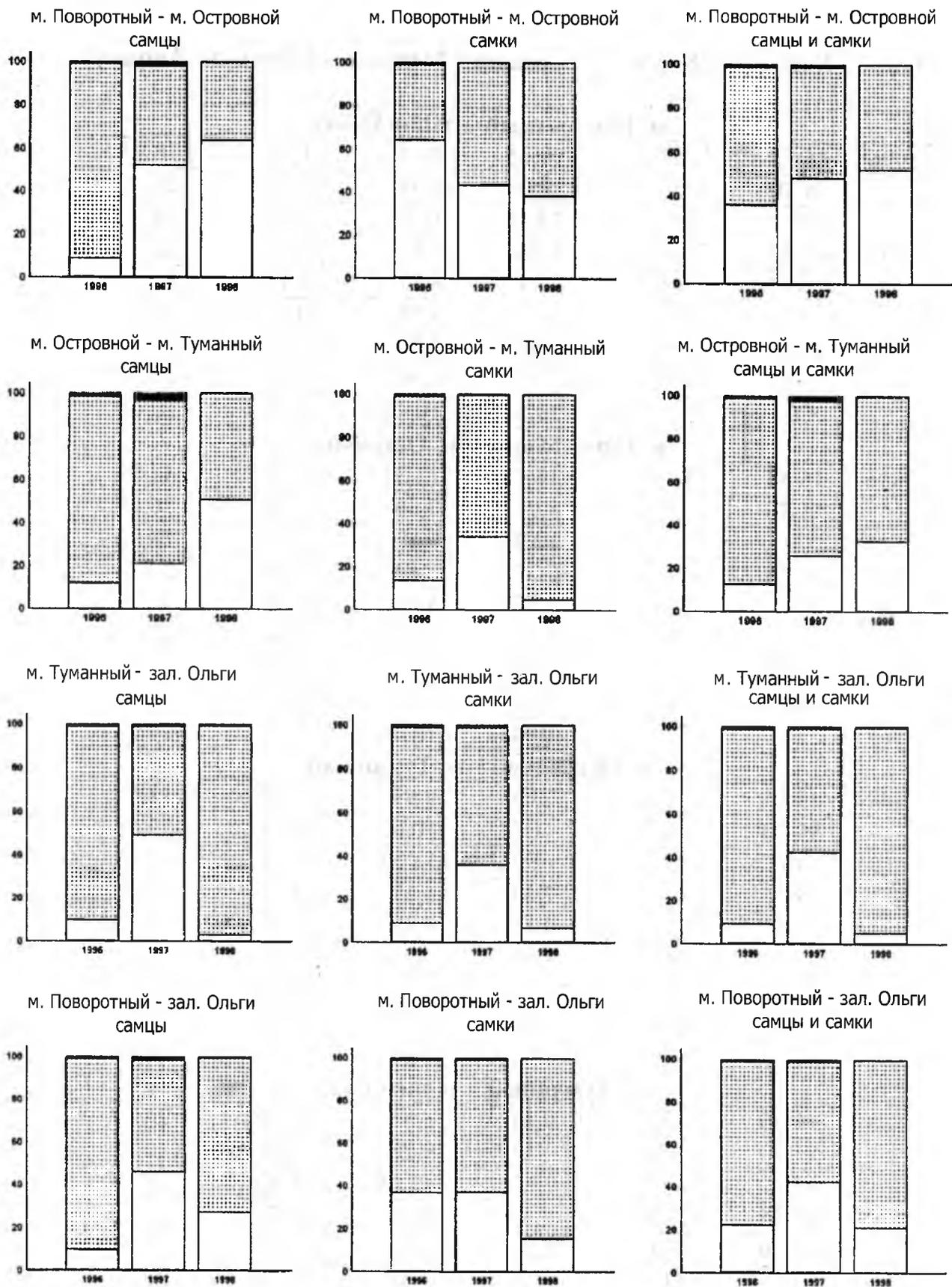


Рис. 6. Распределение стадий зрелости гонад *S. intermedius* по годам и участкам
Примечание: белая заливка – категория цветности, штриховка – 2-я категория цветности, черная заливка – 3-я категория цветности

Особь с гонадами на 3-й стадии зрелости (в основном самцы) составляли менее 1,5 %, а остальная часть животных имела гонады на 1-й стадии.

Для морских ежей, живущих в сублиторали умеренных широт, температура является основным фактором, регулирующим процессы гаметогенеза (Касьянов и др., 1980). По нашим данным, в этом районе в апреле-мае температура воды обычно составляет 2-8°C, причем в целом прогрев вод происходит с интенсивностью 1-2° С в декаду (Викторовская, Матвеев, 2000). Тот факт, что в 1997 г. на всем участке побережья степень зрелости гонад была самой низкой, вероятнее всего объясняется межгодовыми различиями температурного режима вод данного района.

Цветность гонад, наряду с другими показателями, является одним из основных критериев оценки 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 (рис.7). Сравнительно худшие цветовые показатели гонад у морских ежей, отмеченные нами в 1997 г., в большой степени объясняются преобладанием в том году самцов

Кроме того, наблюдается определенная взаимосвязь между цветностью гонад и степенью их зрелости. Исходя из полученных данных, можно отметить следующее: в период роста и созревания гонад их цветность 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 стадии и на 1-й стадии 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).

В ранее проведенных исследованиях в других районах северного Приморья и залива Петра Великого мы отмечали, что наполнение и цветность гонад у морских ежей зависит от количественного и качественного состава доступной пищи в период их роста и созревания, а также что максимальные значения гонадного индекса и наиболее зрелые гонады обычно имеют ежи в скоплениях с неоднородной размерной структурой и численным преобладанием особей размерами 35-45 мм (рекрутов) (Калинина и др., 2000; Викторовская, Седова, 2000).

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

Итак, из представленных выше данных следует, что на всей изученной акватории выделяются три участка, резко отличающиеся по размерному составу населяющих их серых морских ежей, причем подобная картина устойчиво повторяется на протяжении ряда лет. Рассмотренные особенности размерной структуры скоплений и имеющиеся материалы о размножении серого ежа к северу от мыса Поворотного позволяют сделать следующее заключение:

- между мысами Завалишина и Низменным длительное время существует мощный центр естественного воспроизводства серых морских ежей, а ряд локальных центров расположен у островов Петрова, Бельцова, Орехова и Опасный (бух. Соколовская);

- сделано предположение о формировании в исследуемом районе поселения серого морского ежа за счет спонтанно возникающих зон воспроизводства и расселения

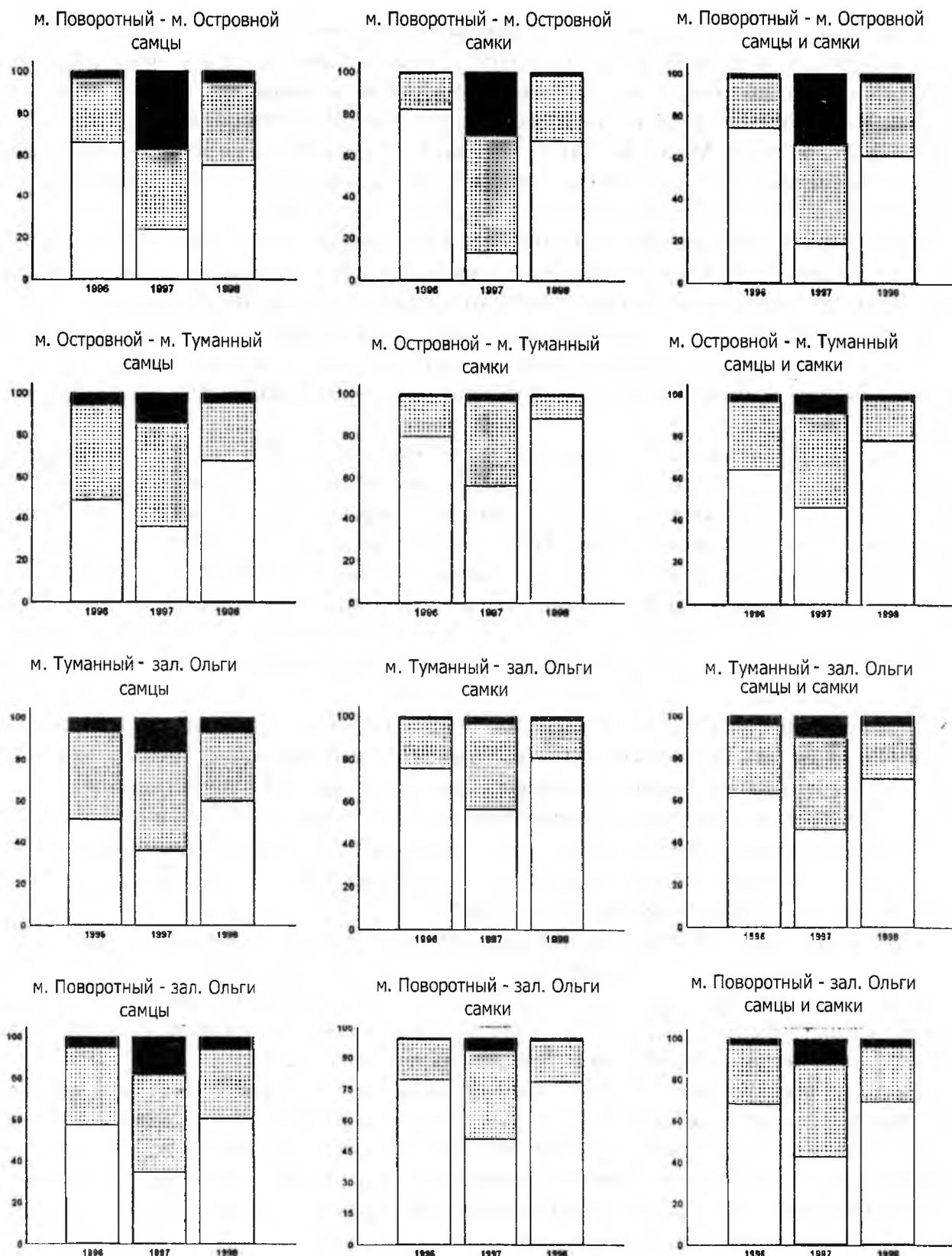


Рис. 7. Распределение цветности гонад *S. intermedius* по годам и участкам

Примечание: см. рис. 6

личинки. По-видимому, важную роль играет поверхностное прибрежное течение, направленное летом к северу от мыса Поворотный;

- максимальные значения гонадного индекса и наиболее зрелые гонады у серых ежей наблюдаются в скоплениях с неоднородной размерной структурой в центральном районе, где численно преобладают особи размером 35-45 мм;

- к особенностям этого района можно отнести увеличение гонадного индекса с возрастанием размеров животных до 80 мм. Максимальные размеры гонад у крупно-размерных особей (> 70 мм) говорят о высоких репродуктивных возможностях животных этого размерного класса;

- гонады разноразмерных морских ежей, 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;

- имеющиеся данные о высоких репродукционных показателях серого морского ежа в районе от мыса Поворотного до зал. Ольги говорят о благоприятных условиях обитания. Здесь животные получают максимальное количество тепла для созревания гамет, температурный диапазон нереста самый высокий, а гидрологическая зима самая короткая. Также практически не встречается обширных участков дна, лишенных предпочитаемых ежами водорослей, а выделенные участки с хорошим качеством гонад у ежей практически не отличаются по составу растительности от всего района исследований. 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;

- отмечается, что серые морские ежи, обитающие в прибрежной зоне от м. Поворотного до зал. Ольги, в весенний период времени имеют более высокие значения ГИ и наиболее продвинутые по степени созревания гонады в сравнении с другими районами северного Приморья.

ЛИТЕРАТУРА

Бажин А.Г. Видовой состав, условия существования и распределение морских ежей рода *Strongylocentrotus* морей России: Дис... канд. Биол. наук. - Петропавловск-Камчатский, 1995. - 125 с.

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-центра. - 2000. - Т.127.

Вараксина Г.С. Гистофизиология вспомогательных клеток гонады морского ежа *Strongylocentrotus nudus* // Биология моря. - 1985. - № 2. - С. 46-53.

Ващенко М.А., Жадан П.М., Латыпова Е.В. Мониторинг состояния гонад морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* из Амурского залива (Японское море) // Тезисы докл. конф. мол. ученых «Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов». - Владивосток, ТИНРО-центр, 24-26 мая 1999. - Владивосток, 1999. - С. 128-130.

Викторовская Г.И. Экология размножения морских ежей в прибрежной зоне северного Приморья // Дел. ТИНРО-центр, Владивосток 1998-н 1338 РХ 98. Библиогр. указ. ВИНТИ № 4, 1999.

Викторовская Г.И., Матвеев В.И. Связь сроков размножения морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* с температурой воды у побережья северного Приморья / Океанология. - 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-центра. - 2000. - Т. 127.

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

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-центра. - 2000. - Т. 127.

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.

Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих / Москва: Наука, 1993. - 170 с.

Юрасов Г.И., Яричин В.Г. Течения Японского моря / Владивосток, 1991. - 174 с.