

Г.И.Викторовская, А.Г.Седова, Ю.Э.Брегман; Н.В.Евсеева
(ТИНРО–центр, г. Владивосток;
СахНИРО, г. Южно–Сахалинск)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ
СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА
STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS (A.AGASSIZ)
У ОХОТОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОСТРОВА ИТУРУП

Интенсивный промысел серого морского ежа у южных Курильских островов осуществляется уже почти 10 лет. Однако до сих пор не известны основные демографические и продукционные особенности этого вида, что не позволяет разработать соответствующие рекомендации по рациональной эксплуатации его запасов. Настоящая работа в основном посвящена исследованию процессов размножения и популяционной структуры скопления ежа у охотоморского побережья о.Итуруп.

Сбор материала проводили в июне 1999 г. в бухтах Оля, Белавина (на траверзе пос. Рыбаков), в районе мысов Виноградного, Террасного, Козлова, Пржевальского, зал. Доброе Начало (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема района работ у о.Итуруп
Fig. 1. A map-scheme of investigated area at Isle Iturup western Coast

На каждом участке вдоль перпендикулярной относительно берега линии выполняли серию водолазных погружений

или станций, начиная с горизонта 1–3 м и затем через каждые 4–5 м глубины до появления мягких грунтов (песок, ил), не пригодных для обитания ежей.

Обилие и биомассу промысловых и промысловых ежей оценивали с помощью рамки площадью 1 м²; в ходе погружений отмечали координаты станции, глубины, температуру воды у дна, характер грунта и видовой состав водорослевого покрытия.

Неселективно относительно размеров отобранные на каждой станции пробы обрабатывали по общепринятой схеме: диаметр и высоту

панциря измеряли штангенциркулем с точностью до 1 мм, массу ежей, гонад и кишечника определяли с точностью до 0,1 г; цвет гонад оценивали визуально.

Для построения полигонов частот размерных классов был выбран двухмиллиметровый классовый интервал.

Возрастной состав скоплений определяли по размерной структуре (Harding, 1949). Графическое изображение размерных распределений в выборках и в возрастных когортах получено с помощью компьютерной программы А.А.Стаценко. В связи с возможной пространственной дифференциацией темпов роста возрастную структуру сначала выявляли на отдельных выборках. Поскольку рассчитанные модальные значения диаметра для одновозрастных ежей в пределах изученного побережья достоверно не различались между собой, обработку повторили на объединенной более массовой выборке ($N = 3443$), что повысило точность анализа.

Доверительные интервалы для модальных значений задавали как $\pm 2\sigma$, где σ — среднеквадратичное отклонение. О типе группового линейного роста ежей судили по характеру расположения точек, образуемых парами $D_{t+1} - D_t$ (средний диаметр в возрасте t лет и через год) на графиках Уолфорда. Прямолинейность регрессий подразумевает S-образный, или асимптотический рост (Walford, 1946).

Гонадный индекс (ГИ) — один из наиболее доступных количественных показателей, характеризующих наполнение гонад. ГИ — это отношение величины гонад к массе особи, выраженное в процентах. Величину ГИ определяли у всех исследованных особей, включая молодь. Для облегчения анализа значения этого индекса относили к одной из пяти градаций: 0–5; 5–10; 10–15; 15–20; 20–25.

Следует отметить, что динамика гонадного индекса — это временная изменчивость суммарных объемов половых и вспомогательных клеток, занимающих на ранних стадиях развития значительную часть гонады. Поэтому накопление питательных веществ во вспомогательных клетках будет существенно сказываться на объеме и массе гонады, хотя значительные гаметогенетические процессы в ней могут и не происходить. Более точные сведения о состоянии гонады дает сочетание анализа хода ГИ и прижизненных мазков гонад с использованием микроскопа. На таких препаратах нетрудно определить половую принадлежность, степень заполнения гонады половыми клетками разных стадий развития, вспомогательными клетками и стадию репродуктивного цикла.

Использовали три градации цветности гонад: 1 группа — желто-оранжевые, 2 — от грязно-желтого до красного, 3 — коричнево-бурые.

Кишечный индекс (КИ) определяли как отношение массы кишечника к общей массе тела, выраженное в процентах. Значения КИ были отнесены к одной из пяти градаций: 0–5; 5–10; 10–15; 15–20; 20–25.

Распределение ежей и растительности

Скопления морских ежей в прибрежной зоне у охотоморской стороны о.Итуруп 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 ограничивается чаще всего 15-метровой изобатой. Распределение морских ежей

носит агрегированный характер, расстояние между отдельными скоплениями составляет от 1 до 10 м (рис. 2).

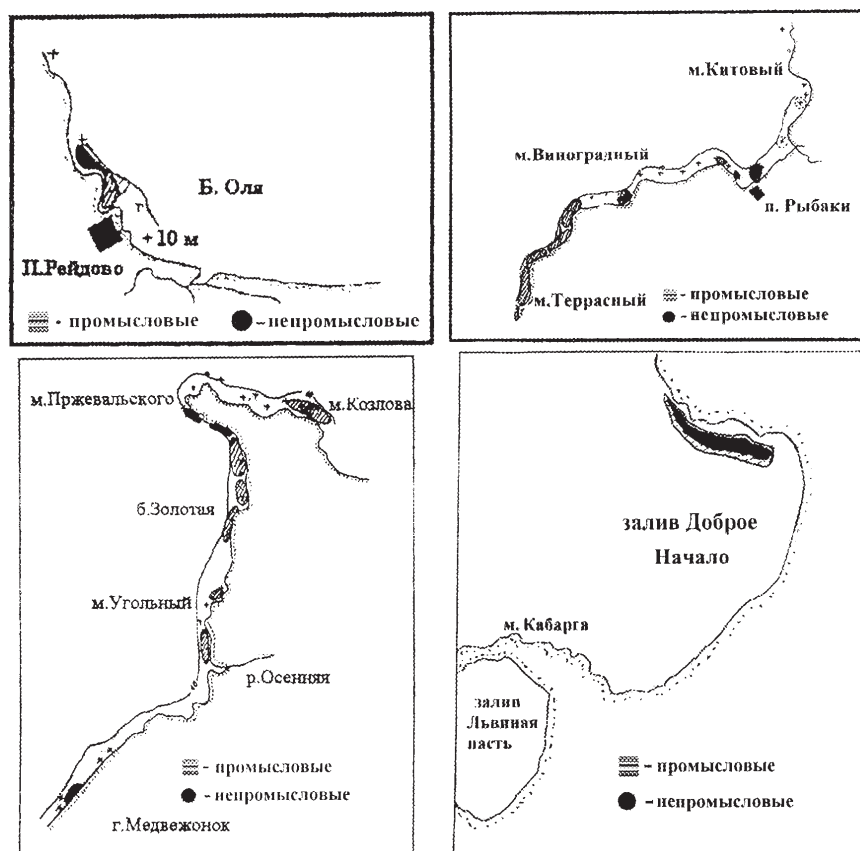


Рис. 2. Схема распределения скоплений серого морского ежа в различных районах охотоморского побережья о.Итуруп

Fig. 2. A schema of gray sea urchins spatial distribution at Isle Iturup western Coast

Растительность на исследованных участках в горизонте 1 – 20 м представлена в основном крупными бурыми, зелеными и красными водорослями, а также высшими растениями (чаще всего – *Phyllospadix iwatensis* и *Zostera marina*). Наиболее часто встречаются: *Cymathera fibrosa*, *Alaria marginata*, *Arthrothamnus bifidus*, *Ulva fenestrata*, *Odontalia ochotensis*, *O. corymbifera*, *Ptilota filicina*, *Tichocarpus crinitus*, *Palmaria stenogona*, кораллиновые водоросли, изредка – *Agarum cribrosum*, *Cystoseira crassipes*, *Costaria costata*, *Dichloria viridis*, *Neoptilota asplenioides*, *Turnella mertensiana*, *Constantinea rosa-marina*.

По доминированию отдельных групп водорослей можно выделить три участка. В южной части охотоморского побережья до зал. Одесского преобладают: *C. fibrosa*, *Ar. bifidus*, *A. marginata*, *A. fistulosa*. Реже встречаются *C. crassipes*, *Cos. costata*, морские травы. В центральной части острова, от зал. Одесского до бухты Белавина, в растительном поясе преобладают *C. fibrosa*, *A. marginata*, *Ar. bifidus*, *Cos. costata*, реже встречаются *Laminaria japonica*, *L. yezoensis*, *L. dentigera*, *D. ligulata*, *Cys. crassipes*. На севере охотоморского побережья, в зал. Простор (бухта Оля), *C. fibrosa* постепенно вытесняется другим видом – *C. triplicata*, а вместо *Ar. bifidus* доминирует *Ar. kurilensis*. Реже встречается *L. yezoensis*, чаще отмечен другой вид рассеченной ламинарии – *L. dentigera*.

На всем протяжении охотоморского побережья пояс бурых водорослей на глубинах 12–20 м замыкают заросли *Ag. cribrosum*. Морские травы образуют заросли на глубинах 1–5 м в полузащищенных бухтах. Наиболее крупные скопления трав и водорослей отмечены на участке от бухты Золотой до мыса Пржевальского и в зал. Простор. Кораллиновые водоросли (кустистые *Bossiella compressa*, *B. cretacea* и *Corallina* sp.) встречаются повсеместно, однако наибольшую площадь их заросли занимают в бухте Белавина на траверзе пос. Рыбаки.

Размерная структура скоплений морских ежей

По данным суммарной выборки ($N = 3429$), размерный диапазон ежей был в пределах 5–74 мм, при этом на долю непромысловых особей диаметром < 45 мм приходилось ≈ 74 % (табл. 1, рис. 3, 4). Количество таких ежей было максимальным (97,4 %) на самом северном участке, т.е. в бухте Оля, и по мере движения на юг, от мыса Виноградного до мыса Пржевальского, постепенно снижалось до 53–58 %, но затем вновь увеличивалось до 84 % у мыса Козлова и 88 % – в зал. Доброе Начало. Наибольшая размерная вариабельность – от 5 до 68 мм – выявлена для скопления в бухте Оля, лишь в этой бухте обнаружена довольно многочисленная молодежь (≈ 7 %) почти годовалого возраста. Она представлена обособленной группой особей размером от 5 до 17 мм. В следующем районе – на траверзе пос. Рыбаки – таких ежей было менее 1 %, хотя относительная численность непромысловых особей была все еще велика и составляла 73 % (рис. 3, 4).

Таблица 1

Биологические показатели серого морского ежа
у охотоморского побережья о.Итуруп

Table 1

The biological indices of gray sea urchins at Isle Iturup western Coast

Район исследо- ваний	Пара- метр	Особи								
		Промысловые				Непромысловые				Все Средн.
		N, экз.	Средн.	Мин.	Макс.	N, экз.	Средн.	Мин.	Макс.	
Бухта Оля	Д, мм	77	50,4	45	68	482	30,1	5	44	30,6
	Н, мм	49	26,0	21	34	25	18,0	12	22	–
	W, г	49	64,2	32	102	25	19,5	4	30	36,9
	ГИ, %	49	8,5	0,2	25,0	25	8,9	0,4	22,5	16,5
	КИ, %	49	9,9	6,7	15	25	13,8	3,6	25	12,5
Бухта Бе- лавина (на тра- верзе пос. Ры- баки)	Д, мм	163	53,1	45	69	430	34,9	16	44	39,9
	Н, мм	37	30,0	22	38	3	22,7	21	25	–
	W, г	37	67,8	38	105	3	35	34	36	62,3
	ГИ, %	37	16,9	0,1	22,6	3	14,7	10,3	17,1	15,8
	КИ, %	37	10,7	0,1	22,6	3	9,6	5,7	14,7	10,6
Район мыса Вино- град- ного	Д, мм	269	51,8	45	73	275	40	30	44	46,0
	Н, мм	20	26,9	23	35	15	20,7	11	25	–
	W, г	20	59,6	30	114	15	24,9	17	35	50,3
	ГИ, %	20	14,5	1,1	25	15	8,4	2,6	14,7	13,7
	КИ, %	20	9,5	4	14,3	15	11,4	2,8	22,9	11,0
Район мыса Террас- ного	Д, мм	106	50	45	68	91	40,7	20	44	45,7
	Н, мм	25	27,7	19	36	11	18,5	11	23	–
	W, г	8	82,8	44	111	7	27	23	32	53,1
	ГИ, %	8	18,6	14,4	24,3	7	14,6	8	18,7	15,0
	КИ, %	8	8,3	4,3	12,5	7	10,6	6	15,2	9,6

Район исследо- ваний	Пара – метр	Особи								
		Промысловые				Непромысловые				Все Средн.
		N, экз.	Средн.	Мин.	Макс.	N, экз.	Средн.	Мин.	Макс.	
Район мыса Козлова	Д, мм	98	52,9	45	74	412	37,7	19	44	40,6
	Н, мм	45	29,2	23	42	8	23,1	16	33	–
	W, г	45	74,9	33	130	8	31,8	17	70	68,4
	ГИ, %	45	10,7	0,5	25	8	9,8	5,2	21,4	10,6
	КИ, %	45	10,8	4	25,5	8	11,9	9,4	17,2	10,9
Мыс Прже- вальского	Д, мм	271	52,8	45	70	285	33,7	21	44	43,0
	Н, мм	37	28,4	23	33	1	23	23	23	–
– бухта Золотая	W, г	37	62,2	44	102	1	32	32	32	60,4
	ГИ, %	37	9,9	1,7	21,3	1	6,3	6,3	6,3	9,5
	КИ, %	13	8,7	4	14	0	–	–	–	–
Зал. Доброе Начало	Д, мм	70	49,1	45	56	464	33,8	20	44	35,9
	Н, мм	14	26,3	24	30	6	21,5	20	23	–
	W, г	14	45,3	29	64	6	27,2	20	34	39,9
	ГИ, %	14	6,8	2,4	10,3	6	6,4	3,8	10,3	6,7
	КИ, %	0	–	–	–	0	–	–	–	–

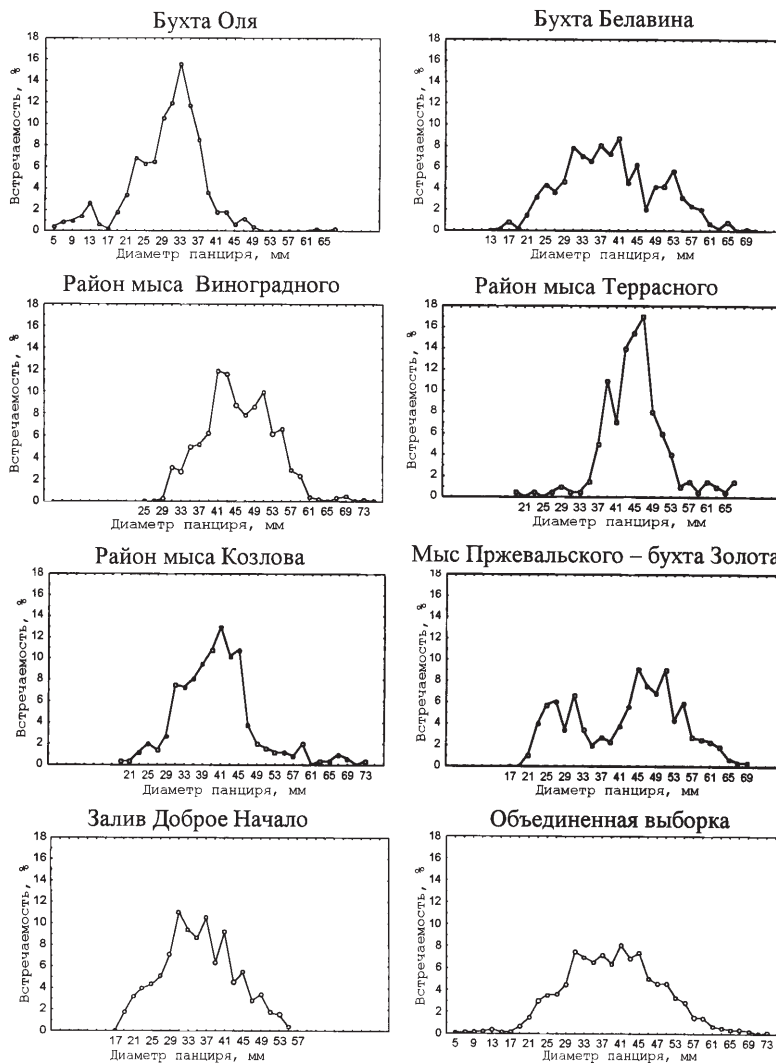


Рис. 3.
Размерная
структура в
скоплениях
серого ежа у
охотоморс-
кого побере-
жья о.Иту-
руп

Fig. 3.
The gray sea
urchins set-
tlements size
structure at
Isle Iturup
western
Coast

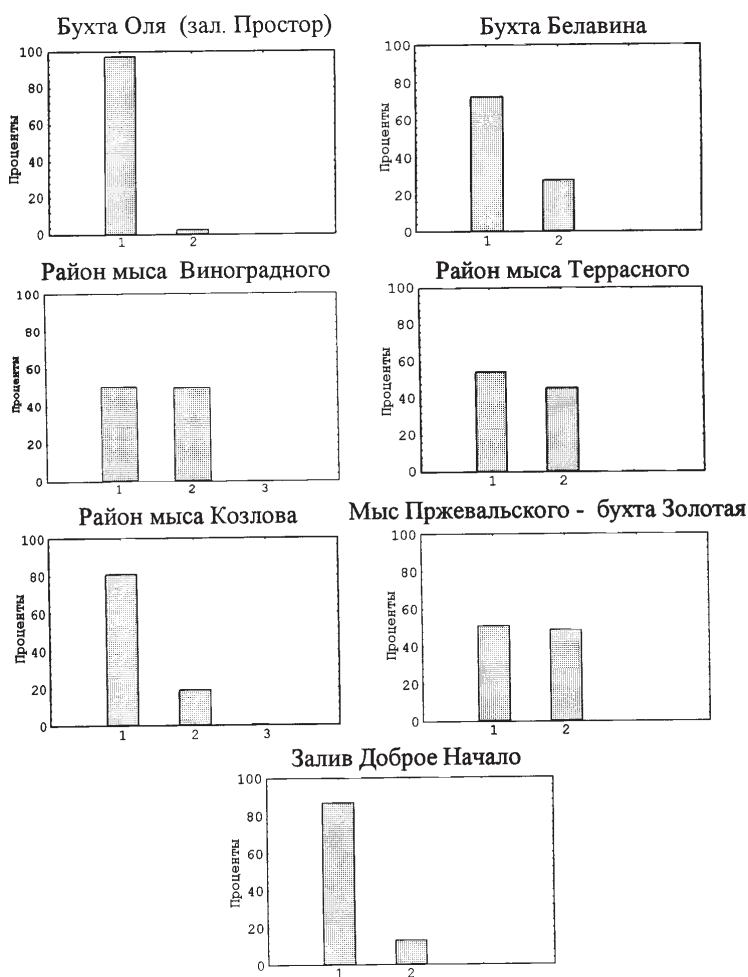


Рис. 4. Соотношение не-промысловых и промысловых особей серого ежа у охотоморского побережья о.Итуруп: 1 – непромысловые (> 45 мм), 2 – промысловые особи (диаметр панциря 45–70 мм), 3 – старые особи (более 70 мм)

Fig. 4. A ratio of immature and fishery gray sea urchins at Isle Iturup western Coast: 1 – immature animals (test diameters < 45 mm), 2 – fishery animals (45–70 mm), 3 – old animals (> 70 mm)

Наиболее крупные ежи (диаметр панциря 73–74 мм) обнаружены у мысов Виноградного и Козлова. Средние линейные размеры максимальны у первого из них (46,0 мм) и у мыса Террасного (45,7 мм), хотя средняя живая масса тела была наибольшей в других местах: на траверзе пос. Рыбаки (62,3 г) и у мыса Козлова (68,4 г) (табл. 1).

Наиболее мелкие по диаметру и массе тела ежи встречены в бухте Оля и в зал. Доброе Начало: средние размеры соответственно 30,6 мм, 36,9 г и 35,9 мм, 39,9 г, что с промыслом не связано, поскольку его здесь практически нет. Описанную картину размерного состава из-за одномоментности съемки и отсутствия ряда биологических и фоновых наблюдений объяснить пока затруднительно. Можно лишь предположить, что бухта Оля благоприятна для оседания личинок, выживания и роста молоди ежа. Возможно, в бухте Белавина и зал. Доброе Начало также расположен естественный ежевый питомник, если допустить, что самые мелкие особи ($\approx 5-19$ мм) чисто по техническим причинам не попали в сборы. В акваториях срединной части побережья личинки ежей, несомненно, оседают также, но, скорее всего, в меньшем количестве и хуже выживают.

Возрастная структура

Предварительный анализ собранных материалов показал, что количество размерно-возрастных групп и их модальные значения практически одни и те же в выборках из разных бухт, что свидетель-

ствуется об отсутствии по крайней мере заметной пространственной дифференциации темпов роста. Размерное распределение в возрастных когортах по обобщенной выборке приведено на рис. 5. Очевидно, что теоретические распределения вполне адекватны исходному материалу: рассчитанные значения критерия хи-квадрат малы и намного меньше табличных при высоком уровне значимости. Можно видеть, что основу скопления составляли три когорты с модами 28,6; 36,5 и 46 мм. Смежные пары почти всех модальных значений дают точки, располагающиеся линейно на графике Уолфорда (рис. 6), при этом корреляция между D_{t+1} и D_t очень высока ($R \approx 0,99$), что свидетельствует об асимптотическом характере группового линейного роста ежей у о.Итуруп. Заметный "выброс" точки, образуемой парой 21,7 и 13,0 мм можно объяснить ошибками определения из-за малочисленности особей в соответствующих размерных классах. Поэтому, скорее всего, часть особей размерной группы с модальным значением 21,7 мм относится к предыдущей, а часть к последующей группе. Поскольку массовый нерест ежей у о.Итуруп происходит приблизительно в первой половине июля, а пробы собраны в июне, то выявленные моды отвечают возрасту примерно на месяц (или на 1/12 года) меньше целого числа лет, а именно: в возрасте 0,92; ?; 1,92; 2,92; 3,92; 4,92 и 5,92 года; моды (M) — соответственно 13,0; 21,7; 28,6; 36,5; 46,0; 55,0 и 60,0 мм; доверительный интервал ($M \pm 2\sigma$) — 5,0; 4,8; 5,8; 8,4; 8,0; 3,4; 3,4; численность когорт в выборках — 1,5; 6,5; 17,3; 35,1; 31,6; 3,0; 2,3 %.

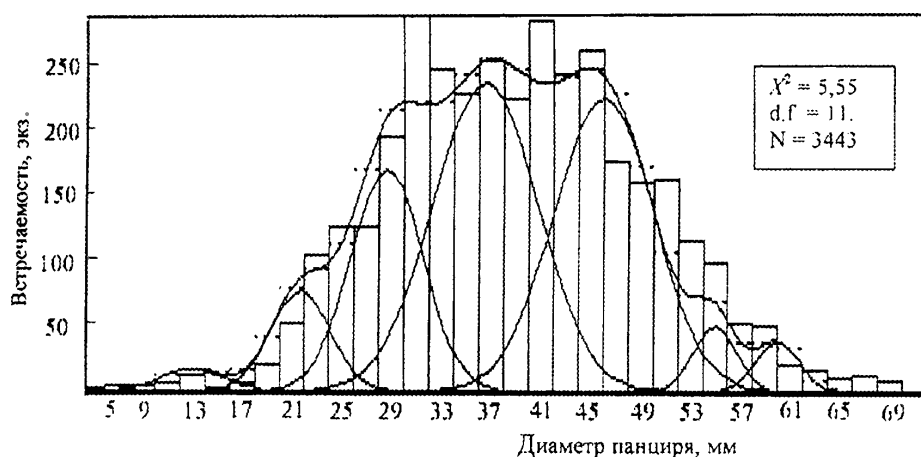


Рис. 5. Размерно-возрастная структура скопления серого ежа у охотоморского побережья о.Итуруп

Fig. 5. The gray sea urchins' population size-age structure at Isle Iturup western Coast

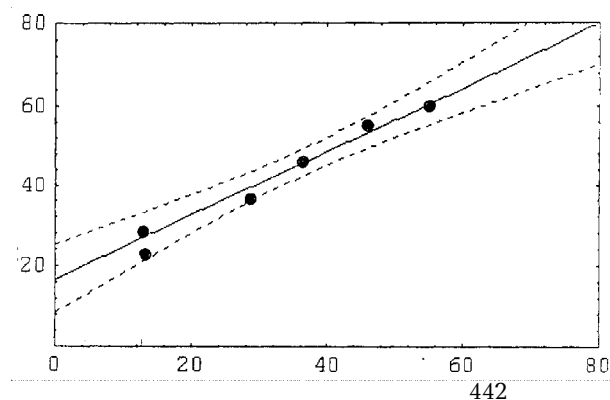


Рис. 6. График Уолфорда для серых ежей (охотоморского побережья о.Итуруп)

Fig. 6. Walford graph of gray sea urchins inhabiting Isle Iturup coastal zone

Судя по точке пересечения биссектрисы с линией регрессии, теоретический максимальный размер ежей у о.Итуруп близок к 80 мм.

Размерно-половая структура

Соотношение полов у промысловых особей в большинстве скоплений серого ежа в июне примерно равно 1:1. Небольшие отклонения вызваны, скорее всего, тем, что особи находились на разных стадиях зрелости гонад, а некоторая их часть — на нулевой стадии развития, что затрудняло определение пола (рис. 7).

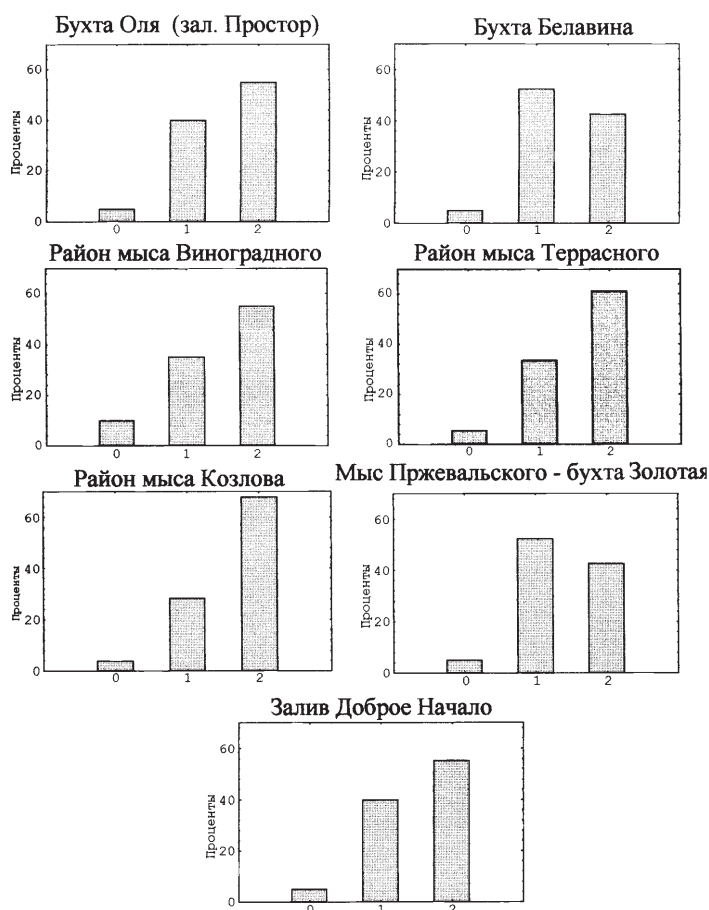


Рис. 7. Соотношение полов у промысловых особей серого ежа на различных участках о.Итуруп: 0 — особи на нулевой стадии развития; 1 — самки, 2 — самцы

Fig. 7. Sex ratio of fishery gray sea urchins at Isle Iturup western Coast: 0 — animals of zero stage; 1 — females, 2 — males

Средний размер самок у о.Итуруп составлял 51,9 мм (пределы от 31 до 69 мм), самцов — 52 мм (пределы от 32 до 74 мм). Самки чаще всего были размером 35–70 мм, самцы — 35–75 мм.

У промысловых особей в классах 45–50, 60–65 и 65–70 мм количество самок и самцов приблизительно одинаково с небольшим увеличением в сторону самок. У молоди размером 30–35 мм преобладали самцы (66,67%), а в размерном диапазоне 35–45 мм — самки (60–62%). Единичные особи размером более 70 мм были представлены только самцами, что, вероятно, связано с малочисленностью таких ежей (рис. 8).

Состояние половых желез

Индивидуальный гонадный индекс у морских ежей по всему исследуемому побережью о.Итурупа был в пределах от 0,01 до 25,3%, при средних значениях: в северной части — 10,6–16,5%, в центральной — 10,6–15,0; в южной — 6,7% (табл. 1). Максимальные значения величины го-

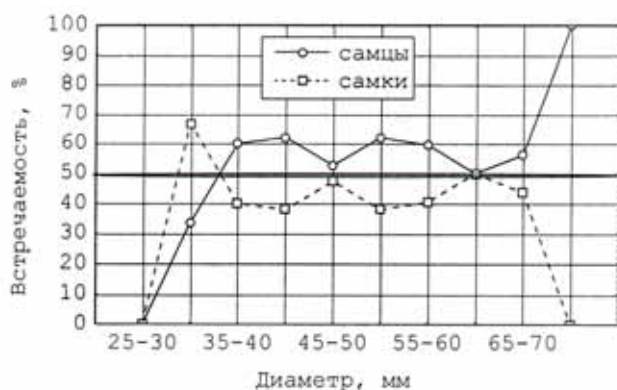


Рис. 8. Размерно-половая структура скоплений серого ежа у охотоморского побережья о.Итуруп

Fig. 8. The gray sea urchins' populations size-sex structure at isle Iturup western Coast

надного индекса — более 20 % — наблюдались у промысловых особей в районе бухты Оля (25,0 %), мысов Виноградного (25,0 %), Террасного (24,1 %) и Козлова (25,0 %); а у непромысловых особей — в бухте Оля (22,5 %) и у мыса Козлова (21,4 %). Минимальные значения (менее 1 %) обнаружены у промысловых особей в бухтах Оля (0,2 %), Белавина (0,1 %), у мыса Козлова (0,5 %); у непромысловых особей — в бухте Оля (0,4 %) (табл. 1).

У серых ежей, обитающих в бухте Белавина, величина ГИ почти в два раза больше, чем в бухте Оля (табл. 1, рис. 9). У промысловых особей она составляет соответственно 16,9 и 8,5 %; у непромысловых — 14,7 и 8,9 % (табл. 2). У ежей из бухты Оля наиболее встречаемая величина ГИ — 0,2–10,0 %, из бухты Белавина — 10,0–20,0 %.

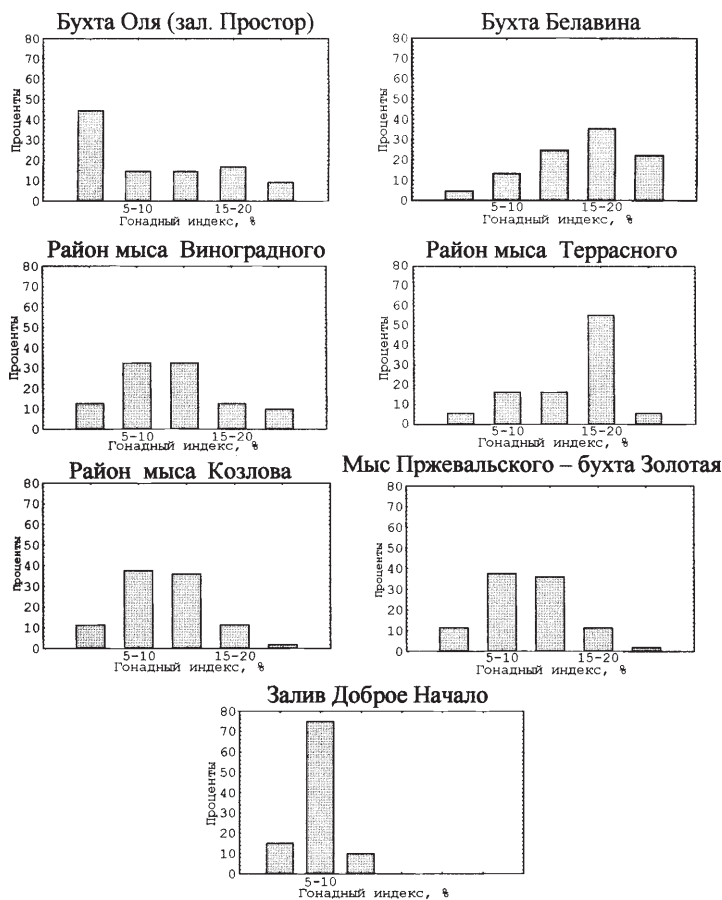


Рис. 9. Гонадный индекс серого ежа у охотоморского побережья о.Итуруп

Fig. 9. The gray sea urchins' gonadal indices at Isle Iturup western Coast

У центральной части острова гонадный индекс в диапазоне 0–15 % имеет максимальное количество животных. Наибольшим наполнением гонад отличались ежи у мыса Террасного: у 57–75 % особей ГИ достигал 15–20 % (рис. 9, табл. 2). Наибольшая величина среднего гонадного индекса у промысловых и непромысловых животных наблюдается так же в районе мыса Террасного (табл. 1).

Таблица 2
Гонадный индекс (ГИ, %) у серого морского ежа и температурные условия у охотоморского побережья о.Итуруп

Table 2
The gray sea urchins' gonadal indices and temperature conditions at Isle Iturup western Coast

Район исследований	Т-ра, °С	N, экз.	ГИ, %				
			0–5	5–10	10–15	15–20	20–25
Встречаемость, %							
Промысловые особи							
Бухта Оля	3,5	49	37,9	27,6	13,8	10,4	10,3
Бухта Белавина	6,3	37	5,4	5,4	24,3	37,8	27,1
Мыс Виноградный	6,1	20	5,0	20,0	35,0	25,0	15,0
Мыс Террасный	6,2	8	–	–	12,5	75,0	12,5
Мыс Козлова	7,7	45	13,3	31,1	40,0	13,3	2,2
Мыс Пржевальского	8,0	37	8,1	51,4	29,7	8,1	2,7
Зал. Доброе Начало	3,0	14	14,3	78,6	7,1	–	–
Непромысловые особи							
Бухта Оля	3,5	25	52,0	–	16,0	24,0	8,1
Бухта Белавина	6,3	3	–	33,3	–	66,7	–
Мыс Виноградный	6,1	14	21,4	42,9	35,7	–	–
Мыс Террасный	6,2	7	–	14,3	28,5	57,2	–
Мыс Козлова	7,7	8	–	75,0	12,5	12,5	–
Мыс Пржевальского	8,0	1	–	–	–	–	–
Зал. Доброе Начало	3,0	6	16,7	66,7	16,6	–	–

У южной части острова (зал. Доброе Начало) обнаружено наибольшее количество особей с гонадным индексом 5–10 % (рис. 9; табл. 2). Средний гонадный индекс у промысловых и непромысловых животных имеет минимальную величину, соответственно 6,8 и 3,8 %.

Созревание гонад морских ежей в первую очередь зависит от придонной температуры воды. В июне 1999 г. она была в пределах 3,0–8,0 °С. У животных в основном наблюдались 1 и 2-я стадии развития половых желез. 3-я стадия развития встречалась только у незначительной части самцов (рис. 10). У молоди преобладали 0 и 1-я стадии развития.

На нулевой стадии развития в гонадах половые клетки не обнаруживаются, пол не определяется. На первой стадии у самок присутствовали ооциты малого роста, у самцов – сперматогонии. На второй стадии в яичниках наблюдались ооциты большого роста, в семенниках присутствовали сперматоциты и небольшое количество сперматозоидов. Гонады морских ежей на третьей стадии заполнены зрелыми клетками: яйцеклетками у самок и сперматозоидами у самцов.

В северной части острова (бухта Оля) половые железы морских ежей находились на нулевой, первой и второй стадиях зрелости, с преобладанием нулевой стадии и постепенным уменьшением в сторону второй стадии. В бухте Белавина максимальное количество особей (около 80 %) находилось на второй стадии развития и небольшое количество животных – на третьей (рис. 10). При раздельном исследовании зрелости

гонад промысловых и непромысловых особей четко прослеживается преобладание нулевой стадии у морских ежей в бухте Оля и второй стадии у ежей в бухте Белавина (табл. 3).

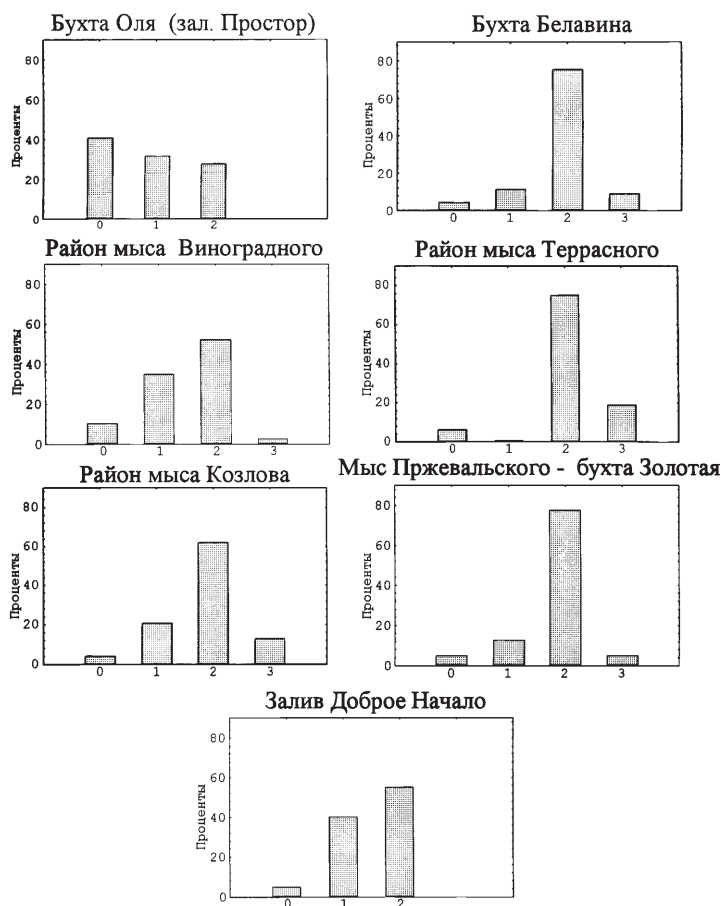


Рис. 10. Стадии зрелости серого ежа у охотоморского побережья о.Итуруп
Fig. 10. The gray sea urchins' maturation stages at Isle Iturup western Coast

Таблица 3
Стадии зрелости серого морского ежа у побережья о.Итуруп
Table 3
The gray sea urchins' maturation stages at Isle Iturup Coast

Район исследований	Особи							
	Промысловые				Непромысловые			
	Стадии зрелости							
	0	1	2	3	0	1	2	3
Встречаемость, %								
Бухта Оля	52,6	31,6	15,8		93,3	6,7		
Бухта Белавина	5,4	5,4	78,4	10,8			100	
Мыс Виноградный	5	35	55	5	20	44	40	
Мыс Террасный			62,5	37,5			100	
Мыс Козлова	4,4	17,8	62,2	15,6		37,5	62,5	
Мыс Пржевальского	5,4	5,4	83,7	5,5				
Зал. Доброе Начало		50	50		16,7	50	16,7	16,6

В центральном районе повсеместно в большей или меньшей степени преобладают особи на второй стадии развития. Максимальное количество морских ежей с третьей стадией развития гонад обнаружено в районе мыса Террасного (рис. 10). Та же картина наблюдается

при анализе развития половых желез промысловых и непромысловых особей (табл. 3).

В южной части острова в зал. Доброе Начало гонады морских ежей находятся в основном на первой и второй стадиях развития с преобладанием второй стадии (рис. 10). Причем у промысловых особей соотношение первой и второй стадий равно 1: 1, а у непромысловых – 50 % животных находятся на второй стадии развития и 50 % равномерно распределено по трем стадиям (табл. 3).

На 1–2-й стадии зрелости гонад у серых морских ежей определение пола по цвету гонад практически невозможно. Визуально пол можно определить только на 3-й стадии развития по выделениям из половых желез: молочно-белых у самцов и желтоватых у самок.

В северной части острова (бухты Оля, Белавина) у серых ежей в июне преобладали (68,9–80,0 %) желто-оранжевые оттенки (1-я группа цветности) гонад. Здесь же отмечено минимальное количество коричнево-бурых (3-я группа цветности) оттенков гонады (рис. 11). Такие оттенки гонад имели как самки, так и самцы. У непромысловых особей в бухте Оля обнаружено максимальное количество особей с первой группой цветности – 92 % (табл. 4).

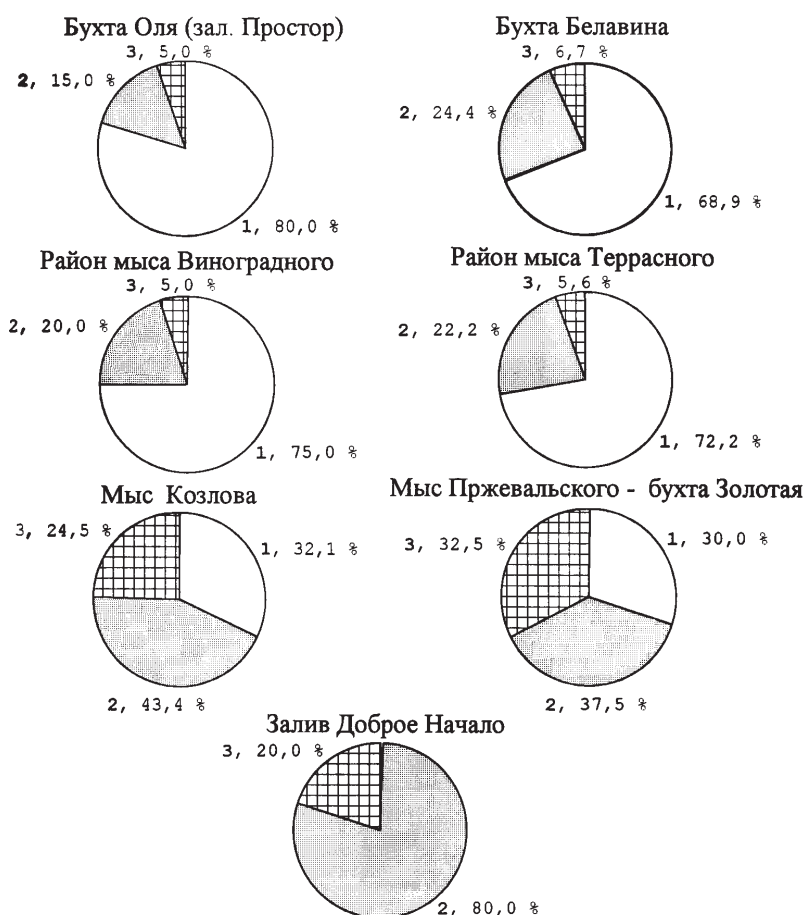


Рис. 11. Соотношение цвета гонад серого ежа у охотоморского побережья о.Итуруп: 1 – желтые, оранжевые, 2 – от грязно-желтого до красного, 3 – бурые, коричневые

Fig. 11. The gray sea urchins' gonads color ratio at Isle Iturup western Coast: 1 – yellow, orange, 2 – dirty yellow-red, 3 – brown

Таблица 4
Соотношение цвета гонад у промысловых и непромысловых особей
серого морского ежа у побережья о.Итуруп

Table 4
Gonads color proportions of immature and fisherable gray sea urchins
at Isle Iturup Coast

Район исследований	Особи					
	Промысловые			Непромысловые		
	Соотношение цвета, %					
	1	2	3	1	2	3
	Встречаемость, %					
Бухта Оля	65,5	20,7	13,8	92	4	4
Бухта Белавина	67,6	24,3	8,1	66,7	33,3	
Мыс Виноградный	75	15	10	80	20	
Мыс Террасный	62,5	25	12,5	85,7	14,3	
Мыс Козлова	28,9	24,4	26,7	50	37	13
Мыс Пржевальского	29,7	35,1	35,2			
Зал. Доброе Начало		85,7	14,3		66,7	33,3

В центральной части острова (мысы Пржевальского, Козлова) наблюдается равномерное распределение цветности гонад с преобладанием первой группы у промысловых и непромысловых морских ежей в районе мыса Козлова (рис. 11, табл. 4). В восточной части Куйбышевского залива (мысы Виноградный, Террасный) у промысловых и непромысловых особей наиболее представлена 1-я группа цветности.

У серых ежей, обитающих в южной части острова (зал. Доброе Начало), гонады преимущественно (80 %) относились ко второй группе цветности, прочие – к третьей (с бурым цветом гонад) (рис. 11). При этом относительное количество непромысловых ежей с такой же окраской гонад почти в два раза превосходило количество промысловых особей этой же группы (табл. 4).

Кишечный индекс (КИ)

Индивидуальный кишечный индекс в пределах исследованного района был в диапазоне 0,01–22,9 %, средние значения показателя составляли в северной части – 10,6–12,5 %, в центральной – 9,6–14,2 (см. табл. 1, рис. 12). Максимальные значения наблюдались у промысловых особей в районе бухты Белавина (22,6 %) и мыса Козлова (25,5 %), а у непромысловых – в бухте Оля (25,0 %) и у мыса Виноградного (22,9 %). Минимальные значения индекса отмечены у промысловых особей в бухте Белавина – 0,1 %. У непромысловых животных таких низких значений не наблюдалось (табл. 1, 5).

В северной части острова в бухтах Белавина и Оля значения КИ у промысловых особей приблизительно одинаковы, а у непромысловых особей из бухты Оля они выше. В бухтах Оля и Белавина величины КИ чаще всего были в пределах 5–15 % (рис. 12, табл. 5).

У центральной части острова максимальное количество всех животных приходилось на диапазон КИ 5–15 %. И только у мыса Пржевальского большая часть (≈ 60 %) промысловых и непромысловых ежей была с наполнением кишечника 15–20 % (рис. 12, табл. 5). Средняя величина КИ промысловых и непромысловых особей у мыса Козлова чаще всего была в пределах 5–15 %; у 25 % непромысловых ежей наполнение кишечника составляло 15–20 % (см. табл. 1).

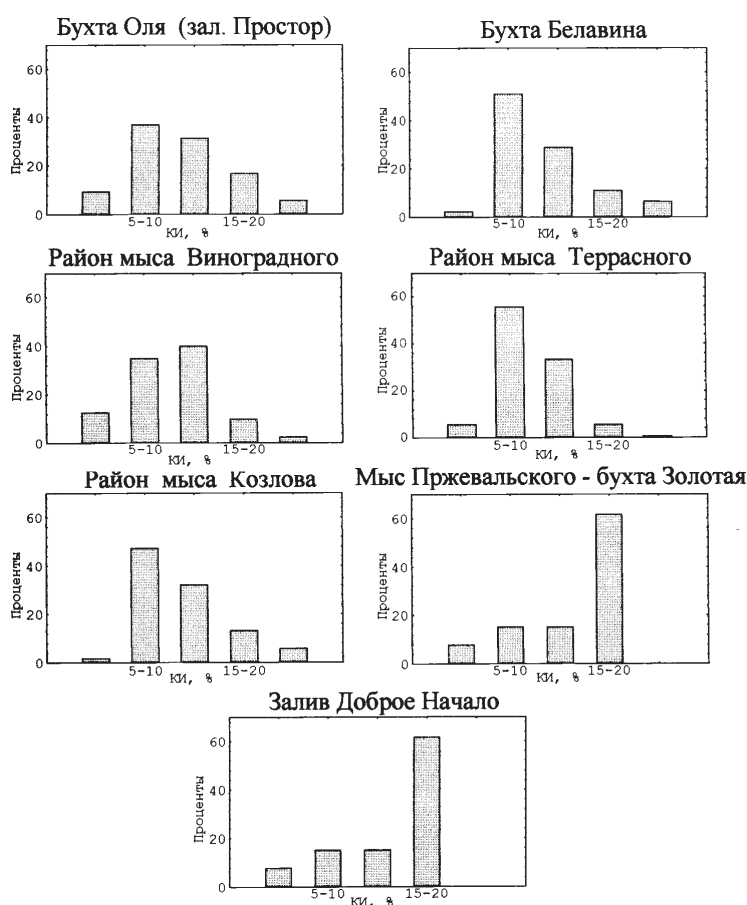


Рис. 12. Кишечный индекс (КИ, %) серого морского ежа у охотоморского побережья о.Итуруп

Fig. 12. The gray sea urchins' intestinal indices at Isle Iturup western Coast

Таблица 5

Кишечный индекс серого морского ежа у охотоморского побережья о.Итуруп

Table 5

The gray sea urchins' intestinal indices at Isle Iturup western Coast

Район исследований	Т-ра, °С	N, экз.	ГИ, %				
			0-5	5-10	10-15	15-20	20-25
Встречаемость, %							
Промысловые особи							
Бухта Оля	3,5	29	13,8	34,5	37,9	10,3	3,4
Бухта Белавина	6,3	37	2,7	51,4	24,3	13,5	8,1
Мыс Виноградный	6,1	20	10,0	55,0	45,0		
Мыс Террасный	6,2	8	12,5	62,5	25,0		
Мыс Козлова	7,7	45	2,2	48,9	31,1	11,1	6,7
Непромысловые особи							
Бухта Оля	3,5	25	4,0	40,0	24,0	24,0	8,0
Бухта Белавина	6,3	3		33,3	33,3	33,4	
Мыс Виноградный	6,1	15	13,3	20,0	53,3	6,7	6,7
Мыс Террасный	6,2	7		42,9	42,8	14,3	
Мыс Козлова	7,7	8		37,5	37,5	25,0	

Обсуждение полученных материалов

Активное размножение половых клеток морских ежей в умеренных широтах происходит дважды в году – при повышении и понижении температуры воды. Наиболее интенсивные процессы развития половых клеток морских ежей наблюдаются при температуре

4–10 °С весной и осенью (Викторовская, Матвеев, 2000). В период наших исследований температура воды в районе о.Итуруп была в диапазоне 3–8 °С. При этом в зал. Доброе Начало и бухте Оля ее среднее значение не превышало 3,0–3,5 °С, в других исследуемых районах о.Итуруп температура вода составляла 6–8 °С. Столь разные температурные условия не могли не сказаться на росте и созревании гонад. У ежей упомянутого залива гонады были в основном на 1 и 2-й стадиях развития. В центральном районе побережья и северной его части (бухта Белавина) преобладала 2-я стадия развития гонад и уже встречались зрелые самцы. Максимальное количество ежей с гонадами на третьей стадии обнаружено в районе мыса Террасного, где средняя температура воды была 6,2 °С. В районах с большим количеством молодежи преобладали гонады на нулевой стадии развития.

Наиболее зрелые половые железы ежей были в бухте Белавина, у мысов Виноградного и Террасного (ГИ соответственно 16,9, 14,5, 18,6 %; стадии зрелости: вторая – 78,4, 55,0, 62,5 %, третья – 10,8, 5,0, 37,5 %), что обусловлено не только более оптимальной температурой воды, но и хорошо развитой здесь многовидовой растительностью. Именно такой характер кормовой базы оптимален для развития половых желез морских ежей (Lozano et al., 1995; Викторовская, 1999; Калинина и др., 2000). В некоторых работах (Fuji, 1967; Hagen, 1996) утверждается, что ламинариевые водоросли являются наилучшей пищей для созревающих серых ежей. Действительно, у мыса Пржевальского, где доминировали представители рода *Laminaria*, гонады были развиты неплохо: ГИ у ежей в пределах 9,9 %, преимущественно (83,7 %) вторая стадия развития. Однако большее наполнение гонад и хорошие цветковые показатели наблюдались на первых трех участках, где было много красных, зеленых и бурых водорослей.

Судя по высоким значениям кишечного индекса, в изученных районах наиболее интенсивно питались неполовозрелые ежи, у которых наполнение гонад зачастую было ниже, чем у промысловых особей. Этот факт подтверждает известную закономерность о снижении скорости питания морских ежей в период активного созревания половых желез (Son, 1999).

Цвет гонад, скорее всего, обусловлен преобладанием в рационе той или иной группы растений. Например, известно (Евсеева, 1999), что в пищеварительном тракте южно-курильских серых морских ежей с гонадами 1-й группы цветности доминировали (50 %) зеленые водоросли рода *Ulva* и морские травы (76,9 %), при 2-й группе цветности – красная водоросль *Odontalia* sp. (77,8 %), при 3-й группе – бурые водоросли (86,4 %).

Недостаток пищи, особенно в начальный период размножения, отрицательно сказывается на состоянии развивающихся гонад, но уж если они достаточно развиты, то их созревание все равно завершится, хотя бы и за счет соматических тканей (Pearse, 1981; Yakovlev, 1991). Из-за кратковременности наших наблюдений с такой ситуацией мы не сталкивались.

Максимальные значения ГИ и наиболее зрелые гонады имели ежи в скоплениях с неоднородной размерной структурой, где численно преобладали молодые особи за год до достижения промысловой меры (бухта Белавина, у мысов Террасного и Виноградного), и со сложным мезорельефом дна. Здесь в расщелинах и каньонах между скал скапливаются водорослевые остатки и создаются благоприятные условия для питания гидробионтов.

Эта же закономерность выявлена и при исследовании процессов размножения серых ежей у северного побережья Приморья (Викторовская, Седова, 2000) и ежа *Sphaerechinus granularis* у побережья южной Британии (Guillou, Michel, 1993). Другие исследователи, анализируя районы с разной размерной структурой, приходят к тому же мнению, но отмечают существенное влияние кормовой базы на созревание гонад. Причем в более стабильных условиях среды и при развитой кормовой базе (что бывает в случае приглубого скалистого, иногда даже отвесного берега) из-за стабильного пополнения и лучшего выживания много молодежи и размерная структура полимодальна. При неблагоприятных условиях (низменный и открытый берег, слабая кормовая база) размерная дискретность отсутствует и размерное распределение морских ежей не закономерно (Turon et al., 1995).

В исследованных районах у о.Итуруп наблюдалось численное преобладание непромысловых ежей. Максимальное количество молодежи отмечено в бухте Оля (97,4 %); минимальное — в районе мыса Виноградного (50,18 %). Более равновесное соотношение непромысловых и промысловых особей в районе мысов Пржевальского, Виноградного и Террасного.

Размерная структура изученных скоплений различна. В бухте Оля наиболее часто встречались ежи размером 28–36 мм, в бухте Белавина — 30–42 мм. В Куйбышевском заливе доля мелкопромысловых ежей (45–55 мм) составляла 33,5–39,0 % у мысов Виноградного, Террасного, Пржевальского; 9,6 % — у мыса Козлова. В зал. Доброе Начало (южное побережье острова) на долю мелкопромысловых особей приходилось 13,1 %.

Исследования японских ученых показали, что выделяемые кораллиновыми водорослями летучие вещества способствуют оседанию личинок морских ежей (Agatsuma et al., 1996). Поскольку кораллиновые водоросли встречаются у побережья острова повсеместно, возможно, это является одной из причин большого количества молодежи в прибрежной зоне Итурупа.

Что касается особенностей размерной структуры скоплений, то практически во всех изученных районах побережья о.Итуруп она носит неполимодальный характер, т.е. практически везде отсутствуют обособленные размерные группы. Такой тип размерных распределений — обычное явление для морских ежей (Turon et al., 1995; Брегман, 2000) и связан, как уже отмечалось выше, с нестабильностью условий среды у открытых мелководных побережий и с весьма растянутым периодом оседания личинок.

Количество размерно-возрастных групп и их модальные значения в выборках из разных бухт о.Итуруп близки. Основу скоплений (84 %) составляют три когорты с модами 28,6; 36,5 и 46,0 мм, которым соответствует возраст около 2, 3 и 4 лет. Всего же удалось выделить 6 когорт (возрастной диапазон 1–6 лет), на долю которых приходится 97,4 % численности выборки.

Несмотря на непрямой способ определения, данные по возрастной структуре скоплений достаточно адекватны фактической картине. Это подтверждается как закономерной последовательностью выявленных модальных значений, так и их соответствием известным данным. Так, теоретический максимальный диаметр панциря серых ежей у о.Итуруп близок к 80 мм. Таких же размеров (78,6 мм), судя по уравнению роста, ежи достигают в сходных условиях у северного побережья о.Хоккайдо. При этом средние значения диаметра панциря

(мм) в возрасте 1–6 лет равны соответственно 15, 29, 40, 50, 54 и 59 (Abe, Tada, 1994). Можно видеть, что эти моды и приведенные выше, особенно если их относить к полному числу лет, близки друг другу.

Размерно-возрастной состав поселений морских ежей помимо роста обусловлен и другими факторами, а именно: наличием условий для оседания и выживания личинок, сезонными и возрастными миграциями животных в связи с нерестом или сменой кормовых объектов, промыслом (Kawamura, Taki, 1965; Kawamura, 1973; Agatsuma et al., 1995; и др.). Известно, что предпочитаемая глубина обитания каждой размерной (возрастной) группы морских ежей в течение ряда лет сохраняется неизменной. Однако в зависимости от степени изъятия животных меняется их численное соотношение. В процессе добычи из популяции изымаются крупные особи, поэтому когда ежей не добывают, их не только больше, но они в среднем и крупнее (Kawamura, Taki, 1965). В то же время описана ситуация, когда из-за отсутствия промысла численность ежей была очень высокой (до 40 экз./м²), а корма катастрофически не хватало; рост ежей был заторможен, и максимальный размер панциря не превышал 38 мм (Abe, Tada, 1994). Очевидно, что ситуация у о.Итуруп совершенно иная и пока благополучная: естественное воспроизводство, процессы пополнения и роста морских ежей не нарушены и обеспечиваются хорошей кормовой базой и умеренной промысловой нагрузкой.

Итак, впервые в прибрежной зоне о.Итуруп выполнены комплексные исследования физиологического состояния и популяционной структуры скоплений промысловых серых морских ежей с учетом обилия и видового разнообразия кормовой базы. Дальнейший биомониторинг позволит выявить (или уточнить) необходимые для рациональной эксплуатации запасов ежа параметры, а именно: сроки нереста, динамику численности возрастных когорт, объемов пополнения, характеристики роста и элиминации.

ЛИТЕРАТУРА

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

Викторовская Г.И. Экология размножения морских ежей в прибрежной зоне северного Приморья / ТИНРО-центр. – Владивосток, 1999. – Деп. во ВНИЭРХ, № 1338 РХ 98.

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. – 2000. – Т. 127.

Евсеева Н.В. О питании морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* в прибрежье Южных Курильских островов // Тез. докл. конф. молодых ученых "Биомониторинг и рациональное использ. морск. и преснов. гидробионтов. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1999. – С. 24–26.

Калинина М.И., 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.

Abe E., Tada M. The Ecology of a Sea Urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) on the Coast of Okhotsk Sea in Hokkaido // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St. – 1994. – Vol. 45. – P. 45–56.

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(4). – P. 592–597.

Agatsuma Y., Sakai Y., Matsuda T. Manual of artificial seeds of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* for releasing in fishing grounds of Hokkaido Waters, Japan // *Hokk. Fish. Exp. St.* — 1995. — Vol. 26. — P. 1–81.

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

Guillou M., Michel Ch. Reproduction and growth of *Sphaerechinus granularis* (Echinodermata: Echinoidea) in Southern Brittany // *J. Mar. Biol. U.K.* — 1993. — Vol. 73. — P. 179–192.

Hagen N.T. Echinoculture: from fishery enhancement to closed cycle cultivation // *World Aquaculture.* — 1996. — December. — P. 6–19.

Harding J.P. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions // *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* — 1949. — Vol. 28. — P. 141–153.

Kawamura K. Fishery Biological Studies on a Sea Urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) // *Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St.* — 1973. — Vol. 16. — P. 1–54.

Kawamura K., Taki J. Ecological studies of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, on the coast of Funadomari, in the north region of Rebun Island // *Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St.* — 1965. — № 4. — P. 22–40.

Lozano J., Galera J., Lopes S. et al. Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* — 1995. — Vol. 122. — P. 179–191.

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.

Son Y.S. Some Ecological Characteristics of Sea Urchins, *Strongylocentrotus intermedius*, *Strongylocentrotus nudus* and *Hemicentrotus pulcherrimus* in the East Coast of Korea // *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea.* — 1999. — Vol. 57. — P. 56–66.

Turon X., Giribet G., Lopez S., Palacin C. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* — 1995. — Vol. 122. — P. 193–204.

Walford L.A. A new graphic method of describing the growth of animals // *Biol. Bull.* — 1946. — Vol. 90, № 2. — P. 141–147.

Yakovlev S.N. Reproductive biologiin in the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in relation with anthropogenic influence // *Biologi in Echinodermata: Proceed. seventh. Int. Echinoderm Conf. Atami.* — Rotterdam: A.A.Balcema, 1991. — P. 259.

Поступила в редакцию 23.08.2000 г.