

**Г.С.Гаврилова**

**СОВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ  
МОРСКИХ ЕЖЕЙ РОДА *STRONGYLOCENTROTUS*  
В ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Морские ежи рода *Strongylocentrotus* являются одними из самых массовых представителей макрозообентоса в сублиторали зал. Петра Великого. В отличие от северного Приморья, где превалирует бореальный вид *Strongylocentrotus intermedius*, здесь доминирует черный еж *St. nudus* – приазиатский, субтропическо-нижнебореальный вид. Биология и экология этих видов рассмотрены во многих публикациях (Поганкин, 1952; Fuji, 1967; Бирюлина, 1975; Баранова, 1976; Погребов, Кашенко, 1976; Яковлев и др., 1976; Погребов, 1980). Полная картина их распределения по всему зал. Петра Великого и оценка численности даны лишь в работе М.Г.Бирюлиной (1975). За прошедшие четверть века в качественном составе донных группировок залива произошли заметные изменения, обусловленные многими причинами. Среди них прежде всего следует отметить промысел иглокожих, активно развивающийся в районе с начала 90-х гг. Безусловно, сказалось влияние таких факторов, как заиление, распреснение ряда бухт, сильное органическое загрязнение. Таким образом, оценка современного распределения морских ежей, их численности и состояния популяций нам представляется актуальной. С 1995 г. лабораторией промысловых беспозвоночных ТИНРО-центра ведутся ежегодные гидробиологические учетные съемки, и в настоящей работе представлены результаты этих исследований.

Для зал. Петра Великого характерна высокая степень изрезанности береговой линии, его акватория представляет собой целый комплекс заливов и бухт, включает ряд островных зон, отличающихся своими донными ландшафтами.

Распределение морских ежей нами изучалось в нескольких аспектах: горизонтальное распределение, глубины залегания основных скоплений и характер распределения животных на грунте.

Горизонтальное распределение исследовалось вдоль всего побережья залива водозлазным количественным методом (Скарлато и др., 1964). Разрезы располагали перпендикулярно береговой черте на расстоянии 300 м друг от друга, плотность скоплений каждого вида ежей фиксировали с изменением глубины. Помимо известных, исследовались и новые районы, а часть акваторий изучена более детально. Прежде всего это касается восточных районов, и в частности зал. Находка, где в прошлом исследования проводились лишь на небольших участках.

Вертикальное распределение поселений морских ежей изучалось в различных биотопах. Нами рассмотрена изменчивость плотности распределения в трех типах районов. К первому типу относятся зоны, рас-

положенные у скалистых мысов, побережье которых подвержено значительному волновому воздействию, а ландшафты характеризуются максимальной гидродинамической активностью и крутым уклоном дна. В качестве примера выбран район у мыса Поворотного (рис. 1). Второй тип составляют побережья крупных островов (в частности, западный берег о. Аскольд), где уклон поверхности дна можно классифицировать как отвесный или крутой, а грунт представлен скальным монолитом с расщелинами и гротами. И третьим районом был выбран зал. Восток, акваторию которого можно отнести к полузакрытым районам, где волнение ослабляется при подходе к заливу на подводном склоне, а донные сообщества располагаются в основном поясно, вдоль берега. Грунт на глубинах до 10 м галечно-валунный, гравийно-галечный, уклон поверхности дна слабый. При классификации уклонов поверхности дна мы воспользовались имеющейся в литературе шкалой (Арзамасцев, Мурахведи, 1987).

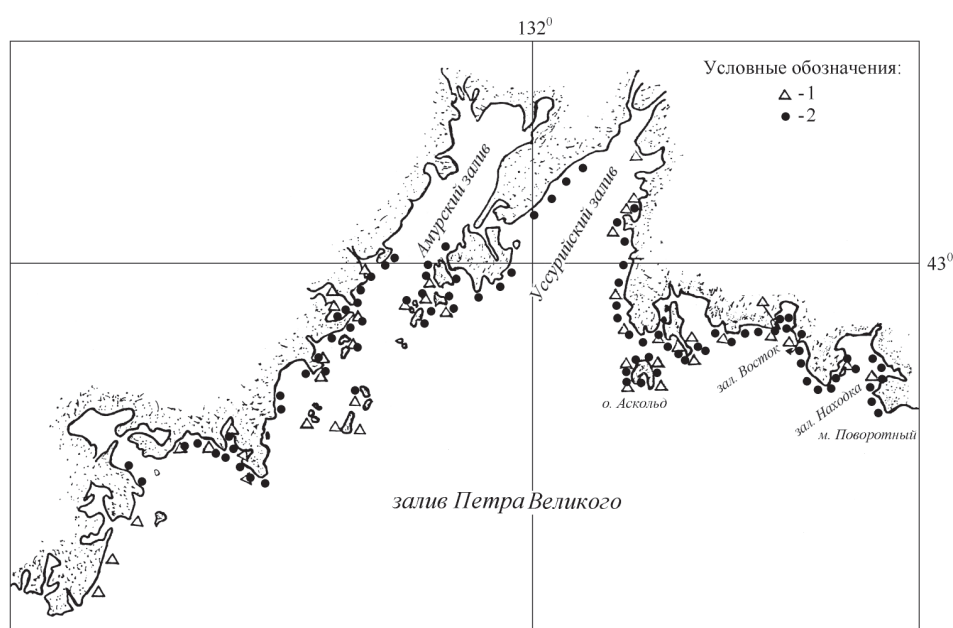


Рис. 1. Распределение скоплений морских ежей по литературным данным (1) и результатам гидробиологических исследований в 1995–1997 гг. (2)  
 Fig. 1. Sea urchin accumulation distribution according to literary data (1) and the results of hydrobiological researches in 1995–1997 (2)

Характер пространственного распределения животных на грунте оценивали количественно посредством показателя относительной дисперсии (Одум, 1986):  $\sigma^2/M$ , где  $\sigma^2$  – дисперсия,  $M$  – средняя плотность ежей в конкретном диапазоне глубин на разрезе. Достоверность различий в характере распределения видов оценивали с использованием непараметрического критерия знаков (Поллард, 1982).

Кроме того, вдоль всего побережья в местах скопления животных выполнены расчеты средних значений удельной биомассы. Для этого с каждого разреза отбирали по 10–15 экз. серых (*St. intermedius*) и черных (*St. nudus*) ежей, у которых определяли сырую массу с точностью до 1 г и диаметр панциря с точностью до 1 мм. В дальнейшем результаты промеров объединяли в один массив для конкретных акваторий. Расчет биомассы вели «методом площадей» (Аксютин, 1968). Площади, занятые скоплениями ежей, оценивали используя карты масштаба

1: 10 000, 1: 25 000. Путем интерполяции выделяли участки с равными величинами плотности, на которых рассчитывали численность животных. Пересчет биомассы проводили по средним значениям массы животных в каждой размерной группе.

На карте-схеме (рис. 1) представлено распределение морских ежей в зал. Петра Великого, полученное в ходе исследований за 1995–1997 гг. Здесь же приведены результаты исследований М.Г.Бирюлиной (1975), что позволяет сравнить характер распределения с интервалом почти в четверть века. Результаты расчетов средних значений удельной биомассы также картированы (рис. 2). Очевидно, что до настоящего времени сохранились районы традиционного обитания морских ежей и местоположение основных скоплений. Наши исследования показали, что восточные районы залива являются наиболее продуктивными: именно здесь отмечаются высокие значения биомассы как черных, так и серых ежей.

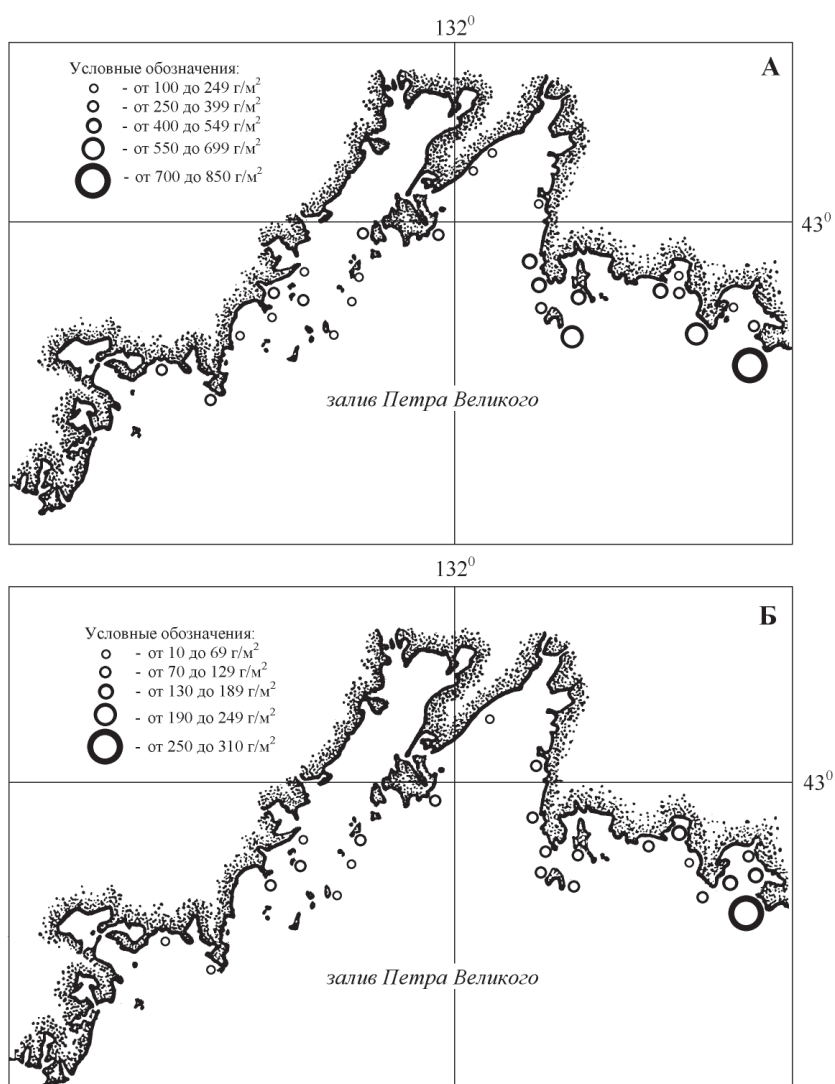


Рис. 2. Распределение значений биомассы черных (А) и серых (Б) морских ежей в зал. Петра Великого

Fig. 2. Distribution of black (A) and grey (B) sea urchin biomass in Peter the Great Bay

Выполненные расчеты удельной биомассы наглядно демонстрируют различия количественного распределения двух видов. На твердых грунтах черные ежи распределены практически повсеместно с достаточно высокой биомассой – 200–500 г/м<sup>2</sup>, а в восточных районах ее величина достигает значений 700–850 г/м<sup>2</sup>. Для серых ежей средние значения биомассы не превышают 310 г/м<sup>2</sup>, при этом максимальные значения отмечены на востоке залива. Только в этом районе, в отличие от центрального и западного, скопления серых ежей имеют промысловое значение. Наблюдается тенденция уменьшения биомассы животных в направлении от районов глубоко выдающихся в открытое море мысов, характеризующихся высокой степенью прибойности и активной гидродинамикой, к районам кутовых частей залива, заливов второго порядка и защищенных бухт. В этом случае величины удельной биомассы могут изменяться в несколько раз, а в отдельных районах – на порядок.

Исследования, проведенные водолазным способом, и анализ имеющихся в ТИНРО-центре первичных материалов траловых съемок на глубинах до 100 м позволяют утверждать, что в зал. Петра Великого основные скопления двух видов ежей расположены до 25-метровой изобаты. Вертикальное распределение скоплений морских ежей нестабильно, зависит от сезона года, его гидрологических особенностей. Характер изменения величин плотности с глубиной в разные годы, показанный на рис. 3, дает представление о межгодовой изменчивости этой характеристики. Отметим, что исследования в 1996–1997 гг. проводились в одно и то же время – во второй половине апреля, однако сезоны резко отличались по своим гидрологическим условиям. Низкий температурный фон и высокие горизонтальные градиенты температуры воды в придонных слоях весной 1997 г. обусловили диффузное распределение с низкими концентрациями животных во всем диапазоне глубин, а пики величин плотности в распределении морских ежей приближались к нижней границе твердых грунтов – 20–25 м. В большей степени такие особенности распределения были характерны для районов открытых мысов и островной зоны, в меньшей – для полузакрытых и закрытых бухт и заливов. С началом прогрева вод изменилась и картина распределения животных на грунте: в результате миграций происходила концентрация ежей на малых глубинах.

В зал. Петра Великого 1996 г. характеризовался ранним прогревом вод. Миграционные процессы и агрегации в скоплениях морских ежей наблюдались при значениях температуры придонных вод выше 5–6 °С. Максимальные значения плотности в районах, где скопления расположены в широком диапазоне глубин (о. Аскольд, мыс Поворотный), отмечались в интервале 5–10 м. Для зал. Восток, в котором поселения морских ежей сосредоточены лишь до 10-метровой изобаты, миграции менее выражены, однако и здесь с повышением температурного фона пик величин плотности смещался в верхние горизонты и наблюдался в более узком диапазоне глубин.

Хорологическая структура скоплений морских ежей в зал. Петра Великого, по нашему мнению, сочетает элементы поясного и пятнистого распределения. К особенностям размещения морских ежей на грунте следует отнести образование довольно значительных агрегаций, где животные в буквальном смысле сложены в «кучи» по 15–20 экз. и более. В состав агрегаций, по наблюдениям водолазов, зачастую входят особи двух видов. Такие образования очень нестабильны и являются примером поведенческих особенностей в процессе жизненного цикла, связан-

ных с пищевыми миграциями, когда концентрации животных образуются у пищевых объектов, либо с размножением, при этом агрегации создаются преимущественно для достижения наибольшей эффективности процесса оплодотворения.

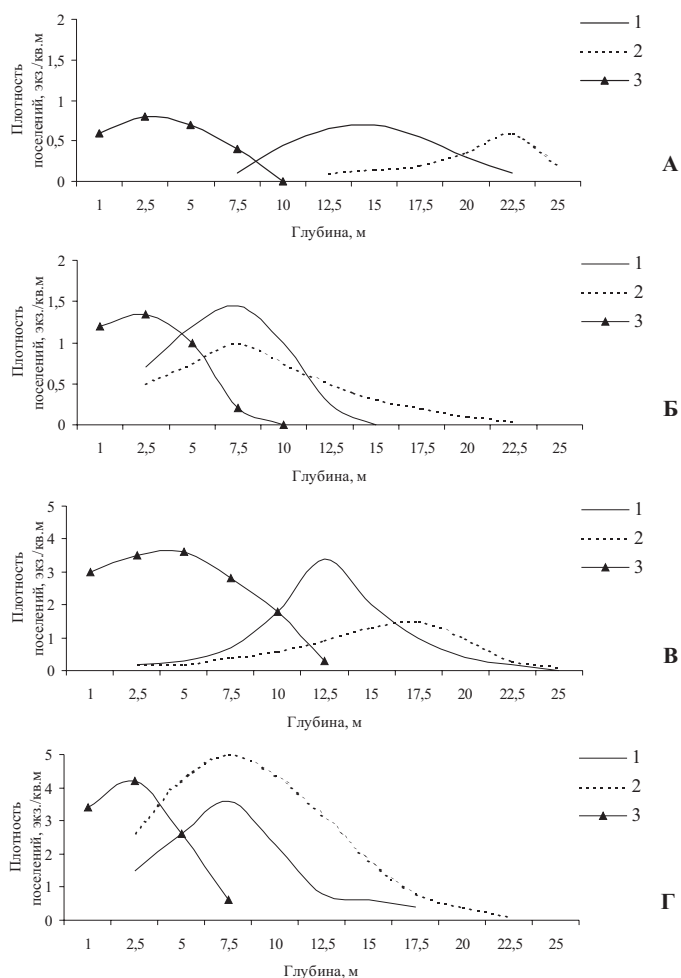


Рис. 3. Вертикальное распределение плотности скопления серых (А, Б) и черных (В, Г) ежей в 1997 (А, В) и 1996 гг. (Б, Г) у мыса Поворотного (1), о. Аскольд (2) и в зал. Восток (3)

Fig. 3. Vertical distribution of grey (А, Б) and black (В, Г) sea urchin accumulation density in 1997 (А, В) and 1996 (Б, Г) close to Povorotnyy Cape (1), Askold Island (2) and Vostok Bay (3)

Мы попытались оценить характер пространственного распределения животных с помощью количественного показателя относительной дисперсии, который рассчитывался для нескольких районов в течение 1995 и 1996 гг. В таблице приведены данные для трех районов, которые уже рассматривались при анализе вертикального распределения плотности поселений.

Значения показателя относительной дисперсии  
 для двух видов морских ежей в зал. Петра Великого  
 Values of relative dispersion index  
 for two species of sea urchin in Peter the Great Bay

Район исследований	Черный еж				Серый еж			
	1995	п	1996	п	1995	п	1996	п
Мыс Поворотный	2,8	21	5,6	22	1,8	21	1,4	22
О. Аскольд, западный берег	1,7	44	2,5	34	1,8	44	0,7	34
восточный берег	1,1	40	6,2	42	0,5	40	0,6	42
Зал. Восток	1,7	33	2,1	32	1,7	33	1,9	32

Примечание. п – количество выборок.

Судя по показателю относительной дисперсии, степень пространственной агрегированности черных ежей в зал. Петра Великого значительно выше, чем серых ( $\alpha < 0,05$  по критерию знаков). И это, по всей видимости, обуславливает ряд преимуществ для данного вида перед его конкурентами. Кроме того, характер агрегаций черных ежей в районе исследований существенно ( $\alpha < 0,1$  по критерию знаков) изменялся в течение двух лет.

Принимая во внимание тот факт, что весной 1996 г. в придонных слоях воды в прибрежной зоне залива отмечались положительные температурные аномалии, логично предположить прежде всего влияние гидрологических условий на процесс агрегации. Распределение серых ежей в период наблюдений в большинстве случаев носило явно выраженный случайный характер.

Полученное сходство в распределении основных поселений морских ежей на протяжении нескольких десятков лет, безусловно, объясняет приуроченность этих видов к биотопам твердых грунтов, менее всего подверженных глобальным перестройкам. Именно приверженность к субстрату определяет тип распределения в большей степени, чем другие факторы. Такой вывод следует прежде всего из сопоставления грунтовых карт и схем распределения морских ежей, полученных по результатам водолазного обследования. Однако в литературе описаны результаты дифференцированного анализа распределения ежей рода *Strongylocentrotus* на неоднородных грунтах в одном из районов зал. Петра Великого (Погребов, 1980), показывающие, что характер грунта и микро-рельеф в значительной мере определяют и тип распределения.

Значительное превалирование в этом районе вида *St. nudus*, по нашему мнению, объясняется различной зоогеографической принадлежностью двух исследуемых видов. Залив Петра Великого расположен у южной границы южнобереальной провинции, и потенциал субтропическо-нижнебореального вида здесь выше. Вместе с тем до настоящего времени в заливе развивался лишь промысел серых ежей. Такое селективное изъятие из биоценоза одного из двух массовых видов одинакового трофического уровня и типа питания, безусловно, может привести к изменению межпопуляционных отношений и в конечном итоге к утрате одного из них в качестве промыслового.

Изучение вертикального распределения скоплений морских ежей показало, что приведенный в литературе широкий диапазон глубин обитания морских ежей – до 180 м для черных и до 100 м для серых (Баранова, 1976) – свидетельствует лишь о том, что там могут быть встречены единичные экземпляры. В настоящее время нет оснований полагать, что морские ежи совершают столь значительные по глубине миграции. Очевидно, что основные скопления расположены до 25-метровой изобаты.

Выполненный анализ распределения по глубинам величин плотности, их динамики в зависимости от гидрологических условий текущего года важен для расчета численности скоплений морских ежей «методом площадей». При агрегированном распределении скоплений и сосредоточении их в узком диапазоне глубин происходит более полный учет биомассы.

## Литература

**Аксютин З.М.** Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищ. пром-сть, 1968. – 228 с.

**Арзамасцев И.С., Мурахведи А.М.** Типология мелководных ландшафтов Японского моря на примере бухты риасового типа // Донные ландшафты Японского моря. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 129–145.

**Баранова З.И.** Иглокожие (Echinodermata) // Животные и растения залива Петра Великого. – Л.: Наука, 1976. – С. 114–120.

**Вирюлина М.Г.** Распределение и запасы морских ежей *Strongylocentrotus nudus* и *St. intermedius* в заливе Петра Великого (Японское море) // Гидробиологические исследования в Японском море и Тихом океане. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1975. – С. 11–21.

**Одум Ю.** Экология. Т. 2. – М.: Мир, 1986.

**Поганкин М.В.** Материалы по экологии иглокожих залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. – 1952. – Т. 37. – С. 175–200.

**Погребов В.Б.** Распределение массовых видов макрозообентоса на твердых грунтах залива Восток и побережья острова Путятина (Японское море) // Биол. моря. – 1980. – № 1. – С. 48–54.

**Погребов В.Б., Кашенко В.П.** Донные сообщества твердых грунтов залива Восток Японского моря // Биологические исследования залива Восток. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 63–82.

**Поллард Дж.** Справочник по вычислительным методам статистики. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 344 с.

**Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е.И.** Водолазный метод гидробиологических исследований // Океанол. – 1964. – Вып. 4. – С. 707–719.

**Яковлев С.Н., Касьянов В.Л., Степанов В.В.** Экология нереста черного морского ежа в заливе Петра Великого (Японское море) // Экология. – 1976. – № 5. – С. 85–91.

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

*Поступила в редакцию 6.08.02 г.*