

**Г.С.Гаврилова, И.Ю.Сухин**

**СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
СЕРЫХ И ЧЕРНЫХ МОРСКИХ ЕЖЕЙ  
В ВОСТОЧНЫХ РАЙОНАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Распределение правильных морских ежей двух видов – *Strongylocentrotus nudus* (черный еж) и *St. intermedius* (серый еж) – в зал. Петра Великого изучалось в разных аспектах. На ранних этапах исследований были получены схемы распространения основных поселений ежей, а также ряд популяционных характеристик, таких как средняя плотность, биомасса и численность, а сами работы носили поисковый характер (Бирюлина, 1975). В литературе существуют также работы, показывающие роль морских ежей в донных биоценозах прибрежных вод (Скарлато и др., 1967) и оценивающие их количественное распределение в биотопах разных грунтов и на разных глубинах (Погребов, Кашенко, 1976; Погребов, 1980; Бажин, 1983; Селин, Черняев, 1992). Кроме того, в последние годы выполнена ревизия поселений этих видов с оценкой численности и биомассы в большинстве районов зал. Петра Великого.

Однако с началом регулярных исследований по оценке запасов морских ежей и более детального изучения характера распределения стало очевидно, что в поселениях этих гидробионтов в течение года происходят сложные структурные изменения, связанные с несколькими типами миграций, изучение которых важно как в общем для понимания экологии морских ежей, так и с чисто практической точки зрения, так как позволит более взвешенно подойти к решению проблемы их рационального промысла.

Материалом для исследований послужили данные о распределении морских ежей весной 1996–1997 гг. и в летне-осенний сезон 1998 г. в восточных районах зал. Петра Великого от мыса Поворотного до восточного побережья зал. Восток. Определялись величины плотности и биомассы в районах основных скоплений морских ежей, где в общей сложности выполнялось 160–170 разрезов ежегодно. В качестве основного метода применялся количественный водолазный учет, при котором «пробными площадками» служили разрезы, выполняющиеся в направлении, перпендикулярном береговой черте, от уреза воды до 25-метровой изобаты (Скарлато и др., 1964; Левин, Шендеров, 1975; Одум, 1986). Плотность распределения фиксировалась в конкретных диапазонах глубин на каждом разрезе, а пробы ежей для определения морфометрических характеристик отбирались на акватории трех–четырех разрезов также с разделением их по глубинам. Всего ежегодно выполнялось по 1500–2000 определений линейных размеров и весовых характеристик. Пло-

щади, занятые скоплениями морских ежей, рассчитывались с помощью крупномасштабных карт 1:10000, 1:25000, после чего выполнялся расчет биомассы.

Морфометрический анализ включал в себя измерение диаметра панциря с точностью  $\pm 1$  мм, массы тела и массы гонад с точностью  $\pm 1$  г, при этом определялась сырая масса после непродолжительного обсушивания животных на воздухе.

Для оценки размерной структуры скоплений выделяли три группы животных: 0–45 и 0–50 мм – непромысловые особи соответственно серых и черных ежей; 45–65 и 50–70 мм – основа промысловой части скоплений; более 65 и 70 мм – промысловые особи старших возрастных групп.

В результате проведения гидробиологических учетов весной и летом в зал. Петра Великого выявлены сезонные особенности в структуре поселений морских ежей. Характер весенних изменений нами прослежен в 1996 и 1997 гг. (рис. 1, 2). Полученные данные показывают, что до начала интенсивного прогрева вод характер распределения в скоплениях морских ежей может изменяться от года к году, в зависимости от гидрологических условий весны. В том случае, когда наблюдаются высокие вертикальные, а в придонном слое и горизонтальные градиенты температуры воды, основная масса ежей, как правило, распределена достаточно диффузно на больших глубинах у границ твердых грунтов. Максимумы величин плотности отмечаются в диапазоне 15–25 м за исключением тех районов, где твердые грунты и поселения морских ежей существуют лишь до 10–12 м и менее (один из таких районов – зал. Восток). Абсолютные значения величин средней плотности достаточно низкие – от 0,1 до 0,8 экз./м<sup>2</sup> для серых и от 0,1 до 1,8 экз./м<sup>2</sup> для черных ежей. Одной из наиболее часто повторяющихся особенностей распределения является концентрация животных в разного рода укрытиях с резким перепадом глубин (расщелинах скал, каньонах), что может быть обусловлено, по нашему мнению, прежде всего пищевым поведением в условиях ограниченности кормовых ресурсов. В холодный период, при недостатке на больших глубинах водорослевого корма, пищей для ежей служат большое количество детрита, остатков макрофитов и мертвых гидробионтов, оседающее в низинах, чем и объясняется создание здесь этими животными крупных агрегаций. Такое распределение наблюдалось весной 1997 г., характер изменения величин плотности с глубиной показан на рис. 2. Отметим, что в этом году отсутствие плотных поселений морских ежей на малых глубинах на востоке залива наблюдалось почти до конца июня, и лишь в середине лета были отмечены массовые миграции и создание привычных агрегированных скоплений с высокими значениями плотности.

Иное распределение было характерно для весны 1996 г., когда во всем диапазоне глубин наблюдалась относительная температурная изометрия. Скопления морских ежей были сконцентрированы в верхних горизонтах с локализацией максимумов средних значений плотности на глубинах до 10 м (см. рис. 1). Животные распределялись по поверхности грунта и концентрировались в основном у зарослей макрофитов и других пищевых объектов. В скоплениях фиксировались более высокие значения плотности.

Как показал анализ литературных данных, отмеченные нами особенности гидрологических условий, влияющих на формирование скопле-

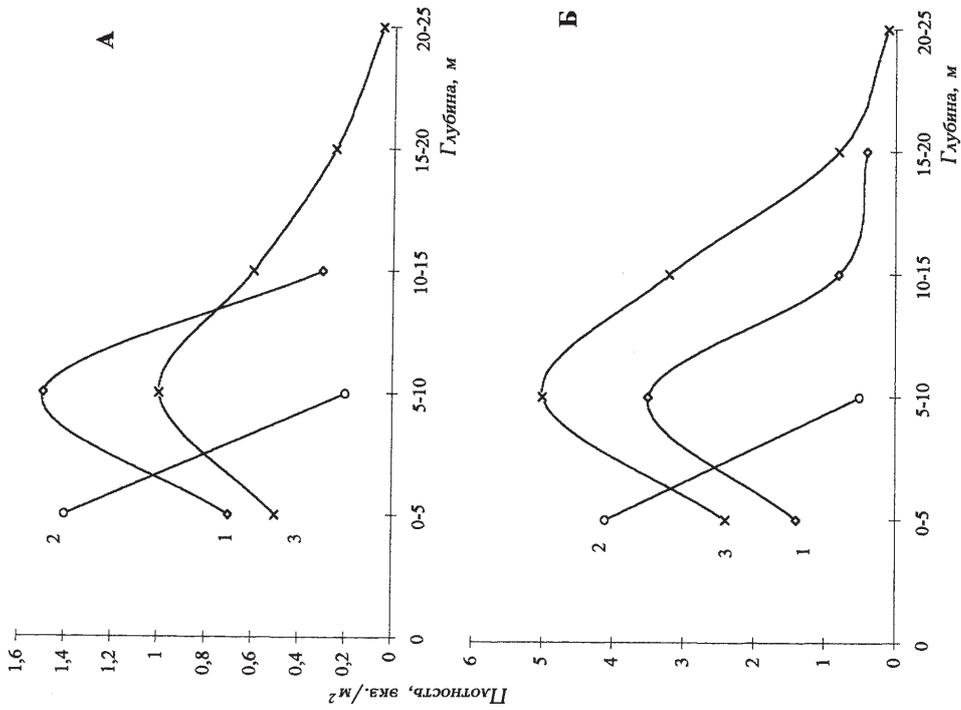


Рис. 1. Распределение величин плотности серых (А) и черных (Б) морских ежей весной 1996 г.: 1 – мыс Поворотный, 2 – зал. Восток, 3 – о. Аскольд

Fig. 1. Distribution of density of gray (А) and black (Б) sea urchins in spring, 1996: 1 – Povorotnyi Cape, 2 – Vostok Bay, 3 – Askold Island

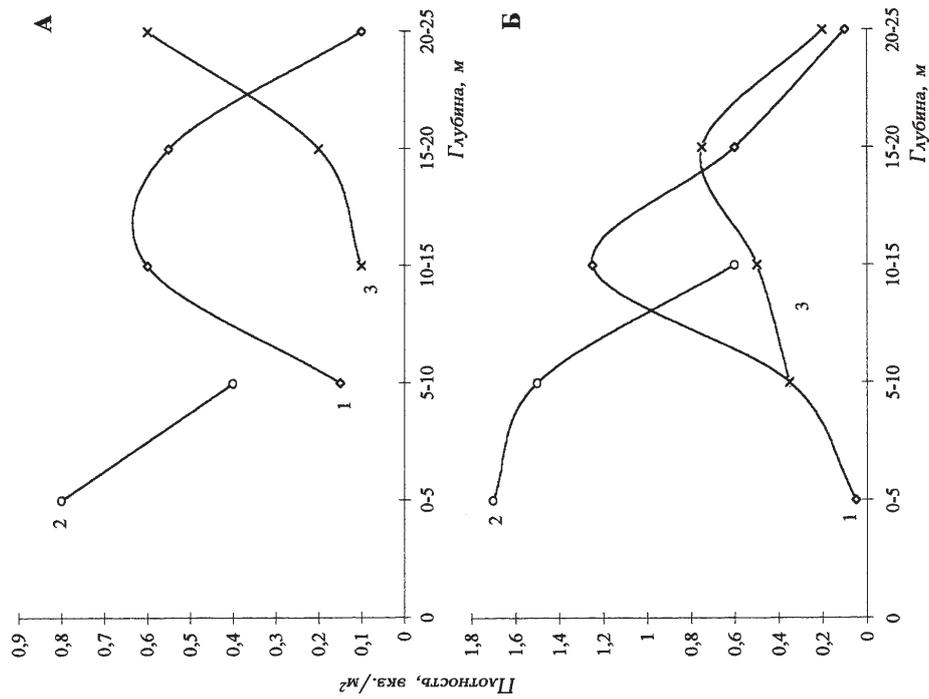


Рис. 2. Распределение величин плотности серых (А) и черных (Б) морских ежей весной 1997 г. Обозначения как на рис. 1

Fig. 2. Distribution of density of gray (А) and black (Б) sea urchins in spring, 1997

ний морских ежей весной в верхних горизонтах сублиторали зал. Петра Великого, отмечались и ранее и были описаны Г.М.Бирюлиным (Микулич, 1960). По его мнению, стратификация вод в зал. Петра Великого в том или ином году определяется как непериодическими колебаниями адвекции тепла из более южных районов, так и преобладанием одного из типов атмосферной циркуляции. Кроме того, особенности гидрологического режима залива таковы, что при одной и той же адвекции тепла в годы антициклонального типа наблюдается пониженное турбулентное перемешивание, что приводит к сильному прогреву поверхностных слоев воды и преобладанию низких температур на дне. В годы с развитой циклоничностью и сильным перемешиванием поверхностные слои имеют температуру ниже нормы, а глубинные обладают повышенной температурой. Проведенная этим автором типизация гидрологических лет и полученные графики вертикального распределения температуры воды (рис. 3) хорошо согласуются с нашими данными. Согласно классификации Г.М.Бирюлина, в нашем случае формирование скоплений весной 1996 г. шло по типу холодных лет, а в 1997 г. — по типу теплых.

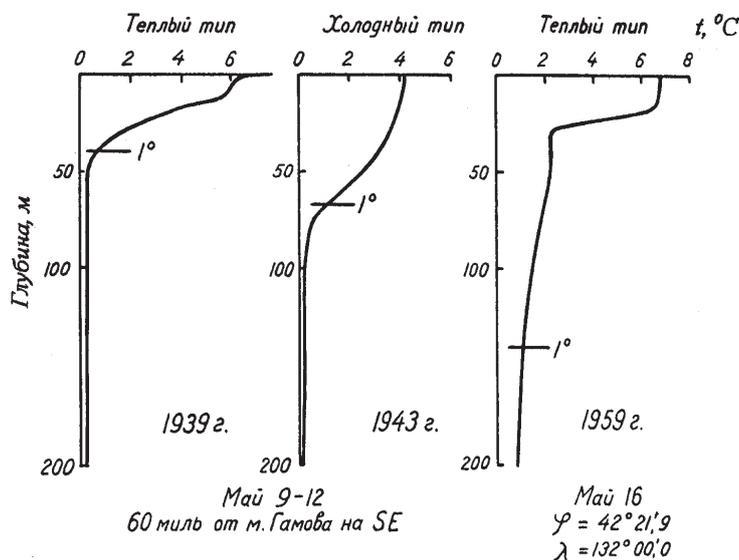


Рис. 3. Вертикальное распределение температуры воды в разные годы в зал. Петра Великого (Микулич, 1960)  
Fig. 3. Vertical temperature distribution in different years in Peter the Great Bay (Микулич, 1960)

В картине летнего распределения морских ежей обращает на себя внимание прежде всего увеличение концентрации животных на поверхности грунта во всем диапазоне глубин. В районах с небольшими по площади скоплениями эта закономерность проявляется в меньшей степени (например, в зал. Восток), на обширных площадях — в большей. Так, летние концентрации серых ежей у мыса Поворотного более чем в три раза превышали весенние, при этом наблюдался явно выраженный максимум плотности на глубинах 5–10 м (рис. 4). У западного берега о. Аскольд, при отсутствии четкой локализации максимума плотности в каком-либо узком диапазоне глубин, животные были достаточно равномерно распределены по всей площади скопления на глубинах до 20 м. Отметим, что среднее значение плотности в этом случае было сравнимо с величинами максимумов этой характеристики в весенний период (см. рис. 1, 2, 4). В мелководных районах основная масса ежей была сосредоточена на глубинах 0–5 м, а значения плотности мало отличались от весенних в те годы, когда во всей толще воды в этот период наблюдалась относительная изотермия (рис. 1, 4).

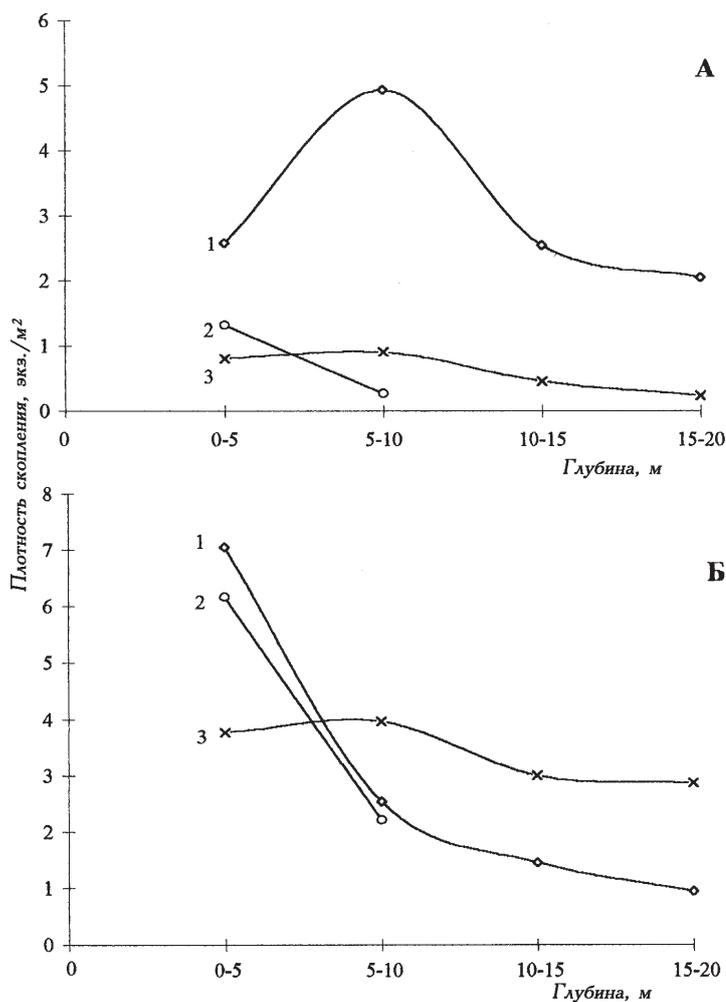


Рис. 4. Распределение величин плотности серых (А) и черных (Б) морских ежей летом 1998 г.: 1 – мыс Поворотный – мыс Крылова, 2 – мыс Пашинникова – мыс Бурунный, 3 – западный берег о.Аскольд

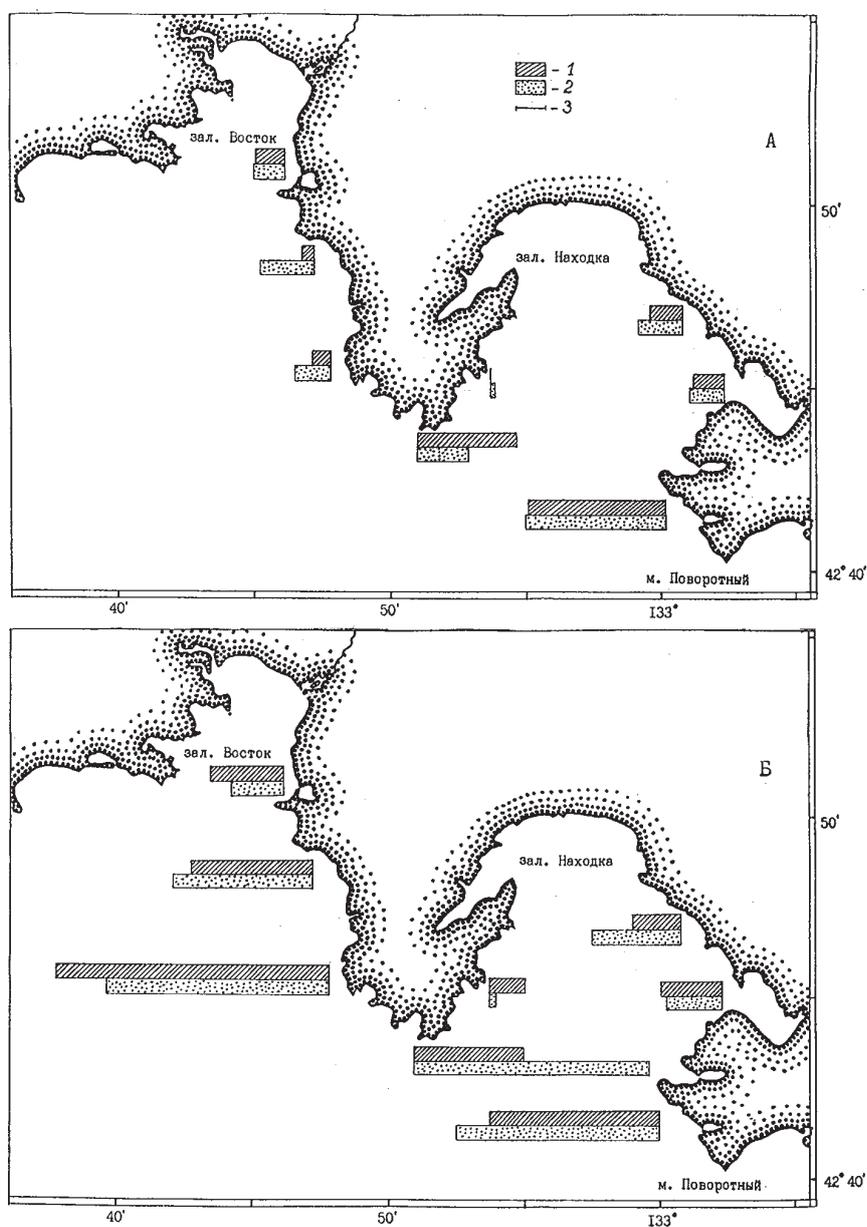
Fig. 4. Distribution of density of gray (А) and black (Б) sea urchins in summer, 1996: 1 – Povorotniy Cape – Krylova Cape, 2 – Pashinnikova Cape – Burunniy Cape, 3 – western coast of the Askold Island

Черные ежи концентрировались преимущественно на малых глубинах в диапазоне 0–10 м, с максимумом плотности распределения до 5 м. Различия в характере распределения по районам исследования аналогичны таковым для серых ежей, а именно: в зал. Восток морские ежи сосредоточены в диапазоне глубин 0–5 м, у мыса Поворотного – также четкий максимум на этих глубинах с последующим снижением величин плотности, а в районе о.Аскольда – достаточно ровное распределение во всем диапазоне глубин.

Вместе с тем обращают на себя внимание и некоторые особенности в распределении двух видов. В частности, в районе мыса Поворотного явно выраженное несовпадение максимумов плотности распределения. Учитывая то, что в период наблюдений в этом районе и черные и серые ежи имели высокий гонадный индекс (средние значения соответственно 11,35 и 22,4 %) и находились в нерестовом состоянии, есть основание полагать, что и глубины образования нерестовых агрегаций для этих видов в данном биотопе также различны.

Анализ распределения биомассы морских ежей весной и летом на востоке зал. Петра Великого показывает, что основная часть животных сосредоточена на юге акватории, у оконечностей больших мысов, т.е. в районах преобладания твердых, в основном скальных, грунтов с активной гидродинамикой (рис. 5). Вместе с тем очевидно, что весной соотно-

шение биомасс ежей в южных и северных районах гораздо больше, чем в летнее время. Это означает, что с началом прогрева вод происходит перераспределение биомассы скоплений вдоль берега в направлении с юга на север, при этом преобладающими в течение всего лета являются горизонтальные миграции. Характеризуя особенности хорологической структуры, отметим наличие в этот период значительных агрегаций морских ежей. Животные лежат на поверхности грунта, образуя так называемые «кучи». Такие образования в целом нестабильны и являются примером, на наш взгляд, поведенческих особенностей в жизненном цикле, связанных с размножением, агрегации в данном случае создаются в нерестовый период для достижения наибольшей эффективности процесса оплодотворения. Кроме того, концентрации животных отмечались у зарослей макрофитов. В этом случае морские ежи, как правило, распределяются у кромки полей водорослей, редко внедряясь в сами заросли.



Размерный состав морских ежей анализировали как по макрорайонам, так и на отдельных участках акваторий. При нанесении на карту результатов анализа размерной структуры (рис. 6) стало очевидно, что скопления морских ежей весьма неоднородны по своему составу. В частности, концентрации молоди отмечаются лишь на нескольких участках; чаще они встречаются в скоплениях черных ежей и реже у серых. Особи старших возрастных групп с диаметром панциря более 65 мм для серых и 70 мм для черных ежей в значительных количествах отмечались в основном на юге рассматриваемой акватории.

Таким образом, обобщая полученные результаты, получаем следующую картину сезонных изменений внутри скоплений морских ежей.

Наиболее существенные перераспределения происходят в результате двух типов миграций – вертикальных и горизонтальных. Первые из них в большей степени характерны для переходных сезонов – весеннего и осеннего. Весной наблюдается массовое перемещение скоплений с больших глубин на мелководье, оно регулируется как гидрологическим режимом прибрежных вод, так и началом массового развития микро- и макрофитобентоса. В результате горизонтальных миграций осуществляется перераспределение животных вдоль побережья в летний период. В этом случае могут наблюдаться перемещения целых скоплений вслед за сезонным развитием тех или иных водорослей. В качестве примера можно привести отмеченное в 1998 г. изменение в распределении биомассы черных ежей на западном побережье зал. Восток. Если весной основная их часть была сосредоточена на рифах у мыса Пещурова, то летом животные переместились к северо-востоку и «паслись» на довольно обширном здесь поле ульвы. Наши наблюдения, а также литературные данные (Kawamura, 1966) показывают, что животные двух рассматриваемых видов способны совершать достаточно длительные миграции. Это вряд ли позволяет согласиться с мнением исследователей, считающих морских ежей седентарными формами (Константинов, 1979).

Выявленные особенности весеннего распределения в различных гидрологических условиях важно учитывать прежде всего при проведении количественных учетов в этот период. В годы с преобладанием антициклонической циркуляции, малой турбулентностью и резко выраженной стратификацией вод расчет численности и биомассы морских ежей, выполненный «методом площадей» (Аксютин, 1968), может давать заниженные оценки этих величин. Такое явление объясняется как экологическими особенностями самих животных, так и существующими методами количественного учета донных животных. Главной переменной величиной в расчетах является определяемая водолазом с помощью мерной рамки плотность в скоплениях животных. В случае их диффузного распределения фиксируются низкие значения плотности и, как следствие, в результате получают малые величины численности и

Рис. 5. Распределение биомассы серых (А) и черных (Б) морских ежей весной и летом в зал. Петра Великого: 1 – весной 1997 г., 2 – летом 1998 г., 3 – 50 т

Fig. 5. Distribution of biomass of gray (A) and black (B) sea urchins in spring and summer in Peter the Great Bay: 1 – in spring, 1997, 2 – in summer, 1998, 3 – 50 t

биомассы. Очевидно, что в такие годы более объективно проведение учетных работ в летнее время, после образования плотных поселений на малых глубинах.

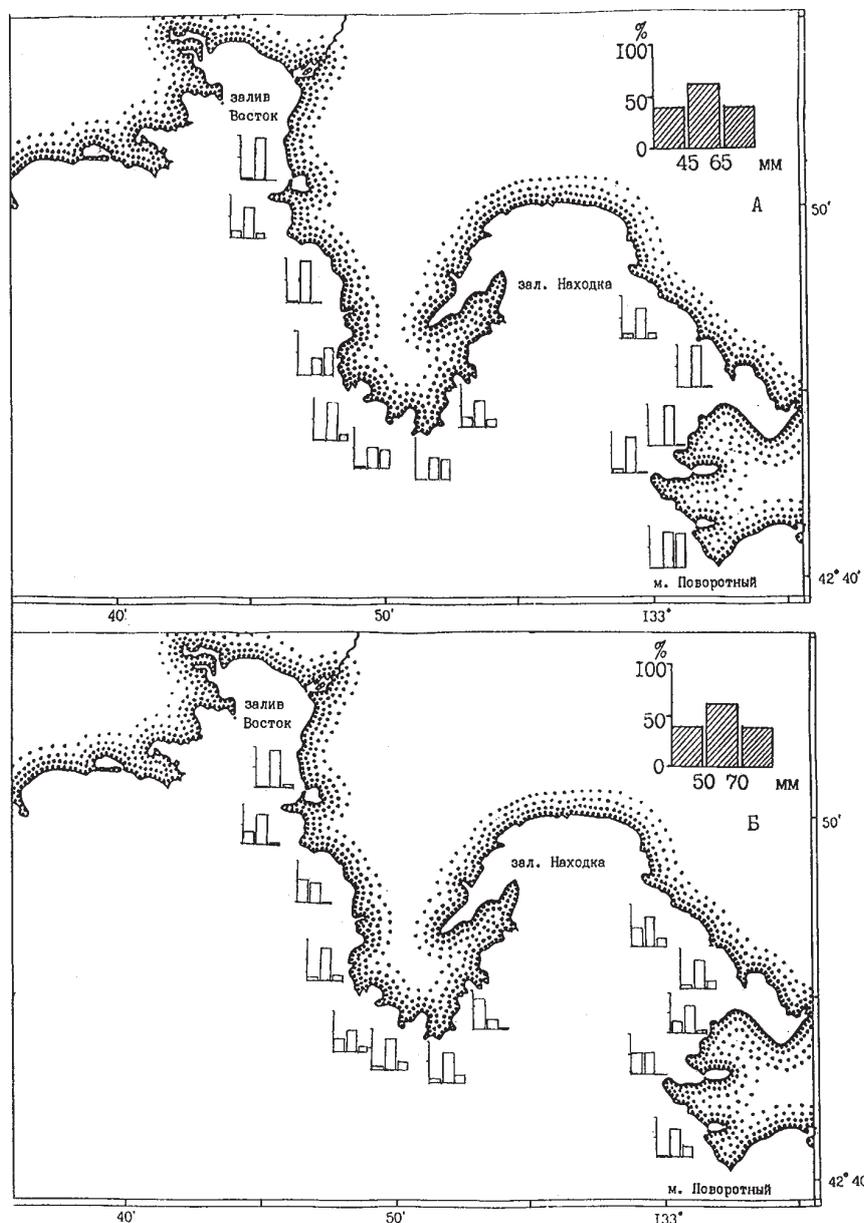


Рис. 6. Размерная структура серых (А) и черных (Б) морских ежей в поселениях разных мест

Fig. 6. Size distribution of gray (А) and black (Б) sea urchins in different areas

Результаты оценки размерной структуры двух видов морских ежей позволяют говорить о преобладании отдельных возрастных классов в структуре поселений разных мест, а анализ их распределения по акватории залива свидетельствует о существовании пространственной структуры этих популяций. На рассматриваемой акватории формирование скоплений морских ежей происходит внутри двух районов, естественной

границей между которыми является акватория зал. Находка и расположенные в его центральной части биотопы песчаных и илисто-песчаных грунтов. Очевидно (рис. 6), что промысловые особи фертильной стадии распределены вдоль всего побережья, стало быть, повсеместно происходит и размножение, в то время как концентрации молоди отмечаются лишь на нескольких участках в пределах каждого из районов, т.е. массовое оседание пелагических личинок на дно и прикрепление их к субстрату возможно далеко не везде. По-видимому, данный процесс происходит только там, где присутствует весь комплекс необходимых для этого факторов: подходящий субстрат для оседания, кормовая база и соответствующие гидродинамические условия.

Другой характерной чертой в распределении является превалирование на юге каждого из районов животных старших возрастных групп. Эти участки можно охарактеризовать как высокопродуктивные зоны, здесь расположены заросли бурых водорослей – ламинарии японской и костарии ребристой. Если принять во внимание выводы М.В.Проппа (1977) о взаимосвязи массы морских ежей с обеспеченностью их пищей в природных биотопах и, таким образом, возможности существования крупных особей только в условиях относительного обилия пищи, то, вероятно, и в рассматриваемых популяциях существуют механизмы, обеспечивающие такое распределение.

### *Литература*

**Аксютин З.М.** Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищ. пром-сть, 1968. – 288 с.

**Бажин А.Г.** Закономерности пространственного распределения массовых видов иглокожих в бухте Витязь Японского моря // Биологические ресурсы шельфа, их рациональное использование и охрана: Тез. докл. 2-й регион. конф. молод. ученых Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. – С. 4.

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

**Константинов А.С.** Общая гидробиология. – М.: Высш. шк., 1979. – 480 с.

**Левин В.С., Шендеров Е.Л.** Некоторые вопросы методики количественного учета макробентоса с применением водолазной техники // Биол. моря. – 1975. – № 2. – С. 64–70.

**Микулич Л.В.** Распределение и состояние запасов моллюсков, трепанга, травяного шримса и некоторых других промысловых объектов в заливе Петра Великого (с рекомендациями для промышленности): Отчет о НИР (промежут.) / ТИНРО. № 7097. – Владивосток, 1960.

**Одум Ю.** Экология. – Т. 2. – М.: Мир, 1986. – 328 с.

**Погребов В.Б.** Распределение массовых видов макрозообентоса на твердых грунтах залива Восток и побережья острова Путятина (Японское море) // Биол. моря. – 1980. – № 1. – С. 48–55.

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

**Пропп М.В.** Экология морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* Баренцева моря: метаболизм и регуляция численности // Биол. моря. – 1977. – № 1. – С. 39–51.

**Селин Н.И., Черняев М.Ж.** Популяционно-экологическая характеристика трепанга и промысловых морских ежей залива Восток Японского моря / ИБМ ДВО РАН. – Владивосток, 1992. – 41 с. – Деп. во ВНИЭРХ, № 2607-В92.

**Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е.Н.** Водолазный метод гидро-биологических исследований // Океанол. – 1964. – № 4. – С. 707–719.

**Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В. и др.** Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах зал. Посьета (Японское море) // Исслед. фауны морей. Т. 5 (13): Биоценозы залива Посьета. – Л.: Наука, 1967. – С. 5–61.

**Kawamura K.** Ecological Studies and Some Discussion about the Methods of Conservation of the Sea Urchins, *Strongylocentrotus nudus*, on the Coast of Urasawa, Hokkaido // Sci. Rep. of Hokkaido Fish. Exp. St. – 1966. – № 5.

*Поступила в редакцию 26.04.99 г.*