

ПОПУЛЯЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ

УДК 593.95(268.43)

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКОГО ЕЖА
STRONGYLOCENTROTUS DROEBACHIENSIS
В ПРИБРЕЖЬЕ МУРМАНА (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)**

© 2012 г. А.В. Шацкий

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, Мурманск 183038

Поступила в редакцию 22.03.12 г.

Окончательный вариант получен 19.04.2012 г.

Рассмотрены особенности размерного состава поселений зеленого морского ежа в прибрежье Мурмана. Доля крупных особей (диаметром панциря более 50 мм) больше на скальных грунтах. Скопления *S. droebachiensis* с максимальными плотностями наблюдались у берегов Западного Мурмана в верхних слоях сублиторали на горизонте 5 м и в прибрежье Восточного Мурмана на глубинах 15 и 20 м. Наиболее высокие агрегации поселений зеленого морского ежа отмечены в прибрежье восточной части Мурмана на глубине 5 м.

Ключевые слова: зеленый морской еж, прибрежье Мурмана, распределение.

ВВЕДЕНИЕ

Морские ежи являются ценными объектами промысла. Повышенный интерес представляют гонады морских ежей – один из самых дорогих деликатесов на мировом рынке, особенно в таких странах, как Япония и Франция. В Баренцевом море самым многочисленным морским ежом является *Strongylocentrotus droebachiensis* – зеленый морской еж.

Первая попытка организации промысла морского ежа у побережья Мурмана была предпринята в 1993 г. В 1994–1996 гг. ограниченный промысел проводился в губе Ура, но из-за низкого спроса на российском рынке, промысел был прекращен. Тем не менее, в последние годы интерес к зеленому ежу, как объекту промысла, начал расти: в 2008 г. официальный российский вылов составил 0,2 т, в 2009 г. – 5,58 т, в 2010 г. – 6,61 т, в 2011 г. – 6,98 т.

Устойчивость промысла *S. droebachiensis* и перспективы дальнейшего увеличения объемов его вылова диктуют необходимость более тщательного изучения особенностей его распределения у побережья Мурмана.

Первые исследования особенностей распределения зеленого морского ежа в юго-восточной части Баренцева моря были выполнены в 1970-х гг. (Пропш, 1971; Дробышева и др., 1979). Позже был изучен ряд районов, перспективных для промысла, и выполнена первая оценка запасов морских ежей (Сенников, Матюшкин, 1994, 1996, 1997). Тем не менее, проведенных исследований недостаточно. Предварительные работы по распределению и оценка запасов проведены на отдельных локальных участках прибрежья Мурмана.

Целью данной работы является выявление особенностей пространственной изменчивости численности, биомассы и размерного состава *S. droebachiensis* в прибрежье Мурмана.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал по распределению и размерному составу *S. droebachiensis* в прибрежье Мурмана собирался в водолазных съемках в июле-августе 2009-2011 гг. Размерная структура и характер распределения поселений морских ежей *S. droebachiensis* оценивалась в 7 районах (рис.1):

- 1) Варангер-фьорд (31° - 32° в. д.);
- 2) Мотовский залив (32° - 33° в. д.);
- 3) Губа Западно-Зеленецкая – р-он о. Малый Олений ($33^{\circ} 30'$ - $34^{\circ} 30'$ в. д.);
- 4) Губа Долгая – губа Опасова (35° - $35^{\circ}30'$ в. д.);
- 5) Губа Ярнышная – р-он о. Большой Олений (36° - $36^{\circ}30'$ в. д.);
- 6) Губа Керкурская – губа Корабельная ($36^{\circ}30'$ - 38° в. д.);
- 7) Губа Дроздовка – м. Святой Нос (38° - $39^{\circ}30'$ в. д.).

Оценку плотности поселений *S. droebachiensis* проводили на основе проб, отобранных на станциях с площади 3 м^2 по горизонтам 5, 10, 15 и 20 м (Методические рекомендации..., 2003). Затем полученные результаты пересчитывали на 1 м^2 . Диаметр панциря морского ежа измерялся штангенциркулем с точностью до 1 мм (Изучение экосистем... 2004). На разрезах регистрировался рельеф дна, тип грунта, распределение поясов растительности и проективное покрытие дна водорослями. Фактические глубины приводились к нулю глубин в соответствии с таблицами приливов.

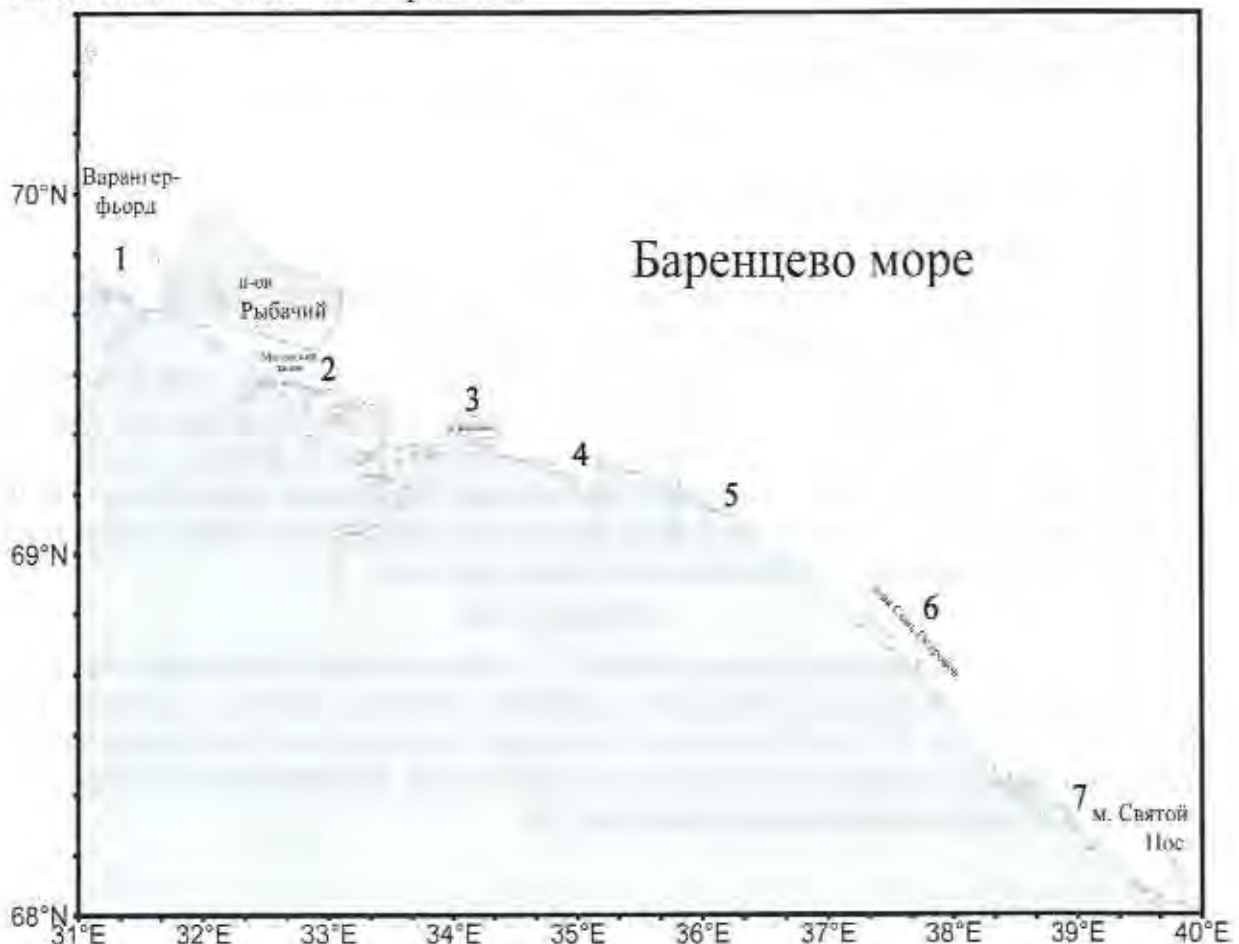


Рис. 1. Схема обследованных районов в период водолажных съемок в 2009-2011 гг.

Fig. 1. Studied areas during the diving surveys in 2009-2011.

Всего за период водолазных съемок 2008-2011 гг. было выполнено 169 разрезов (табл. 1).

Таблица 1. Объем собранного материала в период водолазных съемок в 2009-2011 гг.

Table 1. Data obtained from the diving surveys in 2009-2011.

Год	Количество разрезов	Промерено, экз.
2009	58	2027
2010	62	3383
2011	49	2359
Итого	169	7769

Для оценки распределения и особенностей размерного состава зеленого морского ежа на различных типах грунтов, было выделено четыре основных вида грунта, на которых встречались морские ежи:

- 1) скала;
- 2) крупные валуны (размером более 1 м);
- 3) камни (размером более 10 см и менее 1 м);
- 4) галька (размером менее 10 см).

В качестве одной из характеристик распределения морских ежей был использован индекс агрегированности Морисита (IM) (Смуров, Полищук, 1989), который рассчитывался по формуле:

$$IM = \frac{\sigma^2 - \bar{N}}{\bar{N}^2} + 1, \text{ где}$$

\bar{N} - средняя плотность (экз./м²);

σ^2 - дисперсия плотности.

При $IM \leq 1$ распределение слабо агрегированное, приближается к случайному. При $IM > 1$ скопления сильно агрегированы.

На основе размерного состава *S. droebachiensis* из этих районов были построены при помощи кластерного анализа дендограммы сходства размерного состава (Буяновский, 2004). Для этого использовался метод Ворда в программе «Statistica». В качестве меры сходства применялось Евклидово расстояние. Также были построены дендограммы сходства размерного состава на основе размерных рядов зеленого морского ежа на различных типах грунтов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В период проведения исследований *S. droebachiensis* встречался на всем протяжении береговой линии Мурмана. Диаметр панциря зеленого морского ежа варьировал от 5 до 111 мм. На основе массовых промеров был выполнен анализ пространственной изменчивости размерного состава *S. droebachiensis* и построена дендограмма сходства размерных рядов (рис. 2).

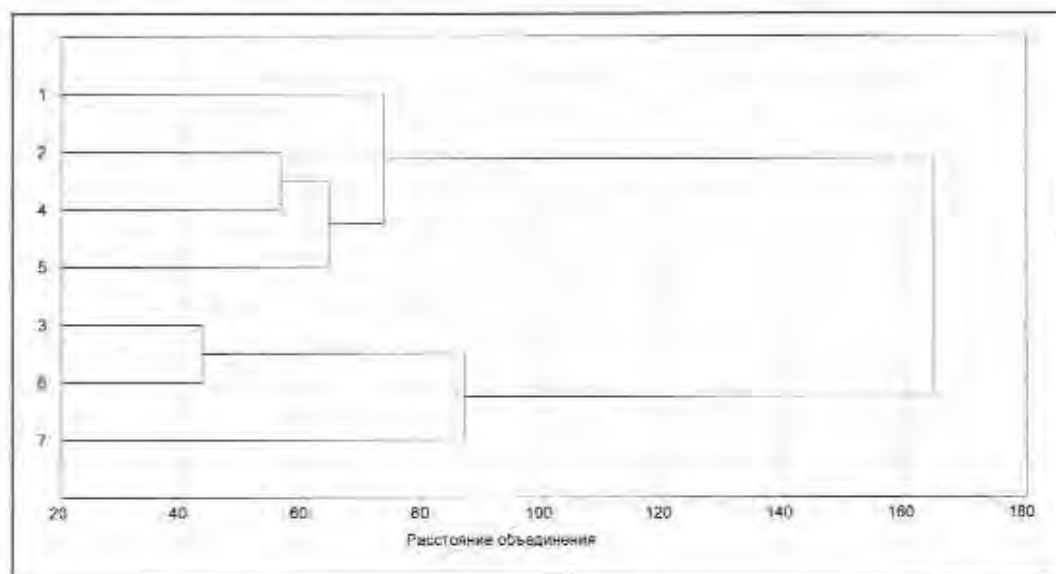


Рис. 2. Дендограмма сходства размерных рядов *S. droebachiensis*: 1 – Варангер-фьорд; 2 – Мотовский залив; 3 – губа Западно-Зеленецкая – р-он о. Малый Олений; 4 – губа Долгая – губа Опасова; 5 – губа Ярнышная – р-он о. Большой Олений; 6 – губа Кекурская – губа Корабельная; 7 – губа Дроздовка – м. Святой Нос.

Fig. 2. Dendrogram of *S. droebachiensis* size time-series similarity: 1 – Varanger Fjord; 2 – Motovsky Bay; 3 – Guba Zapadno-Zelenetskaya – Maly Olenij Island; 4 – Guba Dolgaya – Guba Opasovo; 5 – Guba Yarnyshnaya – Bolshoy Olenij Island; 6 – Guba Kekurskaya – Guba Korabelnaya; 7 – Guba Drozdovka – Svyatoy Nos Cape.

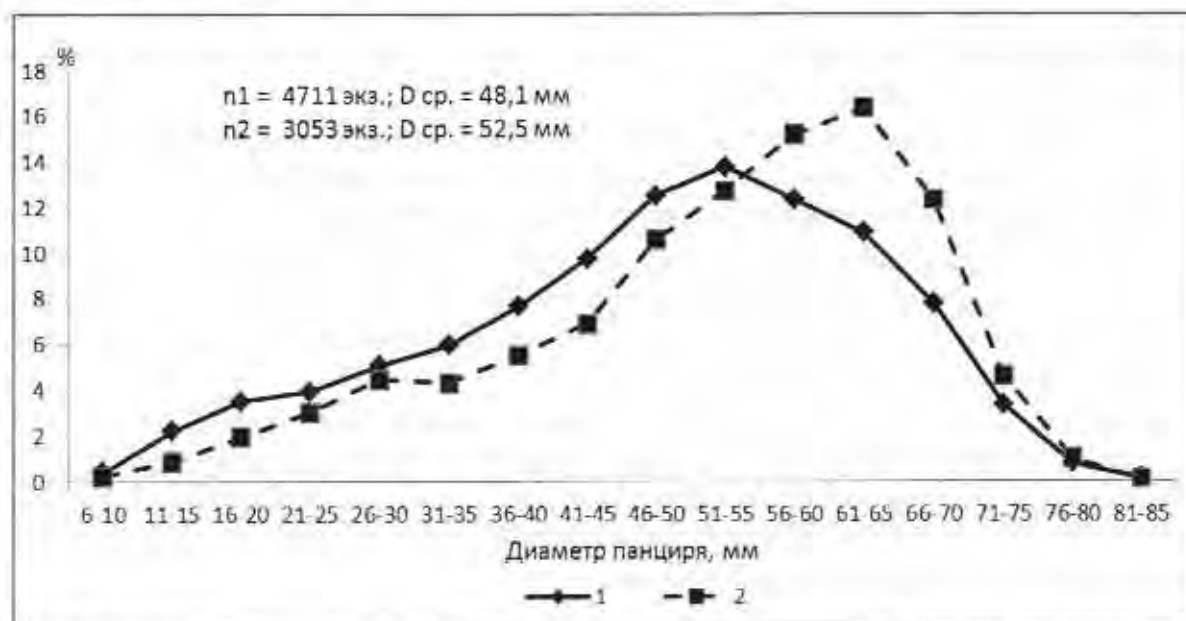


Рис. 3. Размерный состав поселений *S. droebachiensis* у Мурманского побережья в 2009-2011 гг.: 1 – Варангер-фьорд + Мотовский залив + губа Долгая – губа Опасова + губа Ярнышная – р-он о-ва Большой Олений; 2 – губа Западно-Зеленецкая – р-он о-ва Малый Олений + губа Кекурская – губа Корабельная + губа Дроздовка – м. Святой Нос.

Fig. 3. Size composition of *S. droebachiensis* at the Murman coast in 2009-2011: 1 – Varanger Fjord + Motovsky Bay + Guba Dolgaya – Guba Opasovo + Guba Yaryshnaya – Bolshoy Olenij Island; 2 – Guba Zapadno-Zelenetskaya – Maly Olenij Island + Guba Kekurskaya – Guba Korabelnaya + Guba Drozdovka – Svyatoy Nos Cape.

Размерный состав *S. droebachiensis* Варангер-фьорда (1) и р-она губы Дроздовка – м. Святой Нос (7) отличен от всех остальных полигонов. Размерный состав зеленого морского ежа губы Западно-Зеленецкая – р-она о. Малый Олений (3) аналогичен размерному составу *S. droebachiensis*, обитающему на участке побережья губы Кекурская – губы Корабельная (6), а размерный состав Мотовского залива (2) схож с р-оном губы Териберская (4). Размерный состав морских ежей на полигоне губа Ярнышная – р-он о. Большой Олений (5) примыкает к связке участков 2 и 4, но стоит, тем не менее, особняком. В целом, размерный состав *S. droebachiensis* у западной части побережья Мурмана (участки 1, 2) и в примыкающих к ним районах 4 и 5 локализуется сравнительно обособленно от размерного состава восточного побережья Мурмана (участки 6, 7). Исключение составляет размерный состав 3-го района. Он расположен между Мотовским заливом и губой Долгой. Тем не менее, размерный состав морского ежа этого района близок к 6-му участку побережья Мурмана.

На основании дендограммы сходства размерных рядов *S. droebachiensis* были объединены сходные участки: 1) побережье Западного Мурмана и участок Баренцева моря от губы Долгой до о. Большой Олений; 2) участок побережья от губы Кекурская до м. Святой Нос и от губы Западно-Зеленецкой до о. Малый Олений. Данное деление на районы подтверждается графиками размерных рядов (рис. 3).

Как видно на графиках, дифференциация размерного состава зеленого морского ежа по районам прослеживается достаточно отчетливо. На участках 1, 2, 4 и 5 побережья Мурмана доля зеленого морских ежей промыслового размера (диаметр панциря менее 50 мм) больше, чем в р-онах губа Кекурская – губа Корабельная, губа Дроздовка – м. Святой Нос и губа Западно-Зеленецкой – о. Малый Олений (участки 3, 6, 7).

Анализ сходства размерных рядов *S. droebachiensis* на различных типах грунтов показала, что наиболее близкими по размерному составу являются поселения морских ежей, обитающих на валунах и камнях (рис. 4).

Размерный состав скоплений морских ежей, обитающих на гальке, также, хоть и в меньшей степени, имеет сходство с поселениями, встречающимися на валунах и камнях. Анализ размерных рядов морских ежей, обитающих на различных типах грунтов, подтверждает эти данные (рис. 5).

На скальных грунтах поселения зеленых морских ежей более, чем на 65% были представлены особями промыслового размера (с диаметром панциря 50 мм и более) с модой 56-60 мм. На валунах, камнях и гальке присутствовали, в основном, морские ежи с модальным классом 46-50 мм. На этих грунтах всего около 47% морских ежей имели промысловый размер.

Анализ вертикального распределения плотности скоплений *S. droebachiensis* показал, что на западе Мурманского побережья с увеличением глубины происходит снижение плотности скоплений (табл. 2).

С запада на восток прослеживается постепенное снижение по глубинам максимальной плотности скоплений *S. droebachiensis*. Такая же картина наблюдается в батиметрическом распределении средней удельной биомассы зеленого морского ежа (табл. 3).

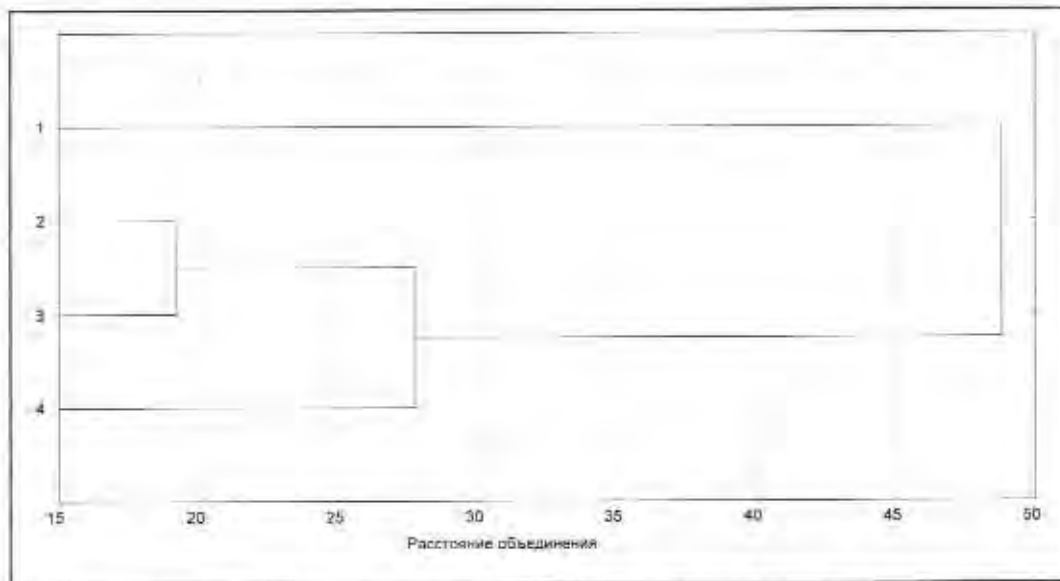


Рис. 4. Дендограмма сходства размерных рядов *S. droebachiensis*, обитающих на различных типах грунтов в 2009-2011 гг. у побережья Мурмана 1 – скала; 2 – валуны; 3 – камни; 4 – галька.
Fig. 4. Similarity dendrogram of size time-series of *S. Droebachiensis* occurring on the different grounds at the Murman coast in 2009-2011: 1 – rock; 2 – boulders; 3 – stones; 4 – pebbles.

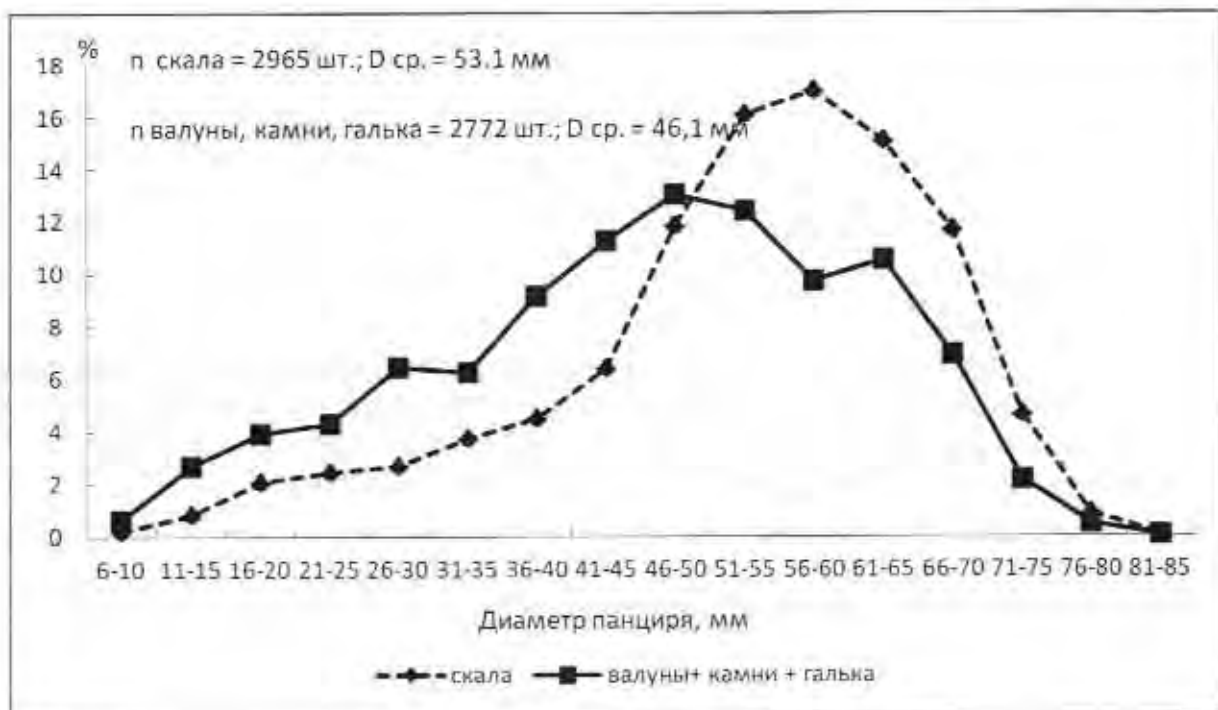


Рис. 5. Размерный состав морского ежа *S. droebachiensis* в 2009–2011 гг. у побережья Мурман на различных типах грунтов.
Fig. 5. Size composition of sea urchins *S. droebachiensis* on different type grounds at the Murman coast in 2009–2011.

Исключение представляет р-он губы Западно-Зеленецкая – о. Малый Олений, который находится посередине между Восточным и Западным Мурманом. Распределение *S. droebachiensis* на этом участке носило характер, схожий с распределением в р-оне губа Дроздовка – м. Святой Нос.

Таблица 2. Средняя плотность поселений *S. droebachiensis* у берегов Мурмана на разных глубинах в 2009-2011 гг., экз./м².

Table 2. Mean density of *S. droebachiensis* colonies in different layers at the Murman Coast in 2009-2011, spec./m².

Глубина, м	Районы*						
	1	2	3	4	5	6	7
5	11,1	9,8	1,3	6,0	8,6	3,7	0,9
10	7,8	5,1	4,4	10,1	14,2	9,6	5,0
15	6,2	5,9	5,5	5,9	8,8	13,2	8,2
20	0,7	1,5	5,3	3,0	3,4	11,5	9,9

Примечание: *- номера районов см. рис. 1

Note: *- area numbers according to material and methods.

Таблица 3. Средняя биомасса поселений морского ежа *S. Droebachiensis* у берегов Мурмана по изобатам в 2009-2011 гг., г/м².

Table 3. Mean biomass of sea urchin *S. droebachiensis* colonies by isobath at the Murman Coast in 2009-2011, g/m².

Глубина, м	Районы						
	1	2	3	4	5	6	7
5	728	790	134	560	594	289	91
10	387	360	397	699	886	764	427
15	313	251	389	414	514	816	648
20	32	38	335	186	179	648	806

Анализ динамики индекса агрегированности Морисита скоплений зеленого морского ежа в 2009-2011 гг. на разных глубинах показал, что в Варангер-фьорде и Мотовском заливе степень агрегированности увеличивается вместе с глубиной до 15 м, а затем, на 20-ти метровой изобате незначительно снижается (табл. 4).

Таблица 4. Индексы агрегированности Морисита *S. droebachiensis* у берегов Мурмана по глубинам в 2009-2011 гг.

Table 4. Morisite aggregation indices of *S. droebachiensis* by depth at the Murman coast in 2009-2011.

Глубина, м	Районы						
	1	2	3	4	5	6	7
5	0,3	0,3	4,0	1,7	1,1	4,2	5,4
10	0,4	0,3	1,5	0,6	0,2	0,2	0,8
15	1,8	2,3	0,6	0,9	0,3	0,9	0,2
20	0,8	1,9	1,3	2,8	3,2	0,7	1,4

В районах, располагающихся восточнее Кольского залива, общей закономерностью является значительная степень агрегированности на 5-ти метровой глубине. Особенно высокие индексы агрегированности на этой изобате отмечены на 3, 6 и 7 участках побережья Мурмана. Также практически на всем побережье Восточного Мурмана (за исключением 6-го участка Мурманского побережья) отмечено понижение степени агрегированности на глубинах 10 и 15 м и затем повышение на 20-ти метровой изобате.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, на основании дендограммы сходства размерных рядов *S. droebachiensis* (рис. 1) все побережье можно разделить на два района: 1) у побережья Западного Мурмана и участок Баренцева моря от губы Долгой до о. Большой Олений; 2) участок побережья от губы Кекурская до м. Святой Нос и от губы Западно-Зеленецкой до о. Малый Олений. Это подтверждается графиками размерных рядов (см. рис. 3). Такую характерную особенность размерного состава зеленого морского ежа можно объяснить двумя причинами. Во-первых, геоморфологическими и гидрологическими особенностями районов отбора проб. Так, на участках 1, 2, 4 и 5, в виду сильной изрезанности береговой линии, пробы, преимущественно, отбирались в закрытых или полужакрытых от прилива губах и заливах. На восточном побережье, где количество заливов и бухт незначительно, напротив, сбор проб осуществлялся, главным образом, на открытых участках. Второй причиной различия размерного состава поселений *S. droebachiensis* в побережье Мурмана является геоморфология дна. Так, особенностью береговой линии Западного Мурмана является большая контрастность форм, которая, прежде всего, выражается в наличии здесь ряда глубоко вдающихся фьордов и гляциально-тектонических бухт (Панов, 1941). Доказательством связи геоморфологии дна и размерного состава морских ежей является анализ размерных рядов по различным типам грунтов (рис. 4, 5). Дно сублиторали на обследованной площади у берегов Восточного Мурмана, в основном, представлено скальным основанием (более 80%), в то время как в побережье Западного Мурмана на глубине до 20 м значительную часть (33%) занимают каменистые и галечные грунты. Предполагается, что более мелким особям морских ежей среди валунов, небольших камней и гальки легче находить убежище (Ржавский и др., 2004). На восточном побережье Мурмана с доминирующим скальным грунтом в скоплениях *S. droebachiensis* преобладают особи промыслового размера (около 70%). Вероятно, в этих районах морские ежи меньших размеров обитают глубже 20 м.

Исключение составляет р-он губы Западно-Зеленецкой – о. Малый Олений. Он расположен вблизи Западного Мурмана. Береговая линия его достаточно сильно изрезана, а донный субстрат представлен всеми типами грунтов. Тем не менее, размерный состав зеленого морского ежа близок к восточным р-онам Мурманского побережья. Кроме того, на данном участке побережья Баренцева моря поселения *S. droebachiensis* имеют схожий характер распределения плотности и степени агрегированности по различным глубинам с р-оном губы Дроздовка – м. Святой Нос (см. табл. 2, 3, 4). Следовательно, объяснение особенностей размерного состава и распределения *S. droebachiensis* у берегов Мурмана не всегда зависят от морфологии береговой линии и характера грунта.

В июле-августе нерест зеленого морского ежа у берегов Западного Мурмана завершён (Сенников, Матюшкин, 1996). Поэтому высокие плотности поселений *S. droebachiensis*, отмеченные на мелководье в Варангер-фьорде и Мотовском заливе, вероятно, можно объяснить температурным режимом прибрежных вод. На Западном Мурмане, в связи с близостью Мурманского прибрежного течения и резкими перепадами глубин, в летний период термоклин располагается ближе к поверхности воды и он ярко выражен. По-видимому, зеленый морской еж чувствителен к перепадам температуры, поэтому в этих районах в летний период он концентрируется на 5-ти метровой глубине (табл. 2, 3), где достаточно равномерно распределяется (табл. 4). По мере продвижения на восток Мурманского побережья, склон дна становится все более пологим. За счет этого вода в восточном прибрежье Мурмана прогревается более равномерно, термоклин смещается на глубину и градиент его становится меньше (Ившин, 2004). Таким образом, в летний период в р-оне губы Дроздовка – м. Святой Нос наблюдается однородность температурного режима на глубине 0-20 м. Кроме радиационного прогрева, перемешиванию водных масс способствуют приливно-отливные течения, которые имеют место благодаря Воронке Белого моря.

Вероятно, такую же роль для р-она губы Западно-Зеленецкой – о. Малый Олений выполняет Кольский залив. Из-за больших размеров Кольского залива в р-оне о. Кильдин в период приливно-отливных течений происходит активное перемешивание водных масс. В результате складывается гидрологический режим сходный р-ону губы Дроздовка – м. Святой Нос, что в свою очередь сказывается на характере распределения и степени агрегированности *S. droebachiensis*.

ВЫВОДЫ

Максимальная доля крупных промысловых зеленых морских ежей отмечена в восточной части прибрежья Мурмана на скальных грунтах. Значительная часть молоди *S. droebachiensis* в этих районах, вероятно, распределяется на глубинах более 20 м.

Важное влияние на плотность поселений морских ежей оказывает гидрологический режим. Так, максимальные плотности зеленого морского ежа наблюдались на мелководье у берегов Западного Мурмана, где термоклин располагается у поверхности воды и градиент его ярко выражен.

Наибольшие агрегации *S. droebachiensis* наблюдались у берегов Восточного Мурмана на 5-ти метровой изобате. Это объясняется как особенностями береговой линии Мурмана, так и гидрологическими характеристиками прибрежных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Буяновский А.И. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяции двусторчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. 306 с.

Дробышева С.С., Панасенко Л.Д., Петрунин И.И. Некоторые закономерности распределения морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* у Мурманского побережья Баренцева моря. Сб. Подводные методы в морских биологических исследованиях. Апатиты: КФАН СССР, 1979. С. 22-31.

Ившин В.А. Вертикальная термохалинная и плотностная структура вод Баренцева моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. 99 с.

Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского севера и Северной Атлантики. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд. ВНИРО, 2004. 300 с.

Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. М.: Изд. ВНИРО, 2003. 124 с.

Панов Д.Г., Геологическая структура Баренцева моря в связи с морфологией его берегов. // Уч. записки МГУ, 1941 Вып. 48. Москва. С. 75-112.

Протт М.В. Экология прибрежных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. По материалам водолазных гидробиологических работ. Л.: Изд-во «Наука», 1971. 128 с.

Ржавский А.В., Бритаев Т.А., Павлова Л.В., Кузьмин С.А. О распределении некоторых видов макрозообентоса в губе Дальнозеленецкая (Баренцево море) после вселения камчатского краба. Сб. Роль климата и промысла в изменении структуры зообентоса шельфа (камчатский краб, северная креветка и др.) (г. Мурманск, 19-21 марта 2003 г.). Мурманск: Изд-во ММБИ КНЦ РАН, 2003. С. 81-85.

Сенников А.М., Матюшкин В.Б. Состояние запасов морского ежа в прибрежье Мурмана и перспективы их промыслового освоения // Материалы отчетной сессии по итогам НИР ИШРО в 1993 г. ПИНРО. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1994. С. 199-209.

Сенников А.М., Матюшкин В.Б. Морской еж – перспективный объект добычи у Мурманского побережья // Рыбное хозяйство. 1996. Вып. 3-4, С. 14-20.

Сенников А.М., Матюшкин В.Б. Состояние запасов морского ежа в прибрежье Мурмана и перспективы их промыслового освоения // Нетрадиционные объекты морского промысла и перспективы их использования: тез. докл. науч.-технич. конф. (Мурманск, 17-18 апр. 1997). Мурманск, 1997. С. 136-138.

Смуров А.В., Полищук Л.В. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статистический и динамический аспекты. М.: Изд-во МГУ, 1989. 208 с.

FEATURES OF DISTRIBUTION OF THE SEA URCHINS OF *STRONGYLOCENTROTUS DROEBACHIENSIS* IN THE COASTAL MURMAN (BARENTS SEA)

© 2012 y. A.V. Shatsky

*Polar Research Institute of Marine
Fisheries and Oceanography, Murmansk*

The green sea urchin size distribution at the colonies of the coastal Murman was studied. On the rock grounds, the portion of large specimens (with the shell diameter of over 50 mm) was greater. The aggregations of *S. droebachiensis* with maximal density were observed in the upper layers of sublittoral, at 5 m depth, at the coasts of the Western Murman and, at 15 and 20 m depths, at the coast of the Eastern Murman. The largest aggregations at colonies were registered in 5m layer, at the coastal area of the Eastern Murman.

Key words: green sea urchin, coastal Murman, distribution.