



На правах рукописи  
УДК 593.95-15(268.45)

*АВШ*

**ШАЦКИЙ  
АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ**

**МОРСКИЕ ЕЖИ РОДА *STRONGYLOCENTROTUS* МУРМАНСКОГО  
ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: БИОЛОГИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ,  
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА**

Специальность 03.02.10 – Гидробиология

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

**3 МАЙ 2012**

Москва – 2012

Работа выполнена в ФГУП «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии» им. Н.М. Книповича (ФГУП «ПИНРО»)

- Научный руководитель: доктор биологических наук  
Буяновский Алексей Ильич  
ФГУП «ВНИРО»
- Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
Нейман Анита Алексеевна  
ФГУП «ВНИРО»
- кандидат биологических наук  
Ржавский Александр Владимирович  
ФНБУ ИПЭЭ РАН
- Ведущая организация: Мурманский Морской Биологический  
институт Кольского научного центра РАН

Защита состоится « 18 » мая 2012 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 307.004.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «ВНИРО») по адресу: 107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, д.17.

Факс (095) 264-91-87, электронный адрес: [sedova@vniro.ru](mailto:sedova@vniro.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО.

Автореферат разослан « 18 » апреля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



М.А. Седова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Морские ежи рода *Strongylocentrotus* (тип *Echinodermata* классу *Echinoidea*) в Баренцевом море представлены двумя видами: зеленый морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller, 1776) и палевый морской еж *S. pallidus* (Sars, 1871). Оба вида широко распространены в высокобореальных водах Северной Атлантики и Северной Пацифики (Бажин, 1995). Характер распределения и плотность поселений *S. droebachiensis* тесно связаны с распространением ламинариевых зарослей. Наиболее плотные скопления крупных особей зеленого морского ежа наблюдаются на границе выедания водорослей (Meidel, Schebling, 1998 и др.). С 2008 по 2011 гг. ежегодный вылов зеленого морского ежа в российской части Баренцева моря вырос с 0,2 до 6,98 т. Перспективы дальнейшего увеличения объемов промысла диктуют необходимость более тщательного изучения биологии морских ежей, особенностей их распределения и оценки запасов.

Несмотря на то, что зеленый морской еж является одним из наиболее изученных гидробионтов побережья Мурмана (Дьяконов, 1926; Гурьянова и др., 1930; Пропп, 1971; 1977; Холодов, 1978а,б; 1981; Дробышева и др., 1979; Зензеров и др., 1988; Сенников, Матюшкин, 1994; 1996; Оганесян, Филина, 1995; Оганесян, 1995, 1997; Оганесян, Сенников, 1996; Серебров, Тарасова, 1998; Воробьева и др., 2003, Воробьева и др., 2004; Воробьева, Двинин, 2005; Ржавский, Бритаев, 2005; Бисерова, 2006; Буяновский, Ржавский, 2007; Altov et al., 2005), для организации научно обоснованного промысла этих данных недостаточно. Рекогносцировочные работы по распределению и оценке запасов выполнены на небольших участках. Исследования размножения и питания морских ежей проводились не регулярно. Минимальный промысловый размер не обоснован. В связи с возросшей встречаемостью совместных поселений зеленого и палевого морского ежа возникла необходимость в более тщательном изучении биологии *S. pallidus*.

Еще одна проблема связана с несовпадением сроков достижения гонадами зеленого морского ежа наилучшего качества и наиболее благоприятных

условий для промысла. Так, наивысший гонадо-соматический индекс (ГСИ) наблюдается у морских ежей в осенне-зимний период, когда в Баренцевом море резко возрастает число штормовых дней и устанавливается полярная ночь. В этих условиях альтернативой промыслу может быть вылов морских ежей в весенне-летний период с последующими передержкой в садках и искусственным кормлением до тех пор, пока гонады достигнут оптимальной кондиции.

**Цель и задачи.** Целью данной работы является разработка биологического обоснования возможности промысла морских ежей *S. droebachiensis* и *S. pallidus* в прибрежной зоне Баренцева моря.

В связи с этим решались следующие задачи:

1. Выявление особенностей нереста младших размерно-возрастных групп и биологическое обоснование минимального промыслового размера зеленого морского ежа.
2. Установление закономерностей сезонных изменений физиологического состояния зеленого и палевого морских ежей;
3. Выявление закономерностей пространственной изменчивости численности, биомассы и размерного состава популяций зеленого и палевого морских ежей;
4. Разработка рекомендаций по рациональной эксплуатации ресурсов морских ежей в прибрежной зоне Мурмана;
5. Оценка возможности культивирования морского ежа *S. droebachiensis*.

**Научная новизна.** Впервые для всей акватории побережья Мурмана выявлены закономерности пространственной изменчивости численности, биомассы, размерного состава популяций *S. droebachiensis* и *S. pallidus*. Впервые установлен сезонный цикл изменений значений гонадно-соматического и кишечно-соматического индексов для *S. pallidus*. Обоснован минимальный промысловый размер *S. droebachiensis*.

**Практическая значимость.** Как известно, для результативного промысла требуется информационное обеспечение, которое дают содержащиеся в данной работе результаты исследований по поиску наиболее перспективных промысловых участков, определению оптимальных сроков добычи морских ежей, расчет экономической эффективности различных орудий лова. Эксперименты по подкармливанию ежей в искусственных условиях показали возможность получения высокого прироста гонад.

**Положения, выносимые на защиту.**

1) На каменисто-галечных грунтах с пологим рельефом присутствуют преимущественно мелкие особи с диаметром панциря менее 50 мм. На скальных грунтах с крутым уклоном дна значительную долю поселений морских ежей составляют крупные половозрелые особи. В закрытых и полужакрытых губах и заливах побережья Мурмана морские ежи рода *Strongylocentrotus* создают плотные скопления (более 10 экз./м<sup>2</sup>) на глубинах до 10 м. Зеленый морской еж создает агрегированные скопления на границе термоклина. Биомасса и плотность его поселений позволяют вести у берегов Мурмана в закрытых бухтах на скальных грунтах высокоэффективный промысел.

2) В последние годы отмечена экспансия палевого морского ежа в побережье Мурмана. Это можно объяснить потеплением вод, которое наблюдается с 2000-х годов.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований, обобщенные в диссертации, представлялись на международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2004» (Мурманск, 2004 г.), III международной научной конференции «Рыбохозяйственные исследования Мирового океана» (Владивосток, 2005), Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным (Мурманск, 2006), III и IV Международных научно-практических конференциях «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки» (Владивосток, 2008; Южно-Сахалинск, 2011).

**Личный вклад автора.** С 2004 г. автор принимал участие в сборе биологических материалов в полевых командировках в губе Ура, с 2008 г. ежегодных водолазных съемках, проводимых вдоль Мурманского побережья. Обработку биологических материалов и просмотр возрастных проб проводил автор. Также автором самостоятельно разработаны идеи, поставлены задачи исследований, сделаны выводы и даны практические рекомендации.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 2 работы в журналах, входящих в перечень ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы, включающего 93 работ, из 13 них на иностранных языках. Работа изложена на 123 страницах, содержит 39 рисунков, 41 таблицу и 4 приложения.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Проанализированы литературные отечественные и зарубежные материалы по биологии, распределению баренцевоморских ежей рода *Strongylocentrotus* и орудиям их лова. Дан обзор литературы посвященной проблеме выращивания морских ежей.

### **ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МУРМАНА**

На основе литературных данных проанализированы геоморфологические особенности береговой линии Мурмана. Рассмотрены условия гидрологического режима в прибрежье Мурмана. Освещены метеорологические характеристики южной части Баренцева моря.

### ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для оценки влияния температуры воды на физиологическое состояние морских ежей в период с 2007 по 2011 гг. проводились работы по изучению гидрологического режима вод Восточного рукава губы Ура Баренцева моря. Для этого использовали гидрологический термометр (ТТ) и гидрологический зонд MINI STD/CTD-SD200W.

Материал по биологическим характеристикам морских ежей собран в 2004–2011 гг. в Восточном рукаве губы Ура. Биологический анализ заключался в измерении диаметра панциря (с точностью до 1 мм), определении массы тела (с точностью до 1 г) и взвешивании гонад и кишечника вместе с содержимым (с точностью до 0,1 г). По данным измерений вычисляли гонадо-соматический индекс (ГСИ):  $ГСИ = \text{масса гонад} / \text{масса тела} * 100\%$ ; и кишечно-соматический индекс (КСИ):  $КСИ = \text{масса кишечника} / \text{масса тела} * 100\%$ . Для оценки качества гонад применялась 4-бальная шкала сортности (Карцева и др. 1993). Всего было проанализировано 3045 экз. зеленого и 421 экз. палевого морских ежей.

По интерамбулакральным пластинам панциря методом Йенсен (Jensen, 1969) был определен возраст 25 особей с диаметром панциря 22–46 мм.

Для изучения темпа роста морских ежей в 2008 г. после промера диаметра панциря 35 экз. *S. droebachiensis* диаметром 30–39 мм были отсажены в перфорированный ящик размером 60x40x20 см. С фермы «Геркулес», расположенной в губе Ура, ящики опускали на глубину около 5 м. Ежемесячно в качестве корма в ящик закладывали 1,0–1,5 кг ламинарии (*Saccharina latissima*). Через 15 месяцев выдержки гидробионты были измерены.



**Рис.1.** Схема районов работ в период водолазных съемок в прибрежье Мурмана в 2008–2011 гг. 1 – Варангер-фьорд; 2 – Мотовский залив; 3 – губа Западно-Зеленецкая–район о-ва Малый Олений; 4 – губа Долгая–губа Опасова; 5 – губа Ярнышная–район о-ва Большой Олений; 6 – губа Кекурская–губа Корабельная; 7 – губа Дроздовка–мыс Святой Нос

Для оценки плотности распределения морских ежей во время водолазных съемок летом 2008-11 гг. вдоль всего побережья Мурмана (рис. 1) собирали пробы с площади 3 м<sup>2</sup>. Отбор проб выполняли на стандартных водолазных разрезах с глубин 5, 10, 15 и 20 м (Методические рекомендации..., 2003). Всего, таким образом, было выполнено 246 разрезов, промерено 8800 экз. *S. droebachiensis* и 540 экз. *S. pallidus*.

Оценку запасов и численности производили площадным методом с помощью компьютерной программы «Картмастер 4.1». Характер распределения морских ежей оценивали с помощью индекса агрегированности Морисита (*IM*) (Смуров, Полищук, 1989).

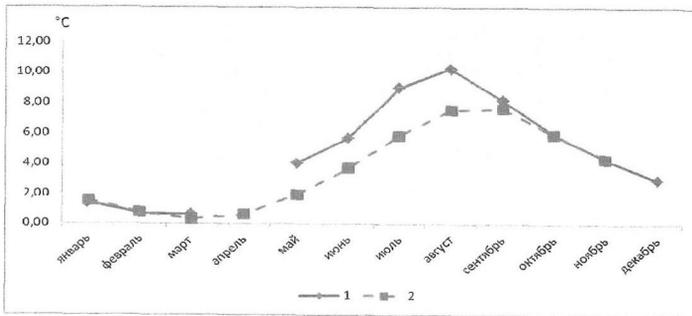
Сходство размерного состава оценивали при помощи кластерного анализа (Буяновский, 2004) в программе “Statistica”. В качестве стратегии объединения использовали метод Ворда, в качестве меры сходства – евклидово расстояние.

Опыты по культивированию зеленого морского ежа выполняли на протяжении 120 суток с 10 июля по 6 ноября 2007 г. в губе Ура. Морских ежей

размещали в перфорированные ящики размером 60x40x20 см. В качестве корма использовали два вида водорослей: ламинарию (*Saccharina latissima*) и фукусы (*Fucus vesiculosus*). Суточная норма кормления составляла 3, 5 и 10 % от массы морских ежей, помещенных в емкости. Емкости с морскими ежами помещали на дно на глубину 20 м или в толщу воды на глубину 5 м. Для оценки состояния гонад пробы из ящика отобрали 23 августа и 6 ноября. Для контроля из естественной среды отобрали пробы 5 июля, 23 августа и 15 ноября. Всего в эксперименте было проанализировано 256 экз. Для контроля было проанализировано 150 экз.

#### ГЛАВА 4. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В ВОСТОЧНОМ РУКАВЕ ГУБЫ УРА В 2007-2011 ГГ.

Данные гидрологических наблюдений, выполненных в 2007–2011 гг. в Восточном рукаве губы Ура, показали, что состояние вод соответствовало уровню теплых и аномально теплых лет. Анализ многолетней динамики температуры воды на горизонтах 0–5 м и 6–10 м показал, что с мая по август температура воды в верхних слоях была на 1–2 °С выше (рис.2).



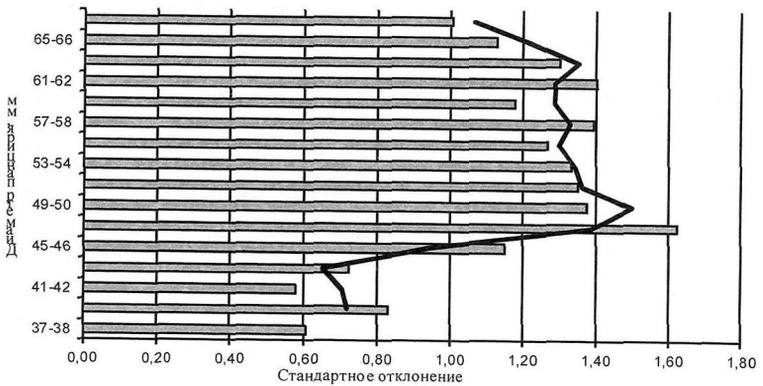
**Рис.2.** Температура воды в Восточном рукаве губы Ура 2007–2011 гг. 1 – глубина 0–5 м; 2 – 6–10 м

В мае, когда значительно увеличивается световой день, в первую очередь прогревается верхний слой воды. С сентября по март температура воды на различных горизонтах практически не отличается.

## ГЛАВА 5. БИОЛОГИЯ МОРСКИХ ЕЖЕЙ РОДА *STRONGYLOCENTROTUS* БАРЕНЦЕВА МОРЯ

### 5.1 Нерест

Для уточнения размера и возраста нерестящихся *S. droebachiensis* были построены графики сезонной изменчивости ГСИ по размерным классам; степень изменчивости оценивали с помощью стандартного отклонения. По мере увеличения размера и возраста морского ежа, межсезонные колебания значений ГСИ становились более вариабельными. Так, у особей диаметром 37–44 мм стандартное отклонение составляло менее 1%. Начиная с размерного класса 45–46 мм, оно резко увеличилось. Максимальные значения стандартного отклонения отмечены у особей диаметром панциря 47–62 мм (Рис. 3).

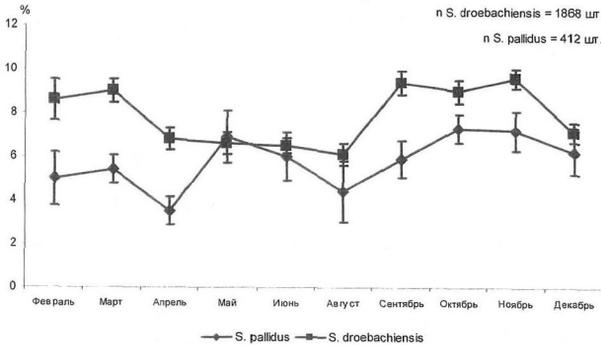


**Рис. 3.** Зависимость стандартного отклонения ГСИ от размера зеленого морского ежа. Сглаживание выполнено с помощью скользящего среднего

Малые значения стандартного отклонения у морских ежей младших возрастных групп в возрасте 4 лет свидетельствуют о том, что доля особей, совершающих вымет гамет в этом возрасте невелика. И только при диаметре панциря 45–46 мм, который в основном соответствует возрасту 5+ (см. ниже, раздел 5.2), основная масса морских ежей участвует в нересте. Таким образом, минимальный промысловый размер 50 мм является оптимальным, поскольку

при среднем темпе роста 7-8 мм/год к моменту достижения этого размера особи успевают отнереститься не менее одного раза.

Для выяснения сроков нереста морских ежей использовали динамику значений гонадного индекса. Осенью у обоих видов морских ежей начинается рост гонад. ГСИ достигает максимума в сентябре–ноябре у *S. droebachiensis* и в октябре–ноябре у *S. pallidus*, после чего идет плавное его снижение. В марте у обоих видов снова наблюдается незначительный рост гонад и в апреле – резкое снижение ГСИ. У *S. droebachiensis* до августа значения гонадного индекса находятся на низком уровне (ГСИ = 5,9–6,2) (Рис.4).

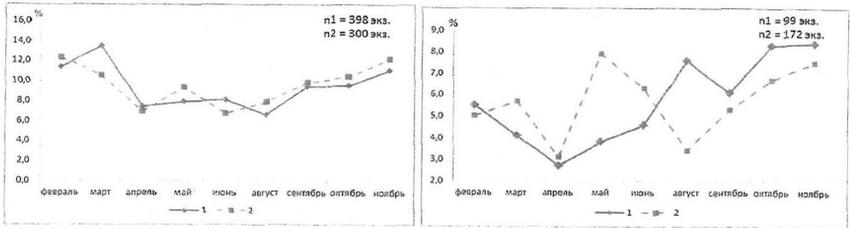


**Рис. 4.** Сезонная динамика значений ГСИ ( $\pm CL$  при  $P = 0,95$ ) *S. pallidus* и *S. droebachiensis* в Восточном рукаве губы Ура в 2004–2011 гг.

У палевого морского ежа гонадный индекс снижается в апреле, резко увеличивается в мае и вновь снижается в июне–июле. В апреле нерестится незначительное число особей, тогда как июне в нересте участвует основная масса популяции. В условиях экспансии палевого ежа на мелководье (см. ниже, главу 5) различия в сроках размножения могут являться основным препятствием гибридизации близкородственных совместно обитающих видов.

Анализ значений ГСИ зеленого морского ежа ежемесячно по горизонтам 0–5 и 6–10 м существенных различий не выявил. В отличие от зеленого, у палевого морского ежа в течение года наблюдается очень большой разброс ГСИ на глубинах 0–5 м и 6–10 м.

В мае на горизонте 6 – 10 м у палевого морского ежа отмечается резкое увеличение гонадного индекса, в то время как у особей, находящихся на глубине 0–5 м, рост значений ГСИ в этот период незначителен (рис. 5).



**Рис. 5.** Сезонная динамика значений ГСИ *S. droebachiensis* (слева) и *S. pallidus* (справа) в Восточном рукаве губы Ура в 2008–2011 гг. на глубинах: 1 – 0–5 м; 2 – 6–10 м

Быстрое повышение гонадного индекса начинается у этих ежей в июне, а в августе уже достигает максимума. У палевых морских ежей, обитающих глубже, на горизонте 6–10 м, в июне–августе наблюдается снижение значений ГСИ. С мая по август температура воды на горизонте 0–5 м на 1–2 градуса выше, чем на глубине 6–10 м. Очевидно, эта особенность температурного режима на различных глубинах оказало влияние на сроках нереста *S. pallidus*. Необходимо отметить, что в абсолютных значениях ГСИ палевого морского ежа в течение года значительно ниже гонадного индекса *S. droebachiensis*.

В целом у палевого морского ежа в течение всего года преобладают гонады наихудшей сортности Р. У зеленого морского ежа в основном гонады средней сортности С. Гонады высшей сортности (А и В) отмечены у зеленого ежа в феврале–марте и сентябре–ноябре, у палевого – в мае и октябре.

## 5.2. Рост

Результаты определения возраста и сравнение его с размером показали, что с увеличением возраста ежегодный прирост диаметра панциря морских ежей в возрасте от 3 до 5 лет уменьшается примерно на 1 мм (табл. 1).

**Таблица 1.** Средний диаметр панциря *S. droebachiensis* разного возраста

Возраст, лет	3+	4+	5+
Ср. диаметр панциря, мм	30,4	38,1	44,8

При проведении эксперимента по исследованию темпа роста зеленого морского ежа за 15 месяцев с конца июля 2008 г. по конец октября 2009 г. прирост составил в среднем 8,5 мм: при посадке в садок средний диаметр панциря составил 33,0 мм, по окончании эксперимента – 41,5 мм.

### 5.3 Питание

Морские ежи рода *Strongylocentrotus* – эврифаги, добывающие пищу соскабливанием. Активность потребления пищи у морских ежей колеблется в зависимости от сезона. В течение года у обоих видов отмечено 2 пика кишечно-соматического индекса: в августе и ноябре – у зеленого морского ежа, и в мае и октябре – у палевого.

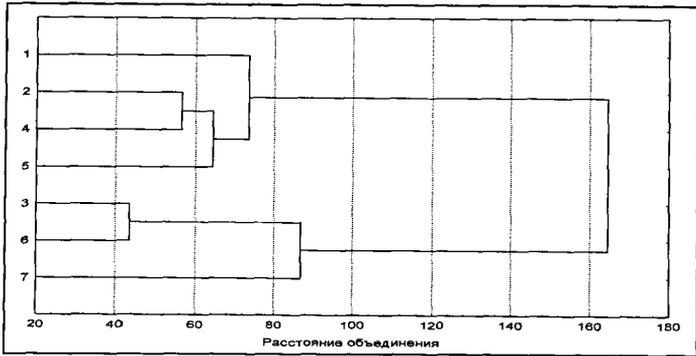
У зеленого морского ежа максимум значений КСИ приходится на август, когда ГСИ находится на самом низком уровне. Затем, после незначительного роста осенью, КСИ, так же как и ГСИ, снижается. Падение пищевой активности зеленого морского ежа в Баренцевом море может быть связано с наступлением полярной ночи (Левин, Коробков, 2003), а падение гонадного индекса – с началом развития половых клеток (Оганесян 1995; 1997).

У палевого морского ежа минимальные значения КСИ отмечены в марте и ноябре, когда активно идут процессы созревания гонад и нереста, а максимальные значения приходятся на май, в преднерестовый пик (см. рис. 4), и на октябрь, в агаметогенный период. Таким образом, у палевого морского ежа в отличие от зеленого ГСИ и КСИ меняются синхронно.

## ГЛАВА 6. РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ *S. DROEBACHIENSIS* И *S. PALLIDUS* У МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

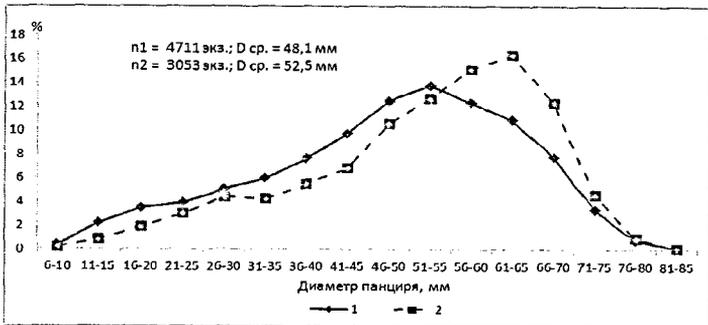
### 6.1. Размерный состав и распределение *S. droebachiensis*

Анализ сходства размерного состава (рис. 5) позволил отчетливо выделить 2 группы участков распределение морских ежей: 1) побережье Западного Мурмана и участок Баренцева моря от губы Долгая до о-ва Большой Олений; 2) участок побережья от губы Кекурская до мыса Святой Нос и от губы Западно-Зеленецкая до о-ва Малый Олений (Рис. 6).



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

Участки первой группы характеризовались более высокой долей крупных особей диаметром 61-70 мм, в то время как участки второй группы – более высокой долей мелких особей диаметром 11-50 мм (рис. 7).



**Рис. 7.** Размерный состав у Мурманского побережья *S. droebachiensis* в 2009–2011 гг. 1 – Варангер-фьорд + Мотовский залив + губа Долгая–губа Опасова + губа Ярнышная– район о-ва Большой Олений; 2 – губа Западно-Зеленецкая– район о-ва Малый Олений + губа Кекурская–губа Корабельная + губа Дроздовка–мыс Святой Нос

Наблюдаемые отличия можно объяснить двумя причинами. Первая причина связана с геоморфологией и гидрологией районов сбора проб. Так, на

участках 1, 2, 4 и 5, ввиду сильной изрезанности береговой линии, пробы собирали преимущественно в губах и заливах, защищенных от прибоя. На восточном побережье, где береговая линия менее изрезана, пробы собирали в основном на открытых участках. Вторая причина связана с типом грунта. Для побережья Западного Мурмана и центральной части Мурманского побережья характерны валунно-галечные грунты, в то время как у восточной части побережья Мурмана преобладает скальное основание. Поскольку среди валунов, небольших камней и гальки мелким особям морских ежей легче находить убежища (Ржавский и др., 2004), их преобладание в западных и центральных районах вполне объяснимо. На восточном побережье Мурмана мелкие ежи, вероятно, обитают глубже 20 м, доминирующий скальный грунт занят преимущественно крупными особями промыслового размера, доля которых составляет около 70 %.

Исключение составляет район губы Западно-Зеленецкая–о-ва Малый Олений. Он расположен вблизи Западного Мурмана. Береговая линия его достаточно сильно изрезана, а донный субстрат представлен грунтами всех типов. Тем не менее, по размерному составу зеленого морского ежа эти районы ближе к восточным (губы Дроздовка–мыс Святой Нос), чем к западным. Более того, сходство отмечено не только для размерного состава, но и для плотности и степени агрегированности. В данном случае решающую роль может играть гидрологический режим. 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. Вероятно, зеленый морской еж чувствителен к перепадам температуры, поэтому в этих районах в летний период он концентрируется на 5-метровой глубине, где достаточно равномерно распределяется. По направлению на восток Мурманского побережья склон дна становится все более пологим. За счет этого вода прогревается более равномерно, термоклин смещается на глубину и градиент его становится меньше (Ившин, 2004). Таким образом, в летний период в районе губы Дроздовка–мыса Святой Нос

наблюдается однородность температурного режима на глубине 0–20 м. Кроме радиационного прогрева, перемешиванию водных масс способствуют приливно-отливные течения, которые усиливаются в этом районе близостью Воронки Белого моря. Вероятно, такую же роль для района губы Западно-Зеленецкая–о-ва Малый Олений выполняет Кольский залив. Из-за больших размеров Кольского залива в районе о-ва Кильдин в период приливно-отливных течений происходит активное перемешивание водных масс. В результате складывается гидрологический режим, похожий на таковой в районе губы Дроздовка–мыса Святой Нос, что оказывает влияние на характер распределения и степень агрегированности *S. droebachiensis*.

### 6.2 Размерный состав и распределение *Strongylocentrotus pallidus*

Традиционно палевый морской еж считается более глубоководным, чем *S. droebachiensis* (Бажин, 1995; Анисимова, 1998; Vasseur, 1952; Bluhm et al., 1998). Как показали проведенные исследования, в прибрежье Мурмана *S. pallidus* встречается и на мелководье до 20 м.

В центральном и восточном районах прибрежья Мурмана в размерном составе поселений доля крупных особей палевого морского ежа, как и зеленого, была выше. Основные скопления отмечены на глубинах 15 и 20 м. В западных районах прибрежья Мурмана на глубинах 5 и 10 м плотность на 30–40 % выше, чем на остальном прибрежье, при этом в поселениях значительную часть составляют мелкие особи диаметром менее 50 мм.

В целом распределение палевого морского ежа по грунтам и глубинам сходно с распределением зеленого морского ежа. Основное различие заключается в степени агрегированности. Так, у зеленого морского ежа на востоке Мурманского прибрежья на глубине 5 м отмечена высокая степень агрегации, в то время как распределение палевого морского ежа в этом районе на всех глубинах близко к равномерному. У Западного Мурмана агрегированное распределение палевого морского ежа отмечено на глубине 20 м и слабо агрегированное – на глубине 5 м; у зеленого морского ежа агрегированное распределение отмечено на глубинах 15 и 20 м. Вероятно,

агрегированность распределения палевого морского ежа у берегов Западного Мурмана связана со сложностью рельефа дна, характеризующегося резкими сменами типов грунта и перепадами глубин. В восточной части Мурманского побережья доминирует скальное основание с пологим уклоном дна, которое и обусловило равномерное распределение. На агрегированность распределения зеленого морского ежа дополнительное влияние может оказывать фактор плотности, которая существенно выше плотности палевого морского ежа (см. ниже, главу 7).

## ГЛАВА 7. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА И КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *S. DROEBACHIENSIS*

### 7.1. Биомасса и численность морских ежей рода *Strongylocentrotus* у побережья Мурмана

Зеленый морской еж. Общий запас *S. droebachiensis* в 2008 г. составил 2,9 тыс.т, промысловый – 1,8 тыс.т. Оценку запасов *S. pallidus* не проводили.

Исследования, проведенные в 2009–2011 гг., охватили более обширную площадь по сравнению со съемкой в 2008 гг. Наиболее высокие значения плотности и запаса *S. droebachiensis* были отмечены в 2010 г. (табл.2).

**Таблица 2.** Биомасса и численность *S. droebachiensis* у побережья Мурмана в 2009–2011 гг.

Год	Площадь, км <sup>2</sup>	Средняя биомасса, г/м <sup>2</sup>	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	Общий запас, тыс.т	Численность, млн. экз.
2009	244,2	205,7	3,2	50,221	777,6
2010	232,7	347,6	5,2	80,910	1201,5
2011	229,5	317,4	4,7	72,870	1088,7

В 2009 г. общий запас зеленого морского ежа был примерно на 40 % меньше, чем в 2010–2011 гг. При этом количество разрезов по районам их расположение в различные годы было приблизительно одинаковым (табл. 3; см. рис. 1). Сроки проведения съемок были сходны: июль–начало августа. Также не отмечено значительных различий в гидрологическом режиме: во все 3 года по

всей исследованной акватории придонная температура воды превышала среднемноголетнюю на 1,5–2°C. Возможно, в 2009 г. запас был рассредоточен в более широком диапазоне глубин, и значительная часть его, в силу батиметрических ограничений водолазных работ (до 20 м), оказалась неучтенной.

**Таблица 3.** Количество разрезов, выполненных у побережья Мурмана по районам в 2009–2011 гг.

Год	Варангер-фьорд	Мотовский залив–губа Териберская	губа Ярнышная–мыс Святой Нос
2009	9	20	15
2010	12	22	15
2011	11	20	14

Доля промысловых особей зеленого морского ежа в исследуемый период сильно не менялась и находилась в диапазоне 55–58%.

**Палевый морской еж.** Оценка численности и биомассы *S. pallidus* у побережья Мурмана впервые была проведена в 2009 г. (табл.4).

**Таблица 4.** Биомасса и численность *S. pallidus* у побережья Мурмана в 2009–2011 гг.

Год	Площадь, км <sup>2</sup>	Средняя биомасса, г/м <sup>2</sup>	Средняя плотность, экз./м <sup>2</sup>	Запас, тыс.т	Численность, млн. экз.
2009	72,8	13,5	0,2	0,98	14,2
2010	171,5	19,5	0,3	3,3	43,7
2011	261,2	7,3	0,2	1,9	41,4

В течение 2009-2011 гг. отчетливо наблюдалась экспансия палевого морского ежа на мелководье. Площадь поселений росла; увеличивалась встречаемость палевого морского ежа на разрезах; увеличивалась доля молодых особей (непромыслового размера).

В целом, несмотря на экспансию, плотность поселения и запасы *S. pallidus* в прибрежной зоне Мурмана оставались значительно ниже, чем *S. droebachiensis*. Наряду с низким качеством гонад, это свидетельствует о низком промысловом значении *S. pallidus*.

## 7.2. Районирование промысла и экономическая эффективность различных орудий лова

**Водолазный способ промысла.** Несмотря на то, что зеленый морской еж встречается у берегов Мурмана повсеместно, массовые скопления он создает только на локальных участках.

На основе проведенных водолазных съемок были выделены наиболее перспективные для добычи промысловые участки. Критерием их выделения являлись:

- плотность поселения промысловых особей (диаметр панциря 50 мм и более) в скоплениях на глубинах до 20 м в среднем не менее 10 экз./м<sup>2</sup>;
- расположение участков не далее 30 миль от портопунктов.

Таким образом, было выделено 4 района, рекомендуемых для промысла (табл. 5).

**Таблица 5.** Промысловые характеристики районов, рекомендуемых для промысла *S. droebachiensis* водолазным способом

Район	Кол-во участков	Площадь участка, км <sup>2</sup>	Ср. плотность, экз./м <sup>2</sup>
Варангер-фьорд с портопунктом Линнахамари	6	14,4	15,9
Мотовский залив с портопунктами Ура-губа или Титовка	4	16,3	14,8
Губа Териберка–о-в Малый Олений с портопунктом Териберка	8	31,5	17,2
Губа Ярнышная–губа Порчниха с портопунктами Дальние Зеленцы или Порчниха	3	1,4	16,0
Итого	21	63,6	16,0

Согласно расчетам, выполненным по специальной методике (с учетом числа водолазов, их режима работы, длительности промысла, числа штормовых дней и т.п.), прибыль одной бригады промысловиков при работе на продуктивном участке за сезон может составить 1,48 млн рублей.

Другие способы лова имеют ограниченное применение. Так, ловушечный промысел морского ежа может быть рентабелен при условии, если обработку ловушек будут вести с лодки.

Лов с помощью трала-сачка (Серебров, 1998) рентабельным не будет. Чтобы выйти в положительный финансовый результат, необходимо повысить его за счет совершенствования конструкции.

### 7.3. Культивирование *S. droebachiensis*

Наблюдения за зеленым морским ежом на первом этапе опыта (10 июля – 23 августа), показали, что его жизнеспособность сохранялась вполне удовлетворительной: отход наблюдался только в ящиках, установленных на дне. Питались морские ежи в период проведения эксперимента активно, особенно охотно поедали ламинарию, которая в ящиках практически не оставалась даже в варианте опыта с 10 %-ным суточным рационом. В результате через 45 суток экспериментального кормления у ежей, потреблявших только ламинарию, наблюдалось увеличение массы гонад и величины ГСИ при плотности посадки 30 экземпляров на емкость. В данном варианте масса гонад и ГСИ увеличились практически вдвое по сравнению с исходным состоянием гонад ежей, выловленных в естественной среде обитания (контроль). В других вариантах этого опыта, особенно при повышенной плотности посадки, существенных изменений в развитии гонад за этот период не произошло.

На втором этапе опыта, продолжавшегося с 23 августа по 6 ноября 2007 г., емкости с морским ежом размещались в толще воды на глубине 5 м. У контрольной партии морских ежей, выловленных в море и проанализированных параллельно в этот же период, развитие гонад происходило почти в два раза медленнее. Средняя масса их гонад составляла 5,7 г, а ГСИ – 7,0 %, тогда как у экспериментальных ежей, которых кормили ламинарией, эти величины равнялись 10,0 г и 16,1 % соответственно. Самый высокий прирост гонад наблюдался при использовании в пищу ламинарии и суточном рационе 3% от массы (табл. 6).

**Таблица 6.** Результаты опыта по кормлению ламинарией *S. droebachiensis* с суточными рационами различной величины в июле–ноябре 2007 г., плотность посадки 30 экз.

Продол-ть опыта, сутки	Суточный рацион, %	Диаметр панциря*, мм	Масса ежей*, г	Масса гонад*, г	ГСИ, %
05.05.07 контроль	-	<u>57</u> 48-74	<u>75</u> 48-156	<u>3,1</u> 0,8-23,5	4,1
45	10	<u>57</u> 49-63	<u>80</u> 54-118	<u>7,1</u> 4,5-12,0	8,9
23.08.07 контроль	-	<u>60</u> 36-70	<u>86</u> 22-137	<u>3,4</u> 0,7-8,3	4,0
120	3	<u>56</u> 50-65	<u>62</u> 45-85	<u>10,0</u> 3,5-15,3	16,1
15.11.07 контроль	-	<u>61</u> 45-72	<u>82</u> 30-117	<u>5,7</u> 1,7-10,0	7,0

\* – над чертой – средние значения, под чертой – крайние значения

За 120 суток кормления на этом рационе масса гонад опытных ежей увеличились более чем в 3,9 раза по сравнению с исходным состоянием гонад в июле и в 2,3 раза по сравнению с массой гонад ежей, выловленных в естественной среде в ноябре. У морских ежей, питающихся фукусом напротив, масса гонад и ГСИ была даже ниже, чем у особей, обитающих в естественных условиях.

Результаты выполненного опыта показали, что при содержании и кормлении в искусственных условиях масса гонад морских ежей увеличивается значительно быстрее, чем масса гонад у особей, обитающих в естественных условиях. У опытных ежей при кормлении ламинарией значительно улучшалось и качество гонад. Таким образом, операция по передержки с подкармливанием снимает противоречие между оптимальными сроками промысла (июль-август) и временем достижения гонадами наилучших кондиций (октябрь-март).

## ВЫВОДЫ

1. Оптимальным промысловым размером зеленого морского является диаметр панциря 50 мм, достигаемый большинством особей за 6 лет.

2. Нерест палевого морского ежа происходит в мае, т.е. на месяц позже, чем нерест зеленого морского ежа. Различия в сроках препятствуют гибридизации близкородственных совместно обитающих видов. В динамике кишечно-соматического индекса выявлено 2 пика: в августе и ноябре у зеленого морского ежа, в мае и октябре у палевого морского ежа.

3. Максимальная доля промысловых особей *S. droebachiensis* отмечена в восточной части побережья Мурмана на скальных грунтах. Наиболее плотные поселения расположены на глубине около 5 м. Максимальная доля крупных особей *S. pallidus* также отмечена на восточном побережье, но наиболее плотные поселения расположены на глубине 20 м.

4. Оптимальным способом добычи *S. droebachiensis* является водолазный промысел, который следует вести в феврале-марте и сентябре-октябре вблизи портопунктов (в закрытых бухтах). *S. pallidus* не имеет промыслового значения ввиду отсутствия промысловых скоплений и низкого качества гонад в течение всего года.

5. Для получения гонад с наилучшими качествами подкармливание зеленого морского ежа в искусственных условиях надо начинать сразу после завершения нереста. Продолжительность кормления должна быть не менее 120 суток. Оптимальный корм – ламинария *Saccharina latissima*. Ежей следует держать в толще воды на глубине 5 м. Плотность посадки должна быть не более 30 экз. на ящик.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Шацкий А.В.** Обоснование минимального промыслового размера баренцевоморского морского ежа *Stongylocentrotus droebachiensis* // Рыбное хоз-во. – 2010. – № 3. – С. 55-58.

2. **Шацкий А.В.** Особенности распределения морского ежа *Stongylocentrotus droebachiensis* в прибрежье Мурмана (Баренцево море) // Вопросы рыболовства. – 2012. – Т.13, № 2 (50). – в печати.

#### В других изданиях

3. **Шацкий А.В.**, Русяев С.М., Ахтарин С.М., Толкачева В.Ф. Морской еж: опыт Дальнего Востока и перспектива освоения на Мурмане // Рыбные ресурсы. – Мурманск – 2004. – № 1(6). – С. 54-56.

4. **Шацкий А.В.**, Воробьева Н.К., Двинин М.Ю. Оценка влияния искусственных кормов на качество гонад зеленого морского ежа // Наука и образование – 2004: материалы междунар. науч.-техн. конф. (Мурманск, 7-15 апреля 2004 г.): в 6 ч. – Мурманск: МГТУ, 2004. – ч. 6 – С. 183-186.

5. **Шацкий А.В.** Некоторые особенности репродуктивной биологии морского ежа *Stongylocentrotus droebachiensis* в губе Ура // Рыбохозяйственные исследования Мирового океана: материалы III Междунар. науч. конф. (Владивосток, 19-21 мая 2005 г.): в 3 т. / Дальрыбвтуз. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2005. – Т. 1 – С. 158-160.

6. **Шацкий А.В.** Сезонные изменения репродуктивной биологии морского ежа (*Stongylocentrotus droebachiensis*) в различных биотопах // Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным, VII (Мурманск, 9-13 окт. 2006 г.): памяти Б.Г. Иванова (1937-2006): тез. докл. – М. : Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 196-198.

7. **Шацкий А.В.** О возрасте полового созревания морских ежей *Stongylocentrotus droebachiensis* в прибрежных водах Западного Мурмана // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: тез. докл. Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Владивосток, 8-10 сент. 2008 г.) / ТИНРО-Центр, ВНИРО. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. – С. 165.

8. **Шацкий А.В.**, Воробьева Н.К. Особенности генеративного роста морских ежей при кормлении разными видами водорослей в искусственных условиях // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и

продукты их переработки: тез. докл. Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Владивосток, 8-10 сент. 2008 г.) / ТИНРО-Центр, ВНИРО. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2008. – С. 229.

9. **Шацкий А.В.** Биологические характеристики баренцевоморских ежей рода *Strongylocentrotus* // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: тез. докл. Четвертой Междунар. науч.-практ. конф. (19-22 сент. 2011 года, Южно-Сахалинск, Россия). – Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2011. – С. 120-121.

10. **Шацкий А.В.,** Русяев С.М. К вопросу о целесообразности и эффективности водолазной добычи морского ежа на Мурмане // Сб. материалов IV науч.-практ. конф. «Состояние и перспективы развития рыбной промышленности Северного бассейна», 17-18 ноября 2001 г. / Мурман. гос. техн. ун-т. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. – С. 123-124.

---

Подписано в печать 17.04.12 г.

Уч.-изд. л. 1,6.

Заказ 10.

Усл. печ. л. 1,3.

Формат 60x84/16.

Тираж 120 экз.

---

Издательство ПИНРО.

183038, Мурманск, ул. Книповича, 6, ПИНРО.