



Промысловые виды и их биология

К оценке запасов морского ежа зелёного в прибрежной зоне Баренцева моря

А.В. Лабутин¹, А.В. Шацкий², А.И. Буяновский¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

² Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ») им. Л.С. Берга», наб. Макарова 26, г. Санкт-Петербург, 199053

E-mail: labutin@vniro.ru

SPIN-коды: Буяновский А.И. — 9679-0320; Лабутин А.В. — 9170-9953; Шацкий А.В. — 5532-5935

Цель работы: оценить состояния запасов морского ежа зелёного (*Strongylocentrotus droebachiensis*) на отдельных участках прибрежной зоны Баренцева моря.

Используемые методы: стандартные методики сбора гидробиологического материала с использованием водолазного снаряжения и методики расчёта численности и биомассы гидробионтов.

Новизна: данные, полученные в ходе исследований, позволят обновить информацию о состоянии запасов морского ежа на побережье Западного и Восточного Мурмана.

Результаты: определены общий и промысловый запасы морского ежа на площади 2812 тыс. м². Общий запас морских ежей составил 3,58 тыс. т, промысловый — 2,17 тыс. т. Общая плотность ежей, на исследованной акватории, составила 32 экз./м², промысловая — 10,3 экз./м². Выявлены наиболее перспективные районы для ведения промысла.

Практическая значимость: благодаря использованию результатов исследования, присовокупив их к материалам из других источников, появится возможность более точного прогнозирования объёмов и сроков ведения промысла. Добывающие компании получают более полную информацию о перспективных районах промысла и возможных объёмах вылова.

Ключевые слова: прибрежная зона Баренцева моря, морской ёж зелёный (*Strongylocentrotus droebachiensis*), распределение, промысловый запас, районы промысла морских ежей.

To the assessment of green sea urchin stocks in the coastal zone of the Barents Sea

Alexei V. Labutin¹, Andrey V. Shatsky², Alexei I. Buyanovsky¹

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

² St. Petersburg branch of «VNIRO» («L.S. Berg «GosNIORKh»), 26, emb. Makarova, St. Petersburg, 199053, Russia

The purpose of the work is to assessment the state of stocks of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in the coastal zone of the Barents Sea.

Methods used — to achieve the set goal, standard methods for collecting hydrobiological material and calculating the abundance and biomass of hydrobionts were used.

Novelty — the data obtained as a result of the research made it possible to update information on the state of the green sea urchin stocks on the coasts of Western and Eastern Murman.

Results — the total and commercial reserves of sea urchin were determined on an area of 2812 thousand m². The total stock of sea urchins was 3.58 thousand tons, the commercial one — 2.17 thousand tons. The total density of urchins in the studied water area was 32 specimens/m², the commercial one — 10.3 specimens/m². The most promising areas for fishing have been identified.

Practical significance — thanks to the use of the research results, adding them to materials from other sources, it will be possible to more accurately predict the volumes and timing of fishing. Mining companies will receive more complete information about promising fishing areas and possible catch volumes.

Keywords: coastal zone of the Barents Sea, green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*, distribution, commercial stock, sea urchin fishing areas.

ВВЕДЕНИЕ

Гонады («икра») морских ежей — ценный продукт на мировом рынке. Добывающие компании, ввиду возрастающего спроса на данный вид продукции, вынуждены искать и осваивать новые районы промысла. Одним из таких районов является прибрежная часть Баренцева моря, где потенциально промыс-

ловые виды представлены зелёным морским ежом *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller, 1776) и палевым морским ежом *S. pallidus* (Sars, 1872). Видовой статус последнего был подтвержден сравнительно недавно [Бажин, 1995; Шацкий, 2012; Бажин, Степанов, 2012].

Попытки организации промысла морского ежа в Баренцевом море предпринимали ещё в начале

90-х гг. прошлого столетия. Но ввиду того, что основной потребитель данного вида продукции — Япония находится на значительном удалении от районов промысла, а спрос на отечественном рынке не велик, добыча была прекращена.

С конца 2000-х гг. интерес промышленников к добыче зелёных морских ежей Баренцева моря снова начал расти. Этому способствовало появление спроса на внутреннем и международном рынках, более отлаженные и продуманные способы хранения и транспортировки добытых ежей и переработанной продукции. Так, если в 2013–2015 гг. ежегодный вылов не превышал 0,5 т, то в 2017–2020 гг. он варьировал от 230 до 435 т [Баканев и др., 2022].

Работы по оценке запасов и особенностей распределения зелёного морского ежа в прибрежной части Баренцева моря были проведены рядом исследователей ещё в 1970-х гг. [Пропп, 1971; Дробышева и др., 1979]. В последующие годы были продолжены исследования по изучению перспективных районов промысла [Сенников, Матюшкин, 1997; Переладов, 2005]. Впоследствии оценки выполнялись по данным учётных съёмок, из которых наиболее масштабная была сделана в 2011 г. Эти данные дают представления о запасе в целом, без учёта размеров участков с повышенной плотностью. Поскольку только на этих участках добыча может быть рентабельной, то целью данной работы стало их выявление, оконтуривание и оценка промыслового запаса, населяющего их морского ежа.

Физико-географические характеристики района исследований

Побережья Западного и Восточного Мурмана отличаются по своей структуре. Западный Мурман представляет собой типичный район фиордового типа, образованный в результате деформации горных пород. Для него характерно образование трещин, разрывов и разломов различной протяжённости и глубины с её резким понижением от 0 до 300 метров.

Восточный Мурман по своим геоморфологическим признакам является абразионным типом побережья. Для данного типа характерно вылаживание берегового склона, с постепенным понижением глубины морского дна от 0 до 100 метров [Левин, Коробков, 1998; Шацкий, 2012].

Из-за влияния тёплого Мурманского прибрежного течения температура воды на Западном Мурмане заметно выше, чем на Восточном Мурмане. Однако сезонные изменения температуры воды, в этих районах, сходны по своему характеру. В зимне-весенний период температура находится в пределах от –1 до

+3,5 °С, происходит интенсивное вертикальное перемешивание воды — гомотермия. С мая по ноябрь наблюдается эффект кататермии — закачка тёплой воды на глубину. Максимальная температура, зафиксированная в летний период, по опубликованным данным [Пропп, 1971] составляет для Западного Мурмана 15–16 °С. По нашим наблюдениям в июле 2018 г. температура поверхности воды в районе п-ова Немецкий (Варангер фиорд) составила 18,04 °С.¹ На Восточном Мурмане летняя температура поверхности воды холоднее и находится в пределах 12–13 °С. Нашими исследованиями были охвачены глубины от 0 до 9-ти метров включительно. Учитывая сезон проведения работ, интенсивного перемешивания водных масс ещё не происходило, и разница между поверхностной температурой и температурой на 9-ти метрах практически отсутствовала. Поэтому мы посчитали необходимым привести данные по температуре поверхности моря для лучшего понимания условий обитания морских ежей.

Солёность прибрежных вод несколько ниже открытой части моря, составляя, в среднем, 33,2–33,6‰. В весенний период она понижается до 28–30‰ за счёт увеличения сезонного берегового стока. Глубина опреснённого слоя в этот период не превышает 2–3 метров.

Бореальная фауна и флора у берегов Мурмана богаче и разнообразней, чем в открытой части Баренцева моря, населённой преимущественно арктическими видами [Зенкевич, 1963].

Соответственно и условия развития морских ежей на Восточном и Западном Мурмане пусть не значительно, но отличаются. Так, массовый нерест на западе происходит в апреле-мае, а на востоке в мае-июне.

Всё вышесказанное необходимо учитывать при планировании организации промысла морских ежей в прибрежной зоне Баренцева моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работы проводили с 11 по 19 июля 2018 года. За указанное время было выполнено 22 разреза на 5 полигонах по стандартной методике водолазного учёта [Блинова и др., 2005]. Карта расположения полигонов и таблица координат и площадей полигонов представлены ниже (рис. 1, табл. 1). Выбор полигонов был выполнен по данным предшествующих учётных съёмок [Шацкий, 2012], которые позволили обнаружить участки с высокой плотностью особей промыслового размера (диаметр панциря 50 мм и более).

¹ Измерения производили с применением стационарных датчиков Termochron и водолазных компьютеров с точностью до 0,01 °С.



Рис. 1. Карта-схема полигонов, где проводили оценку запасов морского ежа зелёного: 1 – Варангер-фьорд; 2 – Ура-губа; 3 – Териберка; 4 – губы Ярнышная и Дальне-Зеленецкая; 5 – о. Большой Олений и губа Порчниха

Fig. 1. Schematic map of the polygons where the stocks of the green sea urchin were assessed. 1 – Varangerfjord; 2 – Ura-lip; 3 – Teriberka; 4 – bays Yarnyshnaya and Dalne-Zelenetskaya; 5 – about. Big Oleniy and Porchnikha's lip

Таблица 1. Полигоны для оценки запасов морского ежа зелёного

Table 1. Polygons for stock assessment of green sea urchin

№	Название полигона	Разрез	Границы по долготе E	S, тыс. м ²
1	Варангер-фьорд	6	31°15' – 31°40'	1334
2	Губа Ура	5	33°05' – 33°14'	256
3	Губа Териберская	3	35°05' – 36°18'	340
4	Губы Ярнышная и Дальне-Зеленецкая	5	35°55' – 36°05'	419
5	о. Большой Олений и губа Порчниха	3	36°18' – 36°25'	463
ВСЕГО				2812

Сбор материала осуществляли с пластиково-резиновой лодки, оснащённой подвесным мотором.

Плотность скоплений оценивали как количество экземпляров, собранных с 1 м² на станциях с глубинами 3, 6 и 9 м. На каждом из указанных горизонтов брали по 3 пробы рамкой площадью 0,25 м². Пробы, собранные с каждой глубины, складывали вместе в одну водолазную питомзку и далее их обрабатывали как одну пробу. На разрезах регистрировали рельеф дна, тип грунта, распространение поясов растительности и их проективное покрытие. Помимо сбора, водолаз на отдельных участках выполнял видеорегистрацию с помощью камеры GoProHero 2.

Координаты начальной (береговой) точки разреза регистрировали с помощью портативного GPS-навигатора GARMIN-ETREX-H.

Оценка численности и биомассы выполнена площадным методом. Площадь определяли как произведение длины береговой полосы, где обитают морские ежи, и её ширины под водой, которая обычно не превышала 6 м. Провели сравнение типов побережья, при которых встречались морские ежи. Для этого фотографировали участок берега, который располагался над участком дна, где они были обнаружены. Как правило, такое побережье представляло собой скалы или валунные осыпи (рис. 2). Данный тип побережья может выступать в качестве одного из индикаторов потенциально возможного места скопления морских ежей. На участках, расположенных под песчаными и галечными пляжами, ежи отсутствовали. Чтобы измерить длину этих типов побережий регистрировали координаты их границ, а затем наносили их на карту («Google-Планета Земля») и с помощью встроенных опций измеряли длину береговой линии между крайними точками.

Для расчёта площадей использовали ГИС «Карт-Мастер» v. 4.1 [Бизиков и др., 2013].

Для оценки запаса среднюю плотность или биомассу со всех разрезов, относящихся к определённому полигону, умножали на его площадь (табл. 1). Если ёж отсутствовал на какой-то глубине, а на других глубинах этого же разреза присутствовал, то нулевое значение использовали для расчёта средней плотности и биомассы на данном разрезе. Если ёж полностью отсутствовал на каком-то разрезе, то эти данные не использовали в оценке, а участки, прилегающие к этому разрезу, исключали из площади полигона.



Рис. 2. Типичные участки берега, под которыми на дне обитают морские ежи
Fig. 2. Typical areas of the coast, under which sea urchins live at the bottom

При выводе итогового запаса использовали средневзвешенные оценки, которые учитывают площадь каждого полигона [Аксютин, 1968]. Все оценки приводятся с 90%-ном доверительным интервалом.

Биологические анализы выполняли по стандартным методикам. У каждой особи измеряли диаметр панциря штангенциркулем с точностью до 1 мм. После этого ежа взвешивали на электронных весах Sititek mod.C03, с точностью до 0,1 г. Взвешивание производили через 2–3 часа после подъема улова на борт.

Промысловыми считали особей, диаметр которых был равен либо превышал 50 мм.

Для оценки характера распределения, так же, как и в аналогичных исследованиях [Буяновский, Ржавский, 2007], использовали индексы [см. Смуров, Полищук, 1989]:

1) агрегированности Морисита:

$$IM = \frac{\sigma^2 - \bar{N}}{\bar{N}^2} + 1, \quad (1)$$

где \bar{N} – средняя промысловая плотность (экз./м²); σ^2 – дисперсия плотности;

2) средней плотности в скоплениях Ллойда:

$$m^* = \frac{\sigma^2 + \bar{N}^2}{\bar{N}} - 1, \quad (2)$$

3) относительной площади скоплений:

$$K = 1 - \frac{\bar{N}}{m^*}. \quad (3)$$

При значении индекса Морисита (IM), близкому к 1, распределение слабо агрегировано, приближается к случайному; при $IM \gg 1$ агрегированность высокая, и значительная часть гидробионтов находится в скоплениях (пятнах). Скоплением следует считать участок,

где плотность выше средней. Скопления характеризуются средней (по данным из всех скоплений) плотностью поселения m^* , и долей площади K , которую они занимают по отношению ко всей обследованной площади (подробнее о влиянии значений m^* и K на плотность и площадь скоплений см.: Смуров, Полищук, 1989).

Для математических расчётов и построения графиков использовали программы MS[®] Office Excel 2010, STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Общие оценки. В период проведения съёмки отмечены 3 вида морских ежей (рис. 3): зелёный, палевый и эхинус (*Echinus esculentus* (L., 1758)). Два последних вида встречались штучно, и основу промыслового запаса составил зелёный морской ёж. Эхинус отмечен в районах 1–2, палевый морской ёж – в районах 1, 2, 4. Его максимальная плотность, зарегистрированная в районе 4, составила 1,3 экз./м².

Диаметр самого крупного экземпляра эхинуса составил 121 мм при массе 602 г. Палевый морской ёж обнаружен в районах 1, 2, 4. Его наиболее крупный экземпляр имел диаметр 65 мм при массе 103 г.

Для зелёного морского ежа соотношение между диаметром и массой хорошо описывалось формулой степенной зависимости (рис. 4). Наиболее крупный экземпляр диаметром 76 мм и массой 179 г обнаружен в районе 5 на глубине 6 м.

Средняя плотность зелёного морского ежа по всем обследованным участкам составила 32 экз./м², средняя промысловая плотность промысловая (\bar{N} , см. выше) – 10,3 экз./м² (табл. 2). В 2009–2011 гг., когда обследовали значительно большие площади, промысловая плотность (от года к году) варьировала от 2,6 до 4,6 экз./м² [Шацкий, 2012].

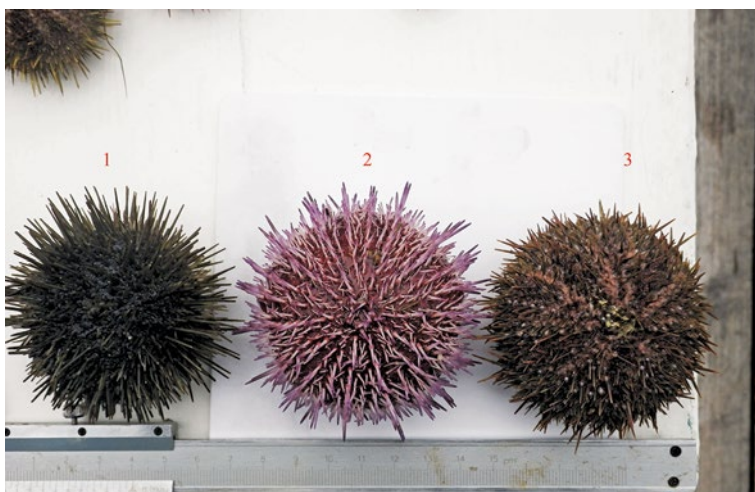


Рис. 3. Морские ежи из районов учётной съёмки: 1 – зелёный, 2 – эхинус, 3 – палевый
 Fig. 3. Sea urchins from areas of registration survey: 1 – green, 2 – common, 3 – pale

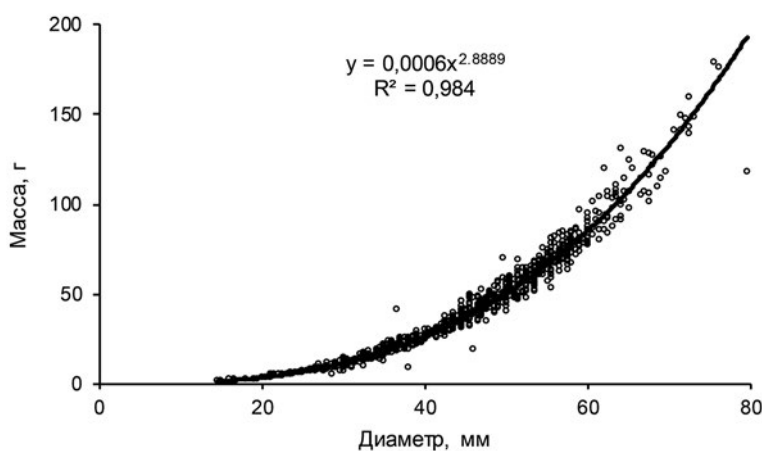


Рис. 4. Зависимость между диаметром панциря и массой тела зелёного морского ежа по данным из районов 1–2, 4–5
 Fig. 4. Relationship between shell diameter and body weight of green sea urchin according to data from regions 1–2, 4–5

Потенциальная площадь Кольского побережья, на которой может обитать морской ёж (рассчитанная по карте, предустановленной в ГИС «Картмастер»), составляет 400 км². Обследованная площадь (табл. 1), таким образом, составила около 0,7%. На ней выяв-

лены наиболее плотные скопления зелёного морского ежа.

Промыслово-биологические характеристики поселений зелёного морского ежа на отдельных полигонах представлены в табл. 2.

Таблица 2. Промыслово-биологическая характеристика поселений зелёного морского ежа на исследованных полигонах
 Table 2. Fishing and biological characteristics of green sea urchin settlements at the studied sites

Индекс	№ полигона (см. табл. 1)					В целом
	1	2	3	4	5	
Общая плотность, экз./м ²	30 ± 9	24 ± 3	17 ± 15	41 ± 7	52 ± 30	32 ± 2
Промысловая плотность	8 ± 3	7 ± 3	6 ± 6	14 ± 7	23 ± 12	10,3 ± 1,4
Удельная биомасса общая, кг/м ²	1,1 ± 0,4	0,9 ± 0,3	0,7 ± 0,6	1,7 ± 0,8	2,5 ± 1,4	1,3 ± 0,5
Удельная биомасса промысловая, кг/м ²	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,5	1,1 ± 0,5	1,8 ± 1,0	0,8 ± 0,4
Общий запас, тыс. т	1,48 ± 0,47	0,22 ± 0,08	0,32 ± 0,28	0,71 ± 0,33	0,85 ± 0,46	3,58 ± 1,33

Индекс	№ полигона (см. табл. 1)					В целом
	1	2	3	4	5	
Промысловый запас, тыс. т	0,75 ± 0,27	0,14 ± 0,05	0,23 ± 0,21	0,45 ± 0,23	0,60 ± 0,33	2,17 ± 1,05
Доля пререкрутов, %	35	33	21	23	26	
<i>IM</i>	1,5	1,7	1,9	1,6	1,6	
<i>m*</i>	13	12	11	22	36	
<i>K</i>	0,35	0,41	0,48	0,38	0,37	

Оценки по районам. Исследования в Варангер-фьорде (рис. 1, район 1) показали, что из 6 разрезов зелёный морской ёж был обнаружен на 5. Оценки общего и промыслового запаса, выполненные по данным табл. 1–2, составили соответственно $1,48 \pm 0,47$ и $0,75 \pm 0,27$ тыс. т. Средний диаметр был равен 42 мм (рис. 5), средний диаметр промысловой особи составил 52 мм. Доля пререкрутов (особей диаметром 35–45 мм, которые на следующий год могут достичь промысловых размеров) составляла 35%.

Район 2. Исследования в восточном рукаве губы Ура (рис. 1) показали, что из 5 разрезов зелёный морской ёж обнаружен на 5. Наиболее высокие значения промысловой плотности (23 экз./м^2) отмечены на южном берегу о. Шалим на глубине 6 м. Оценки общего и промыслового запаса, выполненные по данным табл. 1–2 составили, соответственно $0,22 \pm 0,08$ и $0,14 \pm 0,05$ тыс. т. Средний диаметр был равен 44 мм (рис. 6), средний диаметр промысловой особи составил 54 мм. Доля пререкрутов составляла 33%.

Район 3. Исследования в губе Териберская (рис. 1) показали, что из 3 разрезов зелёный мор-

ской ёж обнаружен на 1. Наиболее высокие значения промысловой плотности 12 экз./м^2 отмечены на северо-восточном побережье губы на глубине 6 м. Оценки общего и промыслового запаса, выполненные по данным табл. 1–2 составили соответственно $0,32 \pm 0,28$ и $0,23 \pm 0,21$ тыс. т. Средний диаметр был равен 45 мм (рис. 6), средний диаметр промысловой особи составил 60 мм. Доля пререкрутов составляла 21%.

Район 4. Исследования в губах Ярнышная и Дальне-Зеленецкая (рис. 1) показали, что из 5 разрезов ёж обнаружен на 3. Оценки общего и промыслового запаса, выполненные по данным табл. 1–2 составили соответственно $0,71 \pm 0,33$ и $0,45 \pm 0,23$ тыс. т. Средний диаметр был равен 43 мм (рис. 7), средний диаметр промысловой особи составил 54 мм. Доля пререкрутов составляла 23%.

Район 5. Исследования у о. Большой Олений и на выходе из губы Порчниха (рис. 1) показали, что из 3 разрезов ёж обнаружен на 2. Оценки общего и промыслового запаса, выполненные по данным табл. 1–2 составили соответственно $0,85 \pm 0,46$ и $0,60 \pm 0,33$ тыс. т. Средний диаметр был равен 46 мм (рис. 8),

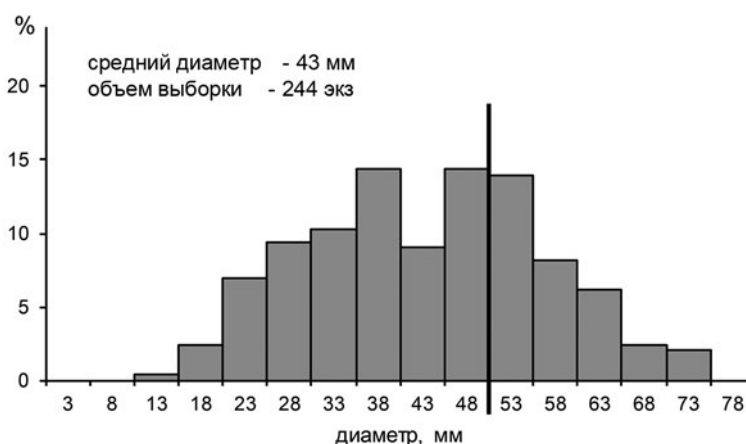


Рис. 5. Размерный состав поселения зелёного морского ежа в Варангер-фьорде. Вертикальная линия показывает минимальный промысловый размер.

Fig. 5. Size composition of the green sea urchin settlement in the Varangerfjord. The vertical line shows the minimum commercial size.

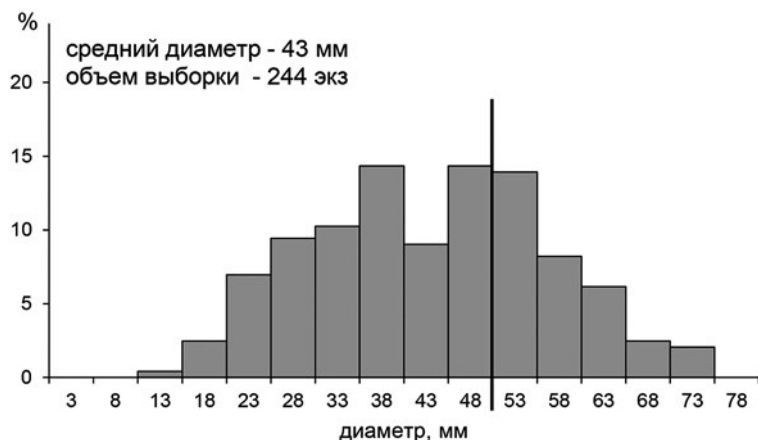


Рис. 6. Размерный состав поселения зелёного морского ежа в восточном рукаве губы Ура. Вертикальная линия показывает минимальный промысловый размер

Fig. 6. Size composition of the green sea urchin settlement in the eastern arm of Ura Bay. The vertical line shows the minimum commercial size

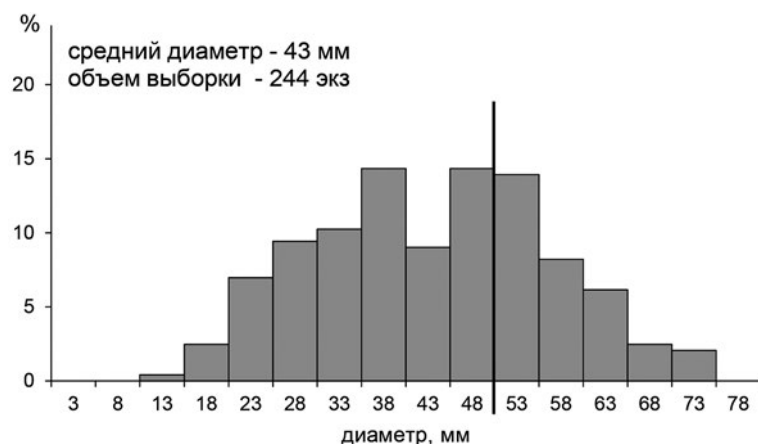


Рис. 7. Размерный состав поселения зелёного морского ежа в губах Ярнышная и Дальне-Зеленецкая. Вертикальная линия показывает минимальный промысловый размер

Fig. 7. Size composition of the green sea urchin settlement in the Yarnyshnaya and Dalne-Zelenetskaya bays. The vertical line shows the minimum commercial size

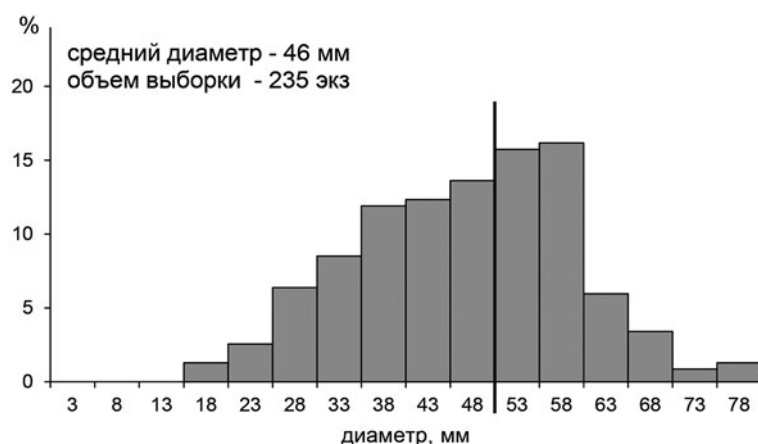


Рис. 8. Размерный состав поселения зелёного морского ежа у о. Большой Олений и в губе Порччиха. Вертикальная линия показывает минимальный промысловый размер

Fig. 8. Size composition of the green sea urchin settlement near the island Big Oleniy and in the lip of Porchnikha. The vertical line shows the minimum commercial size

средний диаметр промысловой особи составил 55 мм. Доля пререкрутов составляла 26%.

Индексы распределения. Распределение было слабо агрегированным: индекс Морисита варьировал в пределах 1,5–1,9 (табл. 2). Максимальная плотность в скоплениях отмечена для района 6, а минимальная – для района 3, и для него же отмечена наибольшая относительная площадь скоплений.

Опираясь на полученные данные, можно оценить промысловый запас ежа на каждом полигоне в границах выявленных скоплений. Это можно сделать по следующей формуле:

$$Pc_i = S_i \times K_i \times m^*_i \times M_i, \quad (4)$$

где: i – номер полигона; Pc_i – промысловый запас в скоплениях в границах полигона; S_i – площадь полигона (см. табл. 1); K_i – относительная площадь скоплений (табл. 2); m^*_i – средняя промысловая плотность в границах скопления (табл. 2); M_i – средняя масса промысловой особи, вычисляемая, через средний диаметр промысловой особи (см. предыдущий подраздел) и формулу на рис. 4.

Выполненные расчёты показали, что в районе 1 промысловый запас в границах скоплений составил 337 т, районе 2–81 т, районе 3–153 т, районе 4–222 т, районе 5–418 т. Суммарное значение составило 1,211 тыс. т.

ОБСУЖДЕНИЕ

Потенциальное изъятие на обследованных участках. Величина промыслового запаса, сосредоточенного в скоплениях, может показать верхнюю границу изъятия ежа, при допущении, что промысел будет сосредоточен исключительно на участках, где промысловая плотность выше среднего значения. Такое допущение полностью соответствует принципу организации промысла, когда водолаз вначале находит скопление, и только затем начинает изымать обитающего в нём ежа. Реальная же величина изъятия, вероятно, будет ниже, поскольку промысел прекращается в тот момент, когда плотность достигнет уровня, при котором затраты на поиск не будут компенсироваться количеством добытого ежа. Для определения такого уровня требуются дополнительные исследования, но если допустить, что изъятие перестанет быть рентабельным при достижении минимального среднего значения в 5,8 экз./м² (табл. 2: район 3), то оставшийся запас, в соответствии с формулой (4) составит 395 т. Соответственно, разность между суммарным значением P_c в 1,211 тыс. т (см. выше) и оставшимся запасом составит 0,816 тыс. т. При

организации промысла данная величина представляется вполне реалистичной.

На первый взгляд, указанная величина представляется слишком большой, составляя 38% от разведанного запаса. И если учесть, что доля пререкрутов варьирует от 21 до 35%, то может показаться, что при таком изъятии запас будет подорван. В действительности, этого скорее всего не случится, поскольку глубина обитания зелёного морского ежа значительно больше исследованной полосы и достигает 30–40 м. Нижняя граница обитания вида в Карском и Баренцевом морях опускается ниже 100 м [Бажин, 1995]. Представляется, что по мере изъятия крупных ежей их места будут занимать не только пререкрутами, обитающими на тех же глубинах, но и теми, которые будут подтягиваться с глубин свыше 9 м – по аналогии с тем, что наблюдали при промысле серого морского ежа у Западного Сахалина [Буяновский, 2005]. Кроме того, следует иметь в виду, что до достижения промыслового размера ёж успевает размножиться не менее одного раза. По мнению ряда авторов [Белый, 2006; Шацкий, 2012] массовое половое созревание зелёных морских ежей наступает при достижении ими возраста 3,5–4,0 года, при среднем диаметре панциря 27–32 мм. Поэтому потомство, производимое изымаемыми особями, скорее всего, будет компенсировано за счёт лучшей выживаемости при меньшей плотности [Бигон и др., 1989].

Районирование промысла. Опираясь на расчётные значения относительной площади скоплений, можно выполнить анализ данных по основным районам, который может показать, где следует ожидать встречи с наиболее обширными скоплениями.

В Варангер фьорде (район 1) на некоторых разрезах была зафиксирована максимальная плотность морского ежа, превышающая среднее значение для плотности в скоплениях – 20 и 8 экз./м² (табл. 2), соответственно. Если к этому добавить, что и площадь, занимаемая скоплениями, здесь наибольшая (по данным табл. 1–2: 464 тыс. м²), то данный участок весьма перспективен для организации добычи морского ежа в промышленных масштабах.

В губе Ура (район 2) максимальные значения промысловой плотности, были почти такими же, как в Варангер фьорде (19 экз./м²), но из-за сравнительно маленькой площади акватории (табл. 1) промысловый запас здесь минимальный. На основании этих данных можно сделать вывод о том, что губа Ура в настоящее время не является подходящим районом для организации промысла.

В губе Териберская (район 3) максимальная промысловая плотность (12 экз./м²) была ещё ниже, чем

в губе Ура, а её среднее значение для скоплений было минимальным. Исходя из этого, данный район также следует рассматривать как малопродуктивный.

Вне всякого сомнения, губы Ура и Териберская могут быть использованы для промысла, но вылов зелёного морского ежа в данных областях вряд ли превысит несколько десятков тонн сырой продукции.

В губах Ярнышная и Дальнезеленцкая (район 4) встречались участки, где промысловая плотность значительно превышала средние значения в скоплениях (максимальное значение – 27 экз./м²). При сравнительно высокой абсолютной площади, занимаемой поселениями (табл. 2), данный район можно считать вполне перспективным для промысла.

В районе о. Большой Олений и губы Порчниха (район 5, на всех разрезах и глубинах, где был обнаружен морской ёж, его промысловая плотность была наиболее высокой для обследованной акватории, и максимальная величина составила 41 экз./м². В этих условиях, при сравнительно высокой абсолютной площади, занимаемой поселениями (табл. 2), данный участок, наряду с Варангер фьордом можно считать наиболее перспективным для ведения промысла.

Таким образом, наиболее перспективными для организации промысла морских ежей являются районы Варангер фьорда и о. Большой Олений с губой Порчниха. Эти районы обладают высокой плотностью скоплений морских ежей и представляют значительный потенциал для развития коммерческой добычи. С другой стороны, восточный берег губы Териберская является наименее подходящим для организации промысла, поскольку в этом районе плотность морских ежей низкая. Эти выводы указывают на необходимость выборочной и целенаправленной организации промысла в зависимости от плотности и доступности ресурсов в различных районах.

В целом же, если учесть, что площадь исследованных участков составляет около 0,1% от всей площади, занимаемой поселениями зелёного морского ежа (по данным учётных съёмов 2009–2011 гг.), то вероятность успешного поиска новых промысловых скоплений представляется весьма высокой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведённых исследований на обследованной акватории общий запас зелёного морского ежа составил 3,58 тыс. т, промысловый – 2,17 тыс. т. Средневзвешенная общая плотность составила 32 экз./м², промысловая – 10,3 экз./м². Предполагается, что в исследованных районах возможный вылов может составить 0,816 тыс. т.

Наиболее перспективными для организации промысла являются районы Варангер-фьорда и о. Большой Олений с губой Порчниха, наименее – восточный берег губы Териберская. В вышеуказанных районах необходимо дальнейшее проведение мониторинговых исследований с целью получения данных, которые позволят вести промысел с наибольшей эффективностью и наименьшими потерями для популяции.

Благодарности

Авторы выражают свою признательность и благодарность анонимным рецензентам за проделанную работу и терпение.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по личной инициативе без дополнительного финансирования

ЛИТЕРАТУРА

- Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-ть. 289 с.
- Бажин А.Г. 1995. Видовой состав, условия существования и распределение морских ежей рода *Strongylocentrotus* морей России. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВО РАН. 24 с.
- Бажин А.Г., Степанов В.Г. 2012. Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 196 с.
- Баканев С.В., Матюшкин В.Б., Сенников А.М., Стесько А.В. 2022. Динамика запасов и использование сырьевой базы промысловых беспозвоночных в Баренцевом и Белом морях в 2000–2020 гг. // Вестник МГТУ. Т. 25, № 25. С. 270–284.
- Белый М.Н. 2006. Определение индивидуального возраста и особенностей группового роста зелёного морского ежа (*Strongylocentrotus droebachiensis*) Тайфунской губы // Известия ТИНРО. Т. 144. С. 101–111.
- Бигон М., Харпер Д., Таунсенд К. 1989. Экология. Особи, популяции, сообщества. В 2-х т. М.: Мир. Т. 2. 477 с. (Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1986. Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 876 p.).
- Бизиков В.А., Буйановский А.И., Гончаров С.М., Поляков А.В., Попов С.Б., Сидоров Л.К. 2013. Базы данных и геоинформационные системы в управлении водными биологическими ресурсами // Мат. I науч. школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящённой 100-летию со дня рождения проф. П.А. Моисе

- сеева. Звенигород. 15–19 апреля 2013 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 108–133.
- Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. 2005. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов водорослей и беспозвоночных прибрежной зоны. М.: Изд-во ВНИРО. 135 с.
- Буяновский А.И. 2005. Пространственно-временная изменчивость размерного состава и особенности эксплуатации популяций промысловых беспозвоночных прибрежной зоны // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 12–23.
- Дробышева С.С., Панасенко Л.Д., Петрунин И.И. 1979. Некоторые закономерности распределения морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* у Мурманского побережья Баренцева моря // Подводные методы в морских биологических исследованиях. Апатиты: КФАН СССР. С. 22–31.
- Левин В.С., Коробков В.А. 1998. Экология шельфа: проблемы промысла донных организмов. СПб.: Элмор. 224 с.
- Переладов М.В. 2005. Современные прибрежные гидробиологические исследования: целесообразность, камни преткновения и точки роста // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 5–11.
- Пропп М.В. 1971. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. По материалам водолазных гидробиологических работ. Л.: Наука. 128 с.
- Сенников А.М., Матюшкин В.Б. 1997. 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: ООО «МИП-999». С. 136–138.
- Смулов А.В., Полищук Л.В. 1989. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статистический и динамический аспекты. М: МГУ. 208 с.
- Шацкий А.В. 2012. Морские ежи рода *Strongylocentrotus* Мурманского побережья Баренцева моря: биология, распределение, перспективы промысла. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 24 с.
- individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 876 p.). (In Russ.).
- Belyi M.N. 2006. Definition of individual age and features of group for the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) of the Tauyskaya Bay // Izvestiya TINRO. V. 144. P. 101–111. (In Russ.).
- Bizikov V.A., Buyanovsky A.I., Goncharov S.M., Polyakov A.V., Popov S.B., Sidorov L.K. 2013. Databases and geoinformation systems in the management of aquatic biological resources // Mat. I scient. school of young scientists and specialists in fisheries and ecology, dedicated to the 100th anniversary of the birth of prof. P.A. Moiseev. Zvenigorod. April 15–19, 2013 Moscow: VNIRO Publish. P. 108–133. (In Russ.).
- Blinova E.I., Vilkova O. Yu., Milyutin D.M., Pronina O.A., Shtrik V.A. 2005. Methods for landscape studies and stock assessment of algae and invertebrates in the coastal zone. Moscow: VNIRO Publish. 135 p. (In Russ.).
- Buyanovsky A.I. 2005. Spatio-temporal variability of size structure and patterns of exploitation of commercial marine invertebrates in the coastal zone // Trudy VNIRO. V. 144. P. 12–23. (In Russ.).
- Drobysheva S.S., Panasenko L.D., Petrunin I.I. 1979. Some patterns of distribution of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* near the Murmansk coast of the Barents Sea // Underwater methods in marine biological research. Apatity: KFAS USSR. P. 22–31. (In Russ.).
- Levin B.C., Korobkov V.A. 1998. Ecology of the shelf: problems of fishing for bottom organisms. St. Petersburg: Elmore. 224 p. (In Russ.).
- Pereladov M.V. 2005. Modern coastal hydrobiological studies: feasibility, stumbling blocks and growth points // Trudy VNIRO. V.144. P. 5–11. (In Russ.).
- Propp M.V. 1971. Ecology of coastal benthic communities of the Murmansk coast of the Barents Sea. Based on the materials of diving hydrobiological works. Leningrad: Nauka. 128 p. (In Russ.).
- Sennikov A.M., Matyushkin V.B. 1997. The state of the sea urchin reserves in the Murman coast and the prospects for their commercial development // Non-traditional objects of the marine industry and the prospects for their use. Abstr. report scient and techn conf. (Murmansk, April 17–18, 1997). Murmansk: LLC «MIP-999». P. 136–138. (In Russ.).
- Smurov A.V., Polishchuk L.V. 1989. Quantitative Methods for Estimating Basic Population Indicators: Statistical and Dynamic Aspects. Moscow: MSU. 208 p. (In Russ.).
- Shatsky A.V. 2012. Sea urchins of the genus *Strongylocentrotus* of the Murmansk coast of the Barents Sea: biology, distribution, fishing prospects. PhD Abstr. in biology. Moscow: VNIRO. 24 p. (In Russ.).

REFERENCES

- Aksyutina Z.M. 1968. Elements of mathematical evaluation of the results of observations in biological and fishery research. Moscow: Pishchevaya promyshlennost. 289 p. (In Russ.).
- Bazhin A.G. 1995. Species composition, conditions of existence and distribution of sea urchins of the genus *Strongylocentrotus* in the Russian seas. PhD Abstr. in biology. Vladivostok: FEB RAS. 24 p. (In Russ.).
- Bazhin A.G., Stepanov V.G. 2012. Sea urchins of the family Strongylocentrotidae of the Russian seas. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO Publish. 196 p. (In Russ.).
- Bakanev S.V., Matyushkin V.B., Sennikov A.M., Stesko A.V. 2022. Assessment and fishery of shellfish stocks in the Barents and White Seas in 2000–2020. // Bulletin of MSTU. V. 25, No. 25. P. 270–284. (In Russ.).
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1989. Ecology: individuals, populations and communities. V. 2. Moscow: Mir. 477 p. (Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1986. Ecology:

Поступила в редакцию 10.07.2023 г.
Принята после рецензии 25.09.2023 г.