

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

УДК 593.953–113.4

М.О. Чалиенко*

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ОСОБЕННОСТИ ГРУППОВОГО РОСТА
СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА (*STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS*)
У СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ

На основе данных, собранных в ходе водолазных учетных съемок ТИНРО-центра в 2015–2017 гг., выполнен сравнительный анализ особенностей роста и размерно-возрастного состава скоплений серых морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* на 6 участках вдоль побережья северного Приморья, а также рассмотрены некоторые аспекты методики определения возраста морских ежей по зонам роста на пластинках их панцирей. Установлено, что для поселений *S. intermedius* характерна значительная пространственная вариабельность в скорости роста, что определяет различия в размерном составе животных на исследованных акваториях. Показано, что наибольшие темпы роста ежей характерны для участков о. Скала Крейсер — мыс Лисученко, зал. Опричник — мыс Грозный и мыс Сосунова — бухта Плитняк, где большинство особей достигают промысловых размеров в возрасте от 3,5+ до 4,5+. В бухте Ежовой 50 % животных становятся промысловыми лишь в возрасте 6+. Наиболее низкие темпы роста отмечены в скоплениях у мыса Южного и мыса Надежды, где основная часть ежей так и не достигает промысловых размеров. В целом в поселениях тугорослых *S. intermedius* средние и предельные размеры особей ниже, чем на акваториях, где наблюдались сравнительно высокие темпы роста животных, также для таких районов характерно отсутствие или низкая доля особей промысловых размеров.

Ключевые слова: серый морской еж, *Strongylocentrotus intermedius*, северное Приморье, размерный и возрастной состав, групповой рост, зоны роста.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-194-3-17.

Chalienko M.O. Features of group growth for gray sea urchin (*Strongylocentrotus intermedius*) at the northwestern coast of the Japan Sea // Izv. TINRO. — 2018. — Vol. 194. — P. 3–17.

Comparative study of growth rate and size-age structure of gray sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* is conducted for six its aggregations along Primorye coast on the data collected in diving surveys in 2015–2017. Some aspects of the method of the sea urchin individual age determination by concentric growth bands on interambulacral plates of its carapace are discussed (the plates are processed by M. Jensen method). The group growth is described with Bertalanffy equation. Considerable spatial variability of the growth rate is found between the aggregations that provides some distinctions in size structure of the sea urchins. The highest growth rate is observed for three habitats: Kreyser Rock Island — Cape Lisuchenko, Oprichnik Bay — Cape Grozny, and Cape Sosunov — Plitnyak Bay, where the sea urchins reach the commercial size mostly at the age from 3.5+ to 4.5+. On the contrary, 50 % of the sea urchins become large enough for commercial fishery at the age of 6+ in the Ezhovaya Bay, and the lowest growth rates are noted at Cape Yuzhny and Cape Nadezhda where the majority of sea urchins never reach the commercial size. The maximum age of *S.*

* Чалиенко Мария Олеговна, младший научный сотрудник, e-mail: yumbo@yandex.ru.
Chalienko Maria O., junior researcher, e-mail: yumbo@yandex.ru.

intermedius (19 years) is registered for a specimen with size 73 mm caught at Cape Sosunov. Mean and maximum sizes of individuals in the aggregations of slow-growing *S. intermedius* are lower than in the aggregations with comparatively high growth rates; such aggregations are also distinguished by lack of commercially-sized individuals. Age structure of all aggregations shows strong irregularity of annual recruitment, particularly low portion of the sea urchins at the age of 1+ is noted. Anyway, the frequency goes down from the age of 7+...9+ that indicates mass elimination of elder animals.

Key words: gray sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*, Primorye, size structure, age structure, group growth, growth band.

Введение

Серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* — ценный промысловый объект. Несмотря на довольно длительный период добычи этого вида в российских водах — более 20 лет, — таким важным аспектам его биологии, как росту и возрастной структуре скоплений, в отечественных исследованиях было уделено недостаточно внимания. О росте *S. intermedius* у берегов Приморья имеются лишь сведения по зал. Восток (Селин, 1993) и на акватории от мыса Поворотного до зал. Ольги (Брегман, 2000), где возрастной состав поселений ежей определялся по размерно-частотным распределениям методом «вероятностной бумаги».

По данным ежегодных учетных съемок ТИНРО-центра отмечено, что на акватории от мыса Поворотного до мыса Золотого скопления *S. intermedius* весьма разнородны по размерному составу: на некоторых участках в поселениях ежей постоянно преобладают особи промысловых размеров, а в других районах, наоборот, ежегодно фиксируется высокая плотность мелкоразмерных животных (Борисовец и др., 2000; Викторовская, Седова, 2000). По мнению некоторых исследователей (Борисовец и др., 2000), отмеченные ранее скопления мелкоразмерных ежей могут быть представлены молодью и формироваться за счет спонтанно возникающих зон воспроизводства и расселения личинок, где важную роль играет поверхностное прибрежное течение, также можно предположить, что в этих скоплениях темпы роста животных снижены и мелкие особи являются тугорослыми. Для установления генеративного статуса ежей и разделения молоди и тугорослых особей необходимо определить их индивидуальный возраст. Кроме того, знание локальных особенностей роста ежей позволит дифференцированно подходить к оценке и прогнозированию промыслового запаса *S. intermedius* и его пополнения, а также оптимизировать промысловые усилия.

Цель данной работы — сравнительный анализ особенностей роста и размерно-возрастного состава *S. intermedius* в различных районах северо-западного побережья Японского моря.

Материалы и методы

Материал для исследования собран в рейсах на НИС «Убежденный» на 6 участках вдоль побережья от мыса Поворотного до мыса Золотого: 1 — о. Скала Крейсер — мыс Лисученко; 2 — бухта Ежовая — мыс Хитрово; 3 — у мыса Южного; 4 — зал. Опричник — мыс Грозный; 5 — у мыса Надежды; 6 — мыс Сосунова — бухта Плитняк. Районы сбора проб представлены на рис. 1. Исследование размерно-возрастного состава ежей в основном выполнено по материалам, полученным в 2015 г., для акватории о. Скала Крейсер — мыс Лисученко использованы данные 2016 г. Сбор проб проводили водолазным способом от уреза воды до глубины 20 м по стандартной методике (Блинова и др., 2003; Планирование..., 2005) в соответствии с постоянной сеткой водолазных разрезов, расположенных через 300–500 м, на каждом разрезе выполнялось от 3 до 4 станций на разных глубинах. На каждой станции отбор проб производили с одной или трех мерных рамок площадью 1 м² каждая, расположенных случайным образом в непосредственной близости друг от друга. У собранных особей измеряли штангенциркулем диаметр панциря с точностью до 1 мм. Промысловыми считали ежей размером более 45 мм. Для определения возрастного состава скоплений *S. intermedius* были составлены размерно-возрастные ключи (Малкин, 1999).

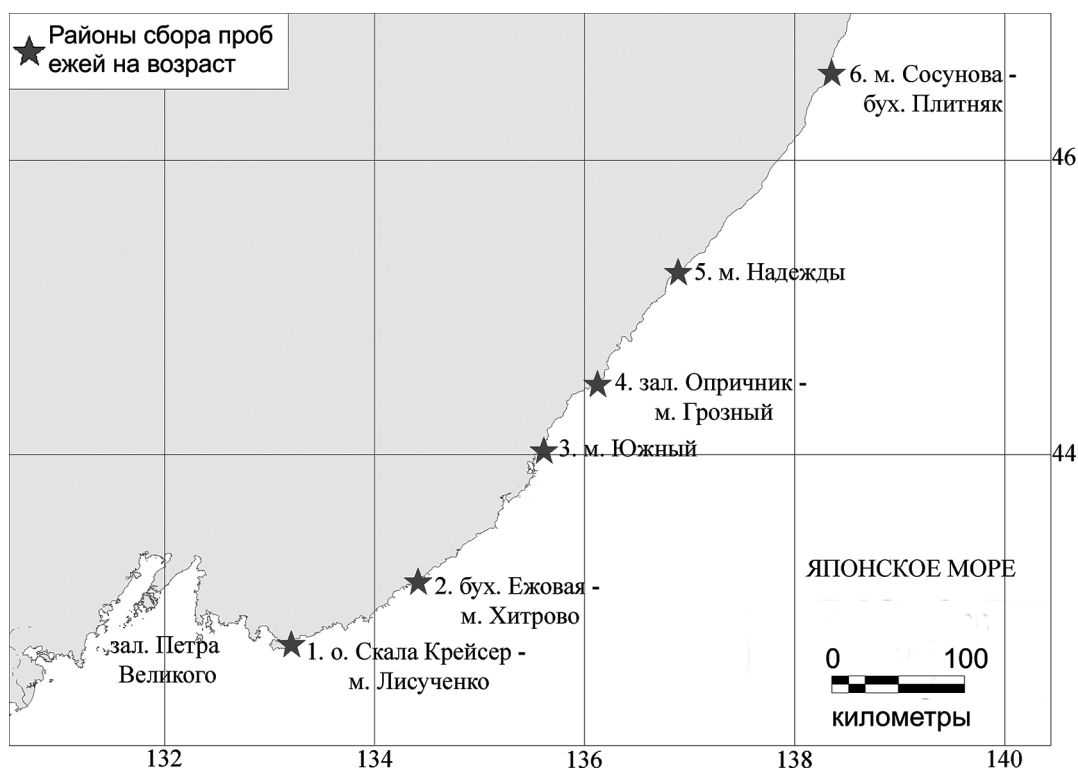


Рис. 1. Карта-схема районов сбора проб *S. intermedius*
Fig. 1. Scheme of *S. intermedius* samplings

Материал для исследования особенностей роста *S. intermedius* был получен в 2015–2017 гг. в летне-осенний период, а также дополнен данными 2001 г. Индивидуальный возраст определяли путем подсчета концентрических полос роста на пластинках интерамбулакрального ряда панцирей ежей. Для этого проводилась обработка пластинок по методу Йенсен (Jensen, 1969). Фрагменты панциря с внешней стороны зашлифовывали и обжигали над пламенем спиртовки, затем пластинки помещали в спирт, после чего высушивали и просматривали под биноклем в отраженном свете. Объем обработанного материала приводится в табл. 1.

Таблица 1
Объем обработанного материала
Table 1
Processed data volume

Исследование	Район	Кол-во, экз.	Дата сбора
Определение темпов роста	О. Скала Крейсер — мыс Лисученко	368	В летне-осенний период в 2015–2017 гг., а также 2001 г.
	Бухта Ежовая — мыс Хитрово	143	
	Мыс Южный	561	
	Зал. Опричник — мыс Грозный	205	
	Мыс Надежды	173	
	Мыс Сосунова — бухта Плитняк	39	
Определение размерно-возрастного состава	О. Скала Крейсер — мыс Лисученко	102	23.08.2016 г.
	Бухта Ежовая — мыс Хитрово	177	02.09.2015 г.
	Мыс Южный	52	17.09.2015 г.
	Зал. Опричник — мыс Грозный	135	24.09.2015 г.
	Мыс Надежды	52	14.09.2015 г.
	Мыс Сосунова — бухта Плитняк	35	08.09.2015 г.

Результаты и их обсуждение

Особенности роста

По литературным данным известны три основных способа определения возраста морских ежей.

Первый — по размерно-частотным распределениям — графическим методом «вероятностной бумаги» (Ebert, 1968; Брыков, 1975; Селин, 1993; Брегман, 2000; Буяновский, 2004). Следует отметить, что для получения достоверных данных по росту ежей этим методом необходимы большие выборки, представляющие все размерно-возрастные группы животных в конкретном поселении. Кроме того, закономерное уменьшение приростов с увеличением возраста организмов при значительных индивидуальных различиях размеров одновозрастных особей затрудняет выделение старших возрастных групп данным методом.

Второй метод — исследование особенностей роста путем периодических измерений ежей, содержащихся в садках или в аквариумах, либо меченых животных, выпущенных в естественную среду (Pearse and Pearse, 1975; Мина, Клевезаль, 1976; Найденко, Дзюба, 1982; Macia, Robinson, 2008). Этот метод также весьма трудоемок, кроме того, данные по росту, полученные при содержании ежей в контролируемых условиях, не позволяют судить о локальных особенностях их роста в естественной среде.

В зарубежных и некоторых отечественных исследованиях (Raup, 1968; Jensen, 1969; Брыков, 1975; Pearse and Pearse, 1975; Agatsuma, Momma, 1988; Gage, 1991, 1992; Agatsuma, 2001; Белый, 2006; и др.) широкое применение получил третий метод определения возраста — по слоям (зонам, линиям, кольцам) на минерализованных структурах организма. У ежей для определения возраста используются пластинки панцирей, иглы и элементы аристотелева фонаря. Валидность данного метода была проверена рядом исследователей (Брыков, 1975; Pearse and Pearse, 1975; Gage, 1991; и др.). В некоторых работах (Pearse and Pearse, 1975; Gage, 1991) отмечено, что у крупных медленно растущих особей в течение года могут появляться сведенные темные полосы роста или дополнительные полосы, не являющиеся годовыми, что иногда не позволяет точно определить возраст животных и вносит некоторую субъективность в его оценку. Однако в целом данный способ определения возраста является одним из наиболее результативных и имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами.

В настоящей работе для установления пространственных особенностей роста *S. intermedius* возраст ежей определялся по зонам роста на интерамбулакальных пластинках панциря. Было сделано допущение, что одна светлая и одна темная полосы роста образуются в течение года, при этом светлые широкие полосы отражают период интенсивного роста (летне-осенний рост), а темные — период медленного роста или его прекращения (зимний и весенний) (Gage, 1991) (рис. 2).

Известно, что увеличение диаметра панциря морского ежа происходит не только за счет роста пластин по периферии, но также за счет добавления новых пластинок, которые появляются на краю апикальной системы (Raup, 1968). В результате этих двух процессов у взрослых ежей пластинки всегда больше по размеру и многочисленнее, чем у молодых особей. Поскольку пластинки панциря добавляются на разных этапах жизненного цикла животных, на новых пластинках будут отсутствовать зоны роста, характеризующие рост ежа в предыдущие годы его жизни. Кроме того, по мере добавления новых пластинок скорость роста предыдущих пластин снижается, при этом наиболее старые пластинки, расположенные ближе к ротовому отверстию, практически не растут (Raup, 1968). Отмеченные различия в росте пластин наглядно демонстрирует рис. 2. На нем представлен интерамбулакальный ряд пластин *S. intermedius* в возрасте 1+. С внешней стороны темной зоны роста показан прирост пластинок в течение летне-осеннего периода. Как видно на рис. 2, прирост в этот период на наиболее старых пластинках (расположенных внизу, ближе к ротовому отверстию) меньше, чем на более молодых (расположенных сверху, ближе к апикальному полю).

Некоторые исследователи (Raup, 1968; Брыков, 1975) считают, что для определения возраста морских ежей наиболее подходят первые 7 пластинок от ротового отверстия, так как они закладываются до первой задержки в росте ежа и, соответственно, содержат наибольшее количество зон. Однако в настоящем исследовании было отмечено, что у старых медленно растущих особей крайние годовые зоны на первых 7 пластинках могут быть слишком сближены и трудноразличимы, что обусловлено снижением скорости роста этих пластин. Таким образом, по первым пластинкам можно достоверно определить возраст лишь сравнительно молодых животных (примерно до 6 лет). У старых особей для подсчета крайних зон роста необходимо проследить их образование на пластинах, появившихся позже.

Ранее было установлено, что в сроках размножения серого морского ежа на разных акваториях северного Приморья наблюдаются существенные различия, обусловленные в первую очередь влиянием температуры (Викторовская, Матвеев, 2000). В целом у побережья северного Приморья массовый нерест *S. intermedius* наблюдается со второй-третьей декады июля до конца сентября (Викторовская, Матвеев, 2000). При температуре воды 15–18 °С, которая является оптимальной для роста и оседания личинок *S. intermedius*, их развитие происходит около месяца (Крючкова, 1976). Учитывая сроки массового нереста ежей и примерную продолжительность личиночной стадии до метаморфоза, перед первой задержкой роста, происходящей в зимне-весенний период, возраст ежей может варьировать от 2 до 5 мес. В связи с этим в настоящей работе первая зона роста (светлый центр), соответствующая этому периоду, записывалась нами как 0+. Таким образом, в последующих возрастных классах у всех просмотренных экземпляров возраст был определен более одного года и отмечался нами как 1+, 2+, 3+ и т.д., с учетом роста в течение первых месяцев жизни до первой задержки.

Для описания группового роста *S. intermedius* у берегов Приморья было применено уравнение Бергаланфи. Значения коэффициентов уравнения подбирали по алгоритму, описанному Н.В. Максимовичем (1989, 1990) (табл. 2).

Так как значительных межгодовых различий в ростовых характеристиках ежей, собранных в 2001, 2015, 2016 и 2017 гг., отмечено не было, для построения графиков роста данные по возрасту ежей в эти периоды были объединены для каждого района в одну выборку (рис. 3). В связи с небольшим объемом собранных проб ежей и отсутствием младших возрастных групп в выборке из района мыс Сосунова — зал. Опричник кривая роста для этой акватории не представлена.

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшие темпы роста характерны для *S. intermedius* на акватории от зал. Опричник до мыса Грозного (рис. 3), где 50 % ежей достигают промысловых размеров — 45 мм — в возрасте около 3,5+, а также в районе о. Скала Крейсер — мыс Лисученко, где промысловыми ежи становятся в основном в возрасте 4,5+ (рис. 4). На акватории мыс Сосунова — бухта Плитняк в связи с отсутствием в пробах ежей младше 5+ лет точно установить возраст достижения промысловых размеров затруднительно. Однако учитывая, что темпы роста животных в этом районе довольно высокие и



Рис. 2. Интерамбулакральные пластинки панциря *S. intermedius*

Fig. 2. Interambulacral plates of *S. intermedius* carapace

Таблица 2

Параметры уравнения Бергаланфи, описывающего линейный рост *S. intermedius* из разных мест обитания

Table 2

Parameters of Bertalanffy equation describing linear growth of *S. intermedius*, by habitats

Район	n	L_{∞}	k	t_0
О. Скала Крейсер — мыс Лисученко	368	69,0	0,2428	-0,4330
Бухта Ежовая — мыс Хитрово	143	54,0	0,2899	0,0900
Мыс Южный	561	38,0	0,3018	-0,5179
Мыс Грозный — зал. Опричник	206	79,6	0,1928	-0,6895
Мыс Надежды	173	38,5	0,3499	-0,3219

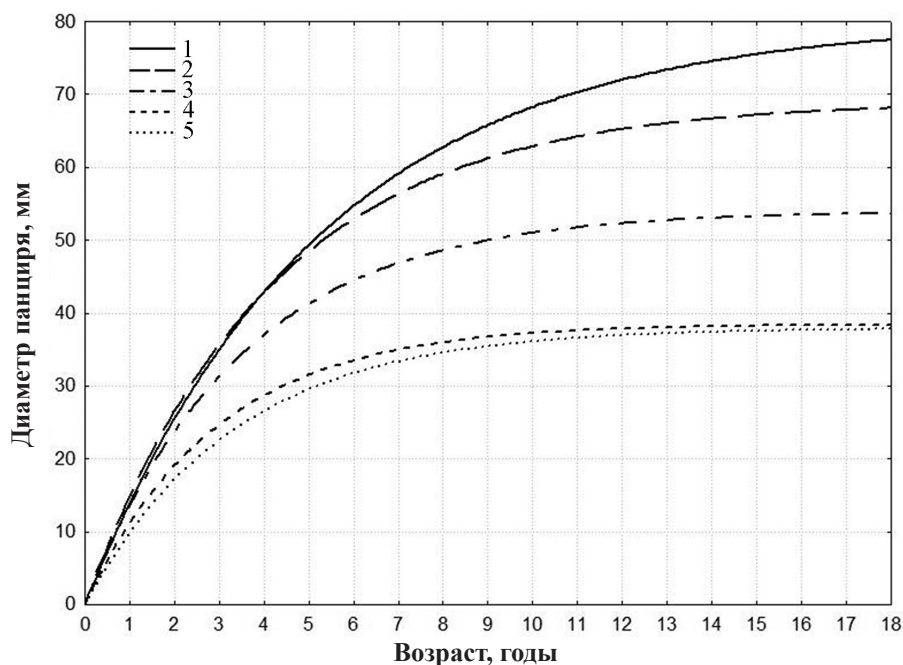


Рис. 3. Групповой рост серого морского ежа у побережья Приморья: 1 — зал. Опричник — мыс Грозный; 2 — о. Скала Крейсер — мыс Лисученко; 3 — бухта Ежовая — мыс Хитрово; 4 — у мыса Надежды; 5 — у мыса Южного

Fig. 3. Group growth of gray sea urchin, by habitats at Primorye coast: 1 — Oprichnik Bay — Cape Grozny; 2 — Kreyser Rock Island — Cape Lisuchenko; 3 — Ezhovaya Bay — Cape Khitrovo; 4 — Cape Nadezhda; 5 — Cape Yuzhny

средние размеры ежей в соответствующих возрастных классах сходны со средними размерами ежей в районе зал. Опричник — мыс Грозный, можно предположить, что в районе мыс Сосунова — бухта Плитняк половина ежей в скоплении становятся промысловыми в возрасте от 3,5+ до 4,0+.

Наименьшие темпы роста *S. intermedius* отмечены для акваторий у мыса Южного и у мыса Надежды. Большинство *S. intermedius* в данных районах не достигают промысловых размеров (см. рис. 3).

Промежуточное положение по ростовым характеристикам занимают ежи, собранные в районе бухта Ежовая — мыс Хитрово, где промысловыми половина особей в скоплении становится в возрасте 6+ (рис. 4).

Максимальный возраст *S. intermedius* — 19 лет — был отмечен в районе мыса Сосунова у особи размером 73 мм, а наименьшего максимального возраста — 9 лет — ежи достигают на акватории бухта Ежовая — мыс Хитрово при размере панциря 51 мм (табл. 3). По литературным данным (Переладов, 1999) наибольший максимальный возраст *S. intermedius* зафиксирован у берегов западного Сахалина — 16 лет.

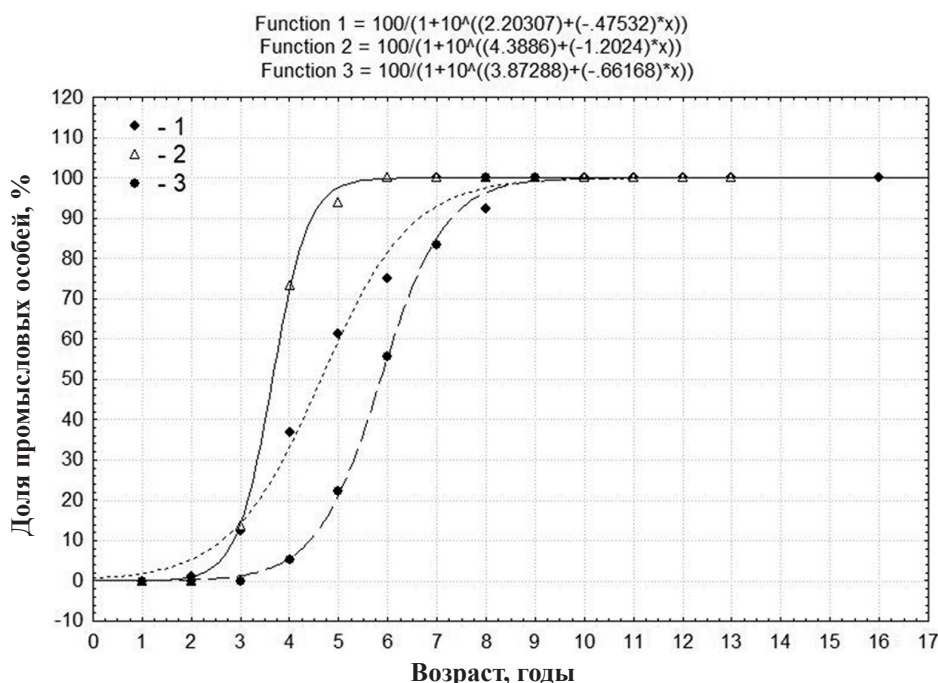


Рис. 4. Изменение доли особей *S. intermedius* промысловых размеров в зависимости от возраста: 1 — о. Скала Крейсер — мыс Лисученко; 2 — зал. Опричник — мыс Грозный; 3 — бухта Ежовая — мыс Хитрово

Fig. 4. Increasing of commercially-sized *S. intermedius* with age, by habitats: 1 — Kreyser Rock Island — Cape Lisuchenko; 2 — Oprichnik Bay — Cape Grozny; 3 — Ezhovaya Bay — Cape Khitrovo

Предельные размеры в скоплениях тугорослых особей были ниже, чем в скоплениях, где наблюдались сравнительно высокие темпы роста. По расчетным данным (см. табл. 2) наибольших предельных размеров (L_{∞}) *S. intermedius* достигают в районе мыс Грозный — зал. Опричник (79,6 мм), а наименьших размеров — в районах у мыса Южного и мыса Надежды (38,0 мм). Следует отметить, что рассчитанные значения коэффициента L_{∞} в основном были несколько ниже реальной длины панциря наиболее крупных особей.

Таблица 3

Размерные характеристики *S. intermedius* по возрастным группам

Table 3

Size parameters of *S. intermedius*, by age groups

Район	Возраст, годы	Кол-во, экз.	Среднее $\pm$ ошибка среднего, мм	Min-max, мм	Стандарт. откл.	Коэф. вариации
О. Скала Крейсер — мыс Лисученко	1+	57	20,90 $\pm$ 0,69	12–32	5,20	24,95
	2+	98	30,30 $\pm$ 0,58	15–45	5,70	18,93
	3+	56	38,50 $\pm$ 0,96	29–66	7,21	18,70
	4+	54	44,0 $\pm$ 1,14	28–72	8,58	19,50
	5+	31	49,90 $\pm$ 1,57	39–71	8,74	17,52
	6+	28	54,50 $\pm$ 1,90	30–68	10,15	18,62
	7+	11	59,80 $\pm$ 1,78	54–70	5,90	9,86
	8+	13	60,50 $\pm$ 2,10	44–73	7,69	12,71
	9+	7	62,60 $\pm$ 3,30	46–72	8,87	14,17
	10+	4	64,25 $\pm$ 2,30	58–68	4,50	7,0
	11+	5	65,60 $\pm$ 3,60	57–77	7,99	12,18
	12+	2	65,0 $\pm$ 3,0	62–68	4,24	6,53
	13+	1	64,0	–	–	–
	16+	1	70,0	–	–	–

Окончание табл. 3
Table 3 finished

Район	Возраст, годы	Кол-во, экз.	Среднее ± ошибка среднего, мм	Min–max, мм	Стандарт. откл.	Коэф. вариации
Бухта Ежовая — мыс Хитрово	1+	2	13,50 ± 2,50	11–16	3,53	26,19
	2+	3	27,30 ± 1,20	25–29	2,08	7,62
	3+	15	27,70 ± 1,70	18–42	6,43	23,25
	4+	38	31,90 ± 1,20	19–45	7,43	23,30
	5+	54	40,30 ± 0,91	25–55	6,70	16,63
	6+	18	45,94 ± 1,60	29–56	6,80	14,80
	7+	6	46,80 ± 1,20	44–51	2,92	6,25
	8+	5	51,80 ± 3,40	46–61	7,53	14,54
Мыс Южный	9+	2	51,0 ± 1,0	50–52	1,41	2,77
	1+	87	14,3 ± 0,4	8–23	3,5	24,60
	2+	61	18,8 ± 0,5	10–28	4,0	21,10
	3+	62	25,1 ± 0,6	15–35	4,8	19,02
	4+	54	29,0 ± 0,6	20–38	4,3	14,80
	5+	72	31,4 ± 0,6	20–43	4,7	15,10
	6+	89	33,2 ± 0,4	24–42	4,1	12,50
	7+	67	33,3 ± 0,5	26–45	4,4	13,30
	8+	44	34,1 ± 0,6	27–43	4,0	11,70
	9+	12	37,1 ± 1,3	30–42	4,4	11,80
	10+	7	36,3 ± 2,4	31–47	6,5	17,80
Мыс Грозный — зал. Опричник	11+	6	36,2 ± 1,1	33–41	2,8	7,70
	1+	4	24,0 ± 1,1	21–26	2,2	9,0
	2+	14	29,4 ± 1,6	21–43	6,1	20,8
	3+	22	34,9 ± 1,9	19–48	8,8	25,2
	4+	30	48,8 ± 2,1	26–71	11,2	23,0
	5+	32	57,6 ± 1,5	37–79	8,5	14,7
	6+	39	61,6 ± 1,0	51–75	6,3	10,1
	7+	25	65,8 ± 1,2	56–77	6,0	9,1
	8+	13	63,5 ± 1,7	54–74	6,2	9,7
	9+	13	66,2 ± 1,5	60–75	5,3	8,0
	10+	7	66,7 ± 2,6	59–79	6,9	10,3
	11+	3	69,0 ± 7,5	54–78	13,1	18,9
	12+	2	67,5 ± 5,5	62–73	7,8	11,5
Мыс Надежды	13+	1	80,0	–	–	–
	1+	48	14,8 ± 0,7	5–23	4,7	31,6
	2+	5	21,8 ± 2,6	13–28	5,7	26,2
	3+	20	27,7 ± 1,0	20–33	4,5	16,4
	4+	19	28,3 ± 1,2	17–37	5,2	18,5
	5+	15	28,9 ± 1,8	19–41	7,0	24,2
	6+	25	33,0 ± 1,4	21–46	7,0	21,4
	7+	18	35,4 ± 1,1	27–42	4,5	12,6
	8+	9	38,0 ± 1,9	26–44	5,7	15,1
	9+	8	40,6 ± 1,0	36–44	2,9	7,1
Мыс Сосунова — бухта Плитняк	10+	6	37,0 ± 2,2	33–48	5,5	14,9
	5+	2	63,5 ± 0,5	63–64	0,70	1,1
	6+	2	63,5 ± 1,5	62–65	2,10	3,3
	7+	3	66,3 ± 4,5	60–75	7,80	11,7
	9+	7	67,9 ± 3,1	59–78	8,30	12,2
	10+	7	70,4 ± 3,8	56–81	10,0	14,2
	11+	5	70,8 ± 2,0	66–77	4,50	6,4
	12+	5	69,0 ± 1,0	66–72	2,20	3,2
	13+	1	80,0	–	–	–
	14+	2	70,5 ± 0,5	70–71	0,71	1,0
	15+	2	70,5 ± 1,5	69–72	2,10	3,0
	16+	1	71,0	–	–	–
	17+	1	69,0	–	–	–
	19+	1	73,0	–	–	–

Во всех исследуемых районах наблюдался довольно сильный разброс индивидуальных значений величины диаметра панциря одновозрастных особей, причем в большинстве районов наибольшие коэффициенты вариации установлены для 1- и 2-летних животных (табл. 3), что, вероятно, связано с растянутостью сроков нереста и неоднородностью условий обитания для осевших личинок. В связи с отмеченными особенностями роста ежей приведенные в настоящей работе средние размеры *S. intermedius* в возрасте 1+ могут быть несколько завышены, особенно для районов, где были отмечены низкие темпы роста животных, что связано с малой доступностью самых мелких 1-летних ежей (размером < 10 мм) для водолаза (см. рис. 3, табл. 3).

Размерно-возрастной состав серых морских ежей

На основе особенностей размерного состава скоплений *S. intermedius* исследуемые районы можно условно разделить на две группы. К первой группе относятся акватории, где размерный ряд был представлен в основном непромысловыми ежами: бухта Ежовая — мыс Хитрово, мыс Южный и мыс Надежды. Доля непромысловых особей здесь варьировала от 83 до 100 %. Средние размеры ежей изменялись от 29 мм у мыса Южного до 37 мм на акватории бухта Ежовая — мыс Хитрово (табл. 4). На участке бухта Ежовая — мыс Хитрово модальную группу в основном составляли ежи размером 35–45 мм (45,8 %). У мыса Южного преобладали *S. intermedius* размером 21–25 (34 %) и 31–35 мм (31 %), а у мыса Надежды — от 25 до 35 мм (44 %) (рис. 5).

Таблица 4

Размерные характеристики *S. intermedius* в районах сбора проб

Table 4

Size parameters of *S. intermedius*, by habitats

Район	Кол-во, экз.	Среднее, мм	Min–max, мм	Ошибка среднего, мм	Коэф. вариации	Доля непромысловых ежей, %
О. Скала Крейсер — мыс Лисученко	102	50,0	6–75	1,30	26,66	28
Бухта Ежовая — мыс Хитрово	177	37,0	10–58	0,70	26,20	83
Мыс Южный	52	29,0	18–43	0,90	21,57	100
Зал. Опричник — мыс Грозный	135	48,0	18–80	1,40	33,79	43
Мыс Надежды	52	33,0	12–58	1,30	29,81	90
Мыс Сосунова — бухта Плитняк	35	73,5	60–89	1,35	10,88	0

Вторую группу составляют районы, где соотношение промысловых и непромысловых *S. intermedius* было примерно одинаковым либо преобладали особи промысловых размеров: зал. Опричник — мыс Грозный, о. Скала Крейсер — мыс Лисученко, а также мыс Сосунова — бухта Плитняк. Доля непромысловых ежей здесь варьировала от 43 % в районе зал. Опричник — мыс Грозный до полного отсутствия в районе мыс Сосунова — бухта Плитняк.

На акватории о. Скала Крейсер — мыс Лисученко средний размер ежей составил 50 мм, доля непромысловых особей — 28,0 %, в модальную группу вошли животные размером 40–55 мм (53,6 %) (рис. 5). Для акватории зал. Опричник — мыс Грозный средний размер *S. intermedius* был чуть меньше — 48 мм, а размерный ряд был представлен полимодальной кривой с модами 25–30 мм (10,3 %), 40–45 (10,3 %) и 60–65 мм (16,2 %). Доля непромысловых ежей составляла 43 %.

В самом северном районе — мыс Сосунова — бухта Плитняк — особи непромысловых размеров не встречались, в основном были отмечены животные размером от 60 до 85 мм (90 %), здесь же зафиксирован максимальный размер *S. intermedius* — 89 мм.

Размерный состав скоплений серых морских ежей на побережье южной и центральной частей северного Приморья рассмотрен также в статьях Г.И. Викторовской,

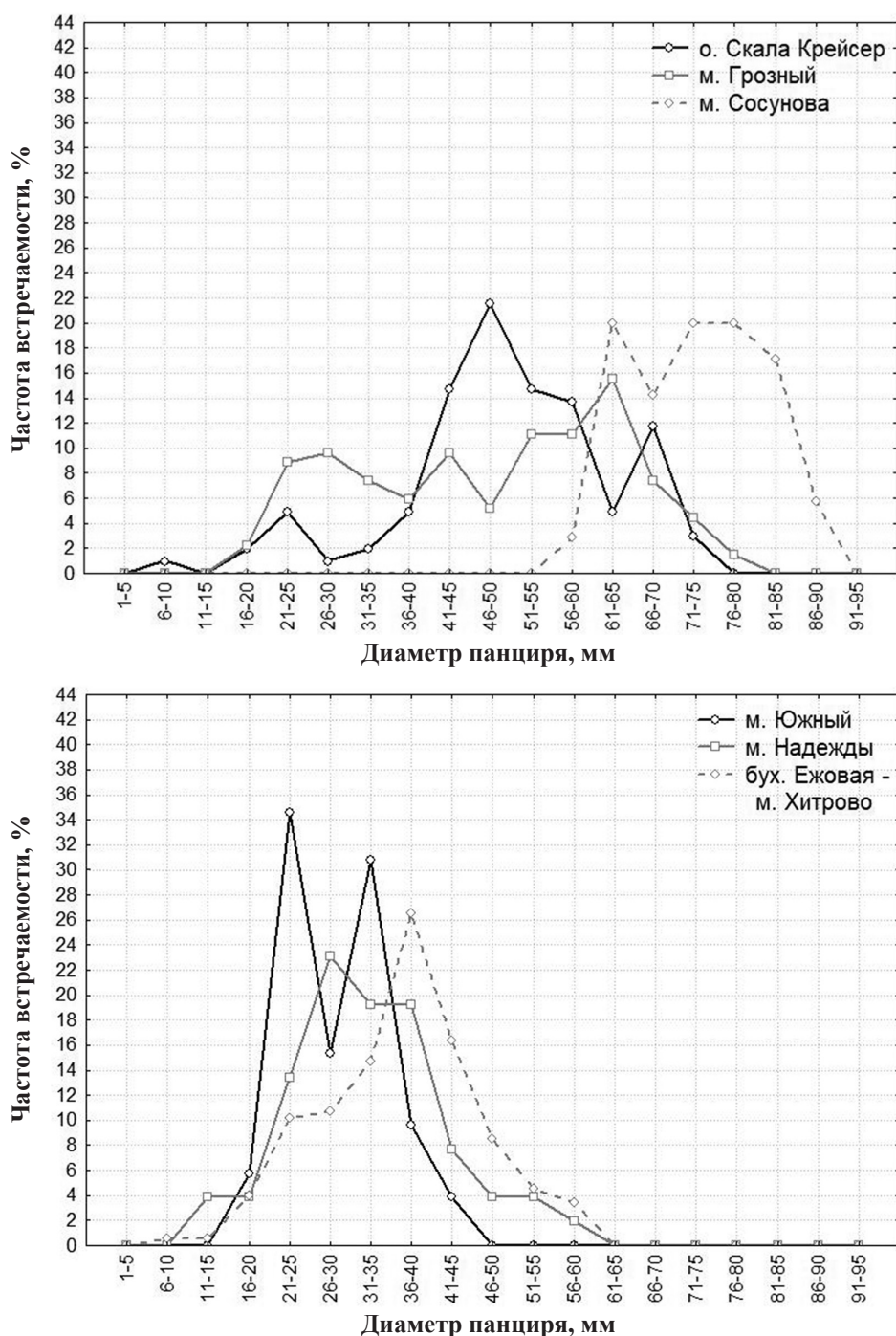


Рис. 5. Размерный состав *S. intermedius* в районах сбора проб ежей
 Fig. 5. Size structure of *S. intermedius*, by habitats

Л.Г. Седовой (2000) и Е.Э. Борисовца с соавторами (2000). Сравнение результатов, полученных в настоящей работе, с материалами 1996–1998 гг. показало, что основные тенденции в размерном составе ежей за 20 лет в исследуемых районах не претерпели значительных изменений. Так, по данным Г.И. Викторовской и Л.Г. Седовой (2000) на акватории от мыса Южного до камней Ослиные уши в 1998 г. также были отмечены значительные скопления мелкоразмерных ежей при низкой доле промысловых особей, средний размер животных здесь составлял 36,5 мм. В районе от мыса Грозного до устья

р. Лидовка, куда входит акватория от мыса Грозного до зал. Опричник, средний размер *S. intermedius* составлял 42,2 мм, а соотношение промысловых и непромысловых особей было примерно одинаковым, как и по данным 2015 г.

Е.Э. Борисовцом с соавторами (2000) ранее было установлено, что район от мыса Поворотного до зал. Ольги по размерному составу ежей распадается на два участка: на акватории от мыса Поворотного до мыса Островного, куда входит район о. Скала Крейсер — мыс Лисученко, постоянно значительно преобладают особи промысловых размеров, а в районе между мысом Туманным и зал. Ольги (в том числе на акватории бухта Ежовая — мыс Хитрово) доминируют непромысловые животные, что также отмечено и в нашем исследовании.

Для определения возрастного состава скоплений *S. intermedius* были составлены размерно-возрастные ключи (Малкин, 1999). На участке о. Скала Крейсер — мыс Лисученко возраст *S. intermedius* изменялся в пределах от 1+ до 16+. Возрастной состав был представлен унимодальной кривой с модой 4+ (25,3 %), доля ежей старших возрастов постепенно снижалась и в возрасте 7+ составляла всего 6,4 %.

На акватории зал. Опричник — мыс Грозный максимальный возраст ежей составлял 13+, преобладали особи в возрасте от 2+ до 6+ с долей от 12,8 до 17,3 %. В остальных возрастных классах численность ежей была значительно ниже (от 0,3 до 8,0 %).

У мыса Сосунова возраст ежей варьировал от 5+ до 19+, в основном были отмечены особи в возрасте от 9+ до 13+, с модой 10+ (25,8 %). Отсутствие экземпляров младше 5+ лет и низкую долю особей в возрасте 5+...8+ (от 0 до 5,7 %) можно объяснить тем, что пополнение в данном районе слабое и происходит спорадически (Буяновский, 2004). Подобная ситуация, возможно, связана с выносом личинок прибрежным течением. Также снижению величины пополнения в этом районе может способствовать опресняющее воздействие речного стока рек Светлой и Плитняковой, устьевые части которых расположены соответственно у мыса Сосунова и в бухте Плитняковой.

У мыса Южного возраст животных варьировал от 1+ до 11+, модальную группу составляли ежи в возрасте 3+ (19,2 %), также выделялись возрастные когорты 5+ и 6+ (по 15,0 %) (рис. 6). После 6+ лет отмечено снижение доли старшевозрастных особей, в возрасте 8+ она снижается почти в 2 раза, до 7,9 %.

У мыса Надежды возраст ежей изменялся от 1+ до 10+, модальную группу составляли особи в возрасте 6+ (19,6 %). Для возрастного состава *S. intermedius* в этом районе было характерно наличие нескольких пиков численности: 1+ (10,2 %), 3+ и 4+ (по 12,4 %), 7+ (12,8 %) и 9+ и 10+ (по 8,0 %).

На участке бухта Ежовая — мыс Хитрово возраст ежей варьировал в пределах от 1+ до 9+. Возрастной состав был представлен унимодальной кривой с модой 5+ лет (38,9 %), доля остальных возрастных групп довольно резко снижалась и в возрасте более 7+ варьировала от 1,0 до 3,0 %.

Сравнительный анализ графиков возрастного состава показал, что наибольшая доля ежей в возрасте 1+ отмечена в районе мыса Надежды — 10,2 %, в остальных районах доля молоди была довольно низкой, от полного отсутствия у мыса Сосунова до 5,5 % в районе о. Скала Крейсер — мыс Лисученко. Низкая доля годовичков в большинстве проб, вероятно, обусловлена их меньшей доступностью для водолазных сборов, так как молодь морских ежей концентрируется в различного рода укрытиях (заросли водорослей, трещины, щели).

Для возрастного состава ежей в большинстве районов было характерно наличие провалов и пиков численности в отдельных возрастных классах, что свидетельствует о неравномерности ежегодного пополнения скоплений. Межгодовые различия в величине пополнения, в свою очередь, обусловлены воздействием внешних условий (гидрологического и температурного режимов, направленности течений) на выживаемость личинок и особенности их расселения.

В районах бухта Ежовая — мыс Хитрово, о. Скала Крейсер — мыс Лисученко и мыс Грозный — зал. Опричник пики численности приходились на возрастные классы, близкие к возрасту достижения ежами промысловых размеров. Так, на акватории от

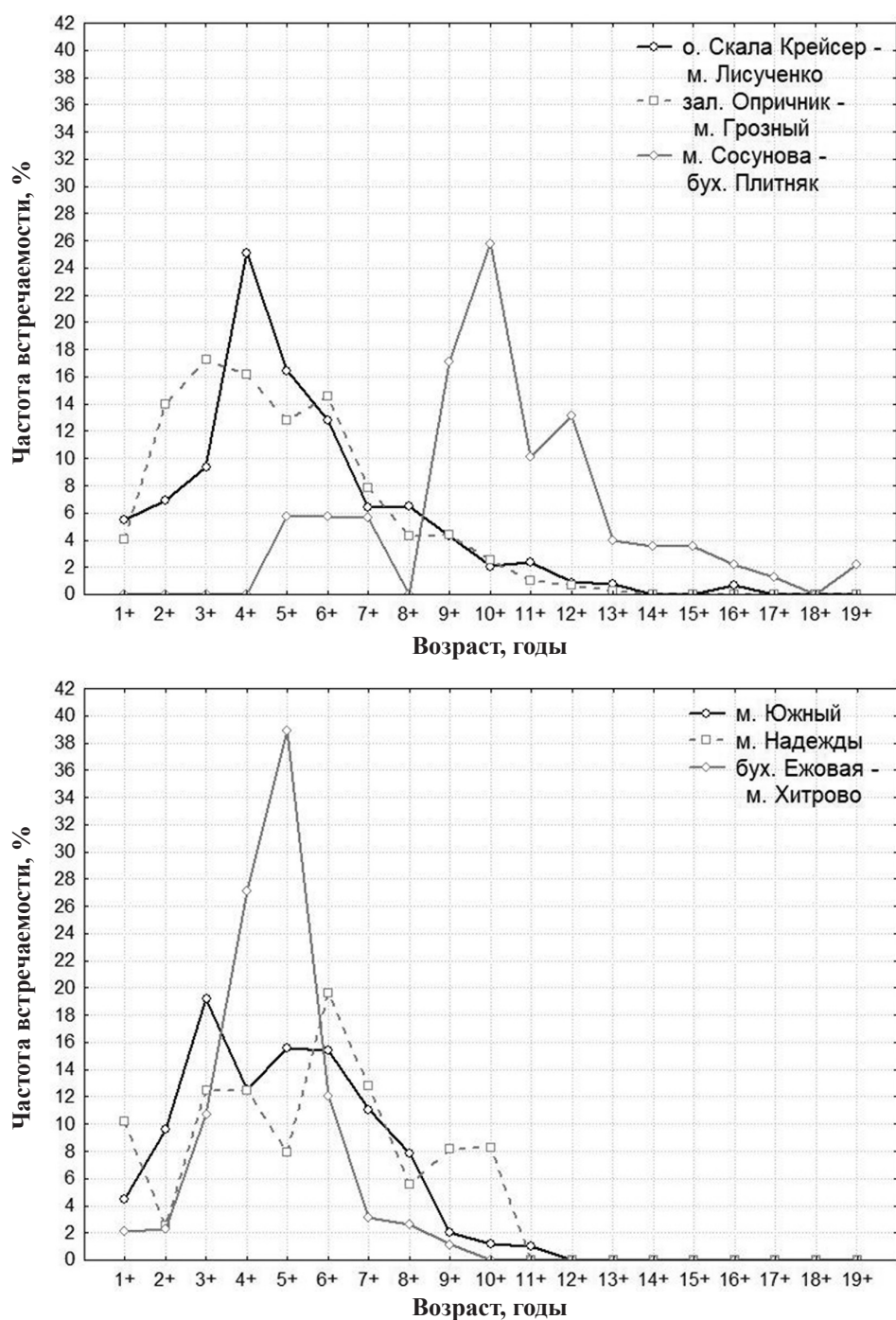


Рис. 6. Возрастной состав *S. intermedius* в районах сбора проб
 Fig. 6. Age composition of *S. intermedius*, by habitats

зал. Опричник до мыса Грозного 50 % ежей достигают промысловых размеров в возрасте около 3,5+, модальную группу составляли особи в возрасте 3,0+. В районе о. Скала Крейсер — мыс Лисученко промысловых размеров половина ежей в скоплении достигают в возрасте 4,5+, а пик численности ежей приходился на возрастной класс 4,0+ лет. То же наблюдалось в бухте Ежовой, где ежи становятся промысловыми в возрасте 6+. Отмеченная закономерность, возможно, связана с воздействием промысла, однако по данным размерного состава поселений ежей заметного снижения доли особей после достижения ими промысловых размеров не наблюдается.

В целом в большинстве районов, кроме акватории мыс Сосунова — бухта Плитняк, отмечено, что после достижения *S. intermedius* возраста 7+...9+ лет происходит значительное уменьшение доли старших возрастных групп, что косвенно может свидетельствовать о том, что в этих возрастных когортах происходит массовая элиминация животных.

Заключение

Установлено, что для *S. intermedius* у берегов северного Приморья характерна значительная пространственная вариабельность в скорости роста, кроме того, даже в одном районе при сходных условиях обитаниях средние размеры одновозрастных ежей могут изменяться в широких пределах. Из 6 исследуемых участков сравнительно высокие темпы роста характерны для *S. intermedius* на акваториях зал. Опричник — мыс Грозный и о. Скала Крейсер — мыс Лисученко, где 50 % ежей достигает промысловых размеров (45 мм) соответственно в возрасте 3,5+ и 4,5+. В районе мыс Сосунова — бухта Плитняк половина особей в поселении предположительно становятся промысловыми в возрасте от 3,5+ до 4,0+.

Отмеченные ранее крупные скопления мелкоразмерных ежей у мыса Южного, мыса Надежды и в районе бухта Ежовая — мыс Хитрово представлены в основном тугорослыми животными. В этих скоплениях средние и предельные размеры особей ниже, чем на акваториях, где наблюдались сравнительно высокие темпы роста ежей, также для таких районов характерно отсутствие или низкая доля особей промысловых размеров. На участке бухта Ежовая — мыс Хитрово 50 % *S. intermedius* становятся промысловыми лишь в возрасте 6+. На акваториях у мыса Южного и у мыса Надежды большинство животных в процессе роста так и не достигают промысловых размеров.

Таким образом, при определении величины промыслового изъятия серых морских ежей необходим дифференцированный подход, учитывающий локальные особенности роста ежей. Районы, где большинство животных в течение жизни не достигают промысловых размеров, не стоит рассматривать как перспективные для промысла и учитывать при расчете запасов *S. intermedius*, а также величины их пополнения.

Из-за довольно сильного разброса индивидуальных значений величины диаметра панциря одновозрастных особей по полученным кривым роста невозможно судить об индивидуальных особенностях роста, для их определения в дальнейшем планируется продолжение исследования с использованием методов обратного расчисления.

Список литературы

Белый М.Н. Определение индивидуального возраста и особенностей группового роста зеленого морского ежа (*Strongylocentrotus droebachiensis*) Тауйской губы // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 144. — С. 101–111.

Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. — М. : ВНИРО, 2003. — 80 с.

Борисовец Е.Э., Брегман Ю.Э., Викторовская Г.И., Калинина М.В. Биология серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) у северо-западного побережья Японского моря. I. Распределение и размерный состав скоплений // Изв. ТИНРО. — 2000. — Т. 127. — С. 416–439.

Брегман Ю.Э. К изучению популяционной структуры и роста серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) у северо-западного побережья Японского моря // Изв. ТИНРО. — 2000. — Т. 127. — С. 397–415.

Брыков В.А. Об индивидуальном возрасте и продолжительности жизни некоторых видов морских ежей Японского моря // Биол. моря. — 1975. — № 2. — С. 39–44.

Буяновский А.И. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двустворчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных : моногр. — М. : ВНИРО, 2004. — 306 с.

Викторовская Г.И., Матвеев В.И. Связь сроков размножения морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* с температурой воды у побережья северного Приморья // Океанол. — 2000. — Т. 40, № 1. — С. 79–84.

- Викторовская Г.И., Седова Л.Г.** Некоторые аспекты биологии серого морского ежа в центральном районе северного Приморья // Изв. ТИНРО. — 2000. — Т. 127. — С. 382–396.
- Крючкова Г.А.** Морфология личиночного скелета морских ежей залива Восток Японского моря // Биол. моря. — 1976. — № 4. — С. 45–54.
- Максимович Н.В.** Статистическая оценка различий между возрастными рядами // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 1990. — Вып. 316 : Применение математических методов в рыбохозяйственных гидробиологических исследованиях на внутренних водоемах СССР. — С. 59–67.
- Максимович Н.В.** Статистическое сравнение кривых роста // Вестн. ЛГУ. — 1989. — № 24. — С. 18–25.
- Малкин Е.М.** Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб : моногр. — М. : ВНИРО, 1999. — 146 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А.** Рост животных: анализ на уровне организма : моногр. — М. : Наука, 1976. — 291 с.
- Найденко Т.Х., Дзюба С.М.** Рост и созревание морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в лабораторных условиях // Биол. моря. — 1982. — № 4. — С. 20–24.
- Переладов М.В.** Полевая экспресс-методика определения возраста морских ежей // Прибрежные гидробиологические исследования. — М. : ВНИРО, 1999. — С. 241–242.
- Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана** : моногр. / отв. ред. Л.Н. Бочаров, И.В. Мельников. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2005. — 231 с.
- Селин Н.И.** Распределение, состав поселений и рост морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в зал. Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 1993. — № 2. — С. 55–65.
- Agatsuma Y.** Ecology of *Strongylocentrotus intermedius* // Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. — 2001. — Vol. 32. — P. 333–346.
- Agatsuma Y., Momma H.** Release of cultured seeds of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz), in the Pacific coastal waters of southern Hokkaido. 1. Growth and reproductive cycle // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. — 1988. — Vol. 31. — P. 15–25.
- Ebert T.A.** Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion // Ecology. — 1968. — Vol. 49, Iss. 6. — P. 1075–1091.
- Gage J.D.** Natural growth bands and growth variability in the sea urchin *Echinus esculentus*: results from tetracycline tagging // Mar. Biol. — 1992. — Vol. 114, Iss. 4. — P. 607–616.
- Gage J.D.** Skeletal growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus miliaris* // Mar. Biol. — 1991. — Vol. 110, Iss. 2. — P. 217–228.
- Jensen M.** Age determination of echinoids // Sarsia. — 1969. — Vol. 37, Iss. 1. — P. 41–44.
- Macia S., Robinson M.P.** Habitat-dependent growth in a Caribbean sea urchin *Tripleneustes ventricosus*: the importance of food type // Helgoland Marine Research. — 2008. — Vol. 62, Iss. 4. — P. 303–308.
- Pearse J.S. and Pearse V.B.** Growth Zones in the Echinoid Skeleton // Amer. Zool. — 1975. — Vol. 15, Iss 3. — P. 731–753.
- Raup D.M.** Theoretical morphology of echinoid growth // J. Paleontol. — 1968. — Vol. 42, Iss. S2. — P. 50–63.

References

- Belyj, M.N.**, Definition of individual age and features of group growth for the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) of the Tauyskaya Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 144, pp. 101–111.
- Blinova, E.I., Vilkova, O.Yu., Milyutin, D.M., and Pronina, O.A.**, *Metodicheskie rekomendatsii po uchetu zasov promyslovykh gidrobiontov v pribrezhnoi zone* (Methodological Recommendations for the Inventory of Stocks of Commercial Aquatic Species in the Coastal Zone), Moscow: VNIRO, 2003.
- Borisovets, E.E., Bregman, Yu.E., Victorovskaya, G.I., and Kalinina, M.V.**, Biology of grey sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) at the north-western coast of the Japan Sea. I. Distribution and size structure of populations, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2000, vol. 127, pp. 416–439.
- Bregman, Yu.E.**, To study of population structure and growth of grey sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) at the north-western coast of the Japan Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2000, vol. 127, pp. 397–415.
- Brykov, V.A.**, Individual age and life span of certain Species of sea urchins in the Sea of Japan, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1975, vol. 1, no. 2, pp. 111–116.
- Buyanovsky, A.I.**, *Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' razmernogo sostava v populyatsiyakh dvustvorchatykh mollyuskov, morskikh ezhei i desyatinogikh rakoobraznykh* (Spatio-temporal

Variability of Size Structure in Populations of Bivalve Mollusks, Sea Urchins, and Decapod Crustaceans), Moscow: VNIRO, 2004.

Viktorovskaya, G.I. and Matveev, V.I., Relation between the time of reproduction of the sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* and the water temperature of the northern Primor'e coast, *Oceanology*, 2000, vol. 40, no. 1, pp. 73–78.

Viktorovskaya, G.I. and Sedova, L.G., Some aspects of grey sea urchin biology in the central part of northern Primorye region, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2000, vol. 127, pp. 382–396.

Kryuchkova, G.A., Morphology of the larval skeleton of sea urchins of Vostok Bay of the Japan Sea, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1976, vol. 2, no. 4, pp. 237–243.

Maximovich, N.V., Statistical assessment of differences between age series, *Sb. Nauchn. Tr. - Gos. Nauchno-Issled. Inst. Ozer. Rechn. Rybn. Khoz.*, 1990, vol. 316, pp. 59–67.

Maximovich, N.V., Statistical comparison of growth curves, *Vestn. Leningr. Univ., Ser. 3: Biol.*, 1989, vol. 4 no. 24, pp. 18–25.

Malkin, E.M., *Reproduktivnaya i chislennaya izmenchivost' promyslovyykh populyatsii ryb* (Reproductive and Numerical Variability of Fish Commercial Populations), Moscow: VNIRO, 1999.

Mina, M.V. and Klevezal', G.A., *Rost zhivotnykh: analiz na urovne organizma* (Animal Growth: An Analysis on the Level of Organism), Moscow: Nauka, 1976.

Naidenko, T.Kh. and Dzyuba, S.M., Growth and maturation of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* in laboratory conditions, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1982, vol. 8, no. 4, pp. 197–202.

Pereladov, M.V., A field-based rapid method for determining the age of sea urchins, *Pribrzhnyye gidrobiologicheskie issledovaniya* (Coastal Hydrobiological Studies), Moscow: VNIRO, 1999, pp. 241–242.

Planirovanie, organizatsiya i obespechenie issledovaniy rybnykh resursov dal'nevostochnykh morei Rossii i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana (Planning, Conducting and Support of Fishery Resource Studies in the Far Eastern Seas of Russia and North-West Pacific Ocean), Bocharov, L.N., Melnikov, I.V., eds., Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2005.

Selin, N.I., Distribution, settlement structure, and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* in Peter the Great Bay, Sea of Japan, *Russ. J. Mar. Biol.*, 1993, vol. 19, no. 2, pp. 101–107.

Agatsuma, Y., Ecology of *Strongylocentrotus intermedius*, in *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*, Amsterdam: Elsevier, 2001, vol. 32, pp. 333–346.

Agatsuma, Y. and Momma, H., Release of cultured seeds of the sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz), in the Pacific coastal waters of southern Hokkaido. 1. Growth and reproductive cycle, *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn.*, 1988, vol. 31, pp. 15–25.

Ebert, T.A., Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion, *Ecology*, 1968, vol. 49, no. 6, pp. 1075–1091.

Gage, J.D., Natural growth bands and growth variability in the sea urchin *Echinus esculentus*: Results from tetracycline tagging, *Mar. Biol.*, 1992, vol. 114, no. 4, pp. 607–616.

Gage, J.D., Skeletal growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus miliaris*, *Mar. Biol.*, 1991, vol. 110, no. 2, pp. 217–228.

Jensen, M., Age determination of echinoids, *Sarsia*, 1969, vol. 37, no. 1, pp. 41–44.

Macia, S. and Robinson, M.P., Habitat-dependent growth in a Caribbean sea urchin *Tripneustes ventricosus*: The importance of food type, *Helgoland Mar. Res.*, 2008, vol. 62, no. 4, pp. 303–308.

Pearse, J.S. and Pearse, V.B., Growth zones in the echinoid skeleton, *Am. Zool.*, 1975, vol. 15, no. 3, pp. 731–753.

Raup, D.M., Theoretical morphology of echinoid growth, *J. Paleontol.*, 1968, vol. 42, pp. 50–63.

Поступила в редакцию 8.05.18 г.

Принята в печать 13.07.18 г.