

УДК 593.953(265.54)

РАЗМЕР И ВОЗРАСТ НАСТУПЛЕНИЯ ПОЛОВОЗРЕЛОСТИ СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS* У СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЯПОНСКОГО МОРЯ

© 2021 г. М. О. Чалиенко^{1, *}, М. В. Калинина¹, В. Н. Кулепанов¹, В. И. Матвеев¹

¹Тихоокеанский филиал “ВНИРО” (“ТИНРО”), Владивосток, Россия

*e-mail: yumbo@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.06.2019 г.

После доработки 09.03.2020 г.

Принята к публикации 08.04.2020 г.

Обсуждается влияние океанических и биотопических факторов на размер и возраст половой зрелости серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* вдоль северо-западного побережья Приморья. Установлена взаимосвязь между темпами роста и размерами половозрелости морских ежей: в скоплениях с высоким темпом роста размер 50%-ной половозрелости составляет 30–35 мм, а с низким – 20–22 мм. В поселениях южной части побережья северного Приморья окончательно половозрелыми *S. intermedius* становятся при достижении размеров 41–45 мм, в более северных районах – от 26–30 до 31–35 мм. На участках бухта Ежовая – мыс Хитрово и у мыса Надежды – возраст окончательной половозрелости составляет от 4+ до 5+, на остальных участках – 3+. Делается вывод о том, что в пределах исследованной акватории размеры и сроки наступления половозрелости в разных поселениях *S. intermedius* зависят не столько от широтной изменчивости температурного режима, сколько от локальных условий обитания, в первую очередь от обилия доступной пищи.

Ключевые слова: *Strongylocentrotus intermedius*, размер и возраст половозрелости, темп роста, океанические факторы, биотопические факторы, северо-западное побережье Японского моря

DOI: 10.31857/S0030157421010044

ВВЕДЕНИЕ

Серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz, 1863) распространен на тихоокеанском мелководье южной части Охотского моря, в Японском море и у южных Курильских островов [3]. У берегов Приморья он является одним из доминирующих по величине обилия видов, образующих устойчивые промысловые скопления [20]. Обитание в верхнесублиторальной зоне в неоднородных условиях со значительными колебаниями океанических факторов способствует приобретению *S. intermedius* определенных эколого-физиологических особенностей, касающихся его репродуктивного цикла и темпов роста [9, 10, 37 и др.]. Сильнее всего эти факторы влияют на интенсивность роста молодых особей как более чувствительных к условиям среды [26]. Акватория от мыса Поворотный до мыса Золотой (северное Приморье) является одним из основных районов промысла *S. intermedius*, однако исследований размера и возраста его половозрелости в локальных поселениях этого района ранее не проводилось. Данные по срокам и размерам полового созревания этого вида у берегов Приморья известны только для акваторий, расположенных южнее

мыса Поворотный: Уссурийского залива [14] и залива Посыета [6, 28, 29].

Настоящая работа продолжает серию публикаций, освещающих особенности роста и биологии размножения *S. intermedius* у северо-западного побережья Японского моря севернее мыса Поворотный [5, 11, 16, 36, 37], и посвящена определению размера и возраста наступления половозрелости *S. intermedius* в этом районе, а также оценке совокупного влияния биотических и абиотических факторов на эти параметры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом послужили пробы серого морского ежа, собранные на шести участках (у о-ва Скала Крейсер; в бухте Соколовская; на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово; у мыса Подчасок; у мыса Южный; у мыса Надежды) вдоль северо-западного побережья Приморья, в ходе проведения водозлазной съемки на НИС “Убежденный”, в третьей декаде августа–первой декаде сентября 2017 г. (на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово в первой декаде сентября 2015 г.) (рис. 1, табл. 1).

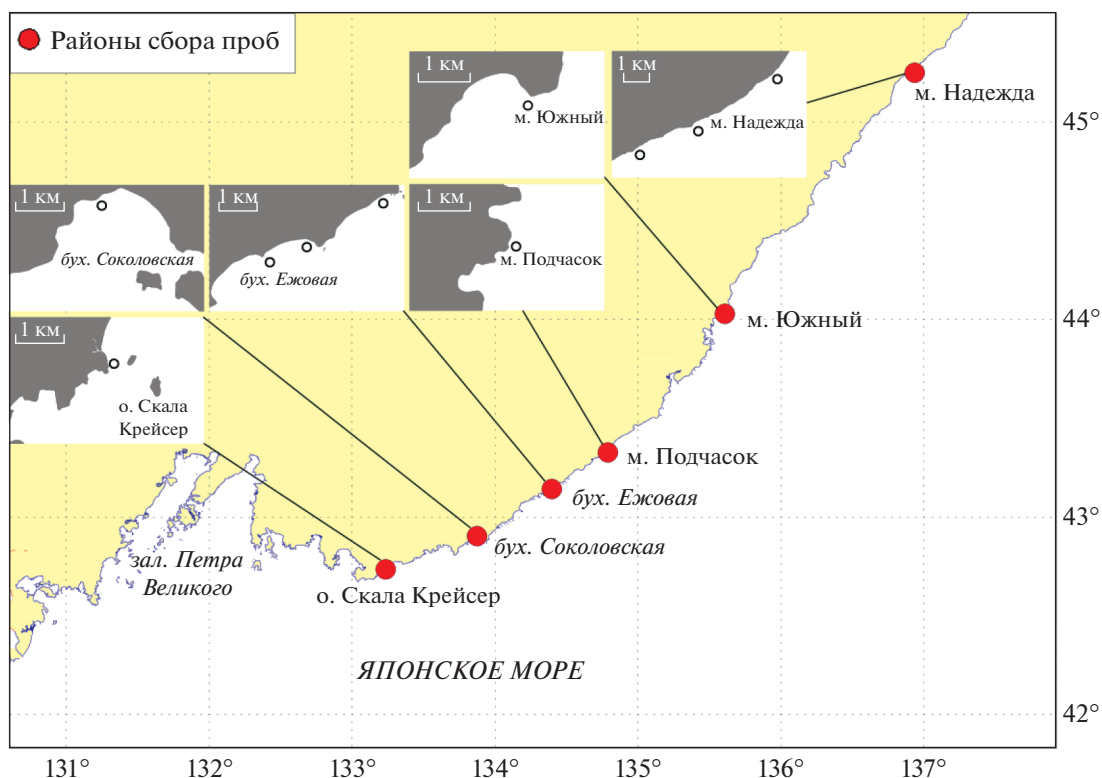


Рис. 1. Карта-схема районов сбора проб.

Общий биологический анализ проводился в основном у особей <math><45\text{ мм}</math>. У ежей измеряли диаметр панциря (точность $\pm 1\text{ мм}</math>), общую массу и массу гонады (точность $\pm 0.1\text{ г}</math>). Гонадный индекс (ГИ) рассчитывали как отношение массы гонады к общей массе ежа, выраженное в процентах. Достоверность различий средних значений ГИ проверяли по критерию Стьюдента при уровне значимости $p = 0.05$, для сравнения средних ГИ половозрелых ежей с разных районов использовались поправки, учитывающие многократ-$$

ность сравнений [13]. Пол и стадию зрелости гонады определяли на прижизненных мазках под световым микроскопом по следующей классификации [34]: 1 – пролиферации (начала развития), 2 – дифференциации (активного гаметогенеза), 3 – нерестовая или зрелой гонады, 4 – посленерестовая. Отдельно отмечали ежей с частично опустошенными гонадами, находящимися в состоянии нереста. Самцов и самок дифференцировали на ювенильных и половозрелых по степени развития половых желез [28, 38, 40]. Размер и возраст

Таблица 1. Характеристика районов исследования и объем материала

| Район | Глубина, м | Грунт (*) | Граница залегания твердых грунтов, м | Уклон дна | Степень открытости (**) | Коэффициент ветрового воздействия | Кол-во экз. |
|---------------------------|------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------|
| О-в Скала Крейсер | 3 | Скала, валуны, глыбы | 7 | $<1^\circ$ | 3 тип | 105 | 75 |
| Бухта Соколовская | 3 | Скала, валуны | 3 | $<1^\circ$ | 3 тип | 101 | 35 |
| Бух. Ежовая – мыс Хитрово | 3–6 | Скальное плато, камни | 3–6 | $1^\circ\text{--}2^\circ$ | 2 тип | 68 | 90 |
| Мыс Подчасок | 4–5 | Камни, валуны | 10 | 6° | 2 тип | 41 | 34 |
| Мыс Южный | 4 | Скальное плато | 20 | $<1^\circ$ | 2 тип | 81 | 162 |
| Мыс Надежда | 4–6 | Скальное плато | 4–8 | $<1^\circ$ | 2 тип | 85 | 104 |

* По: Арзамасцев, Преображенский, 1990; Бажин, Степанов, 2012.

** По: Лукин, 1982.

50%-ной половозрелости определяли с помощью уравнения Ферхюльста [23].

Индивидуальный возраст *S. intermedius* определяли путем подсчета концентрических полос роста на пластинках интерамбулакralного ряда панциря [36]. Обработка пластинок проводилась по методу Йенсен [41]. Фрагменты панцирей с внешней стороны зашлифовывали и обжигали над пламенем спиртовки, пластинки помещали в спирт и просматривали под биноклем в отраженном свете.

Темпы роста *S. intermedius* определяли по материалам, собранным в 2001 и 2015–2017 гг. в летне-осенний период. Групповой рост описывали с помощью уравнения Бергаланфи, значения коэффициентов уравнения подбирали по алгоритму, описанному Максимовичем [25].

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ MS Excel и Statistica. Для построения кривых роста возраст был определен у 1434 экз., для вычисления размера и возраста половозрелости – у 499 экз.

Тип грунта определялся водолазом непосредственно на дне визуальным и тактильным, по классификации морских осадков [1]. Площадь обследуемого участка составляла от 3 до 100 м², в зависимости от видимости. На отдельных разрезах выполнялась подводная съемка камерой GoPro HERO 3. Угол наклона подводного склона оценивали по расстоянию от уреза воды до глубины 20 м с помощью геоинформационной системы MapInfo Professional.

Оценка численности и качественного состава водной растительности проводилась по материалам водолазных съемок 2004–2017 гг. стандартными методами [4, 12]. Определяли общее проективное покрытие дна макрофитами (ОПП) и проективное покрытие отдельными видами (ПП).

Температурный режим вод определяли с использованием всех доступных данных океанологических наблюдений с 1975 по 2015 гг. Основная их часть взята из океанографического массива ТИПРО-Центра и дополнена данными OCEAN DATA VIEW [42]. К работе привлекались станции до 25–30 м. Недостоверные значения характеристик отбраковывались с учетом региональных особенностей побережья Приморья. Расчет средних многолетних месячных значений температуры проводился для глубин 0,5, 10 и 20 м, полученные результаты относились к середине месяца, что позволило определить сроки перехода температуры через 5°C в среднемноголетнем аспекте. Всего было исследовано 956 станций. Сумму тепла (градусо-дни) рассчитывали по методике, приведенной в работе Викторovской и Матвеева [9]. Степень ветрового воздействия (СВВ) вычисляли по методике, предложенной Преображенским с соавторами [30]. Использовались данные бли-

жайших к участкам гидрометеостанций за период с 2008 по 2018 гг., взятые с сайта gr5.ru.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Размер и возраст половозрелости. Морские беспозвоночные становятся половозрелыми, когда достигают определенных размеров (для морских ежей – около 30% от максимального), при которых их плодовитость становится сопоставима с плодовитостью взрослых особей [46, 49]. Считается, что для каждого вида размер половозрелости является величиной более постоянной, чем возраст половозрелости [19], и отмечается зависимость этих параметров от условий обитания [29, 45, 50 и др.].

Исследованные нами акватории относятся к южной (у о-ва Скала Крейсер, бухта Соколовская, бухта Ежовая – мыс Хитрово, у мыса Подчасок) и средней (у мысов Южный и Надежды) частям побережья северного Приморья, различающихся по температурному режиму вод и продолжительности периодов отрицательных температур [9]. Как видно из рис. 2, сравнительно высокие темпы роста характерны для скоплений ежей в бухте Соколовская, у мыса Подчасок и у о-ва Скала Крейсер (южная часть побережья), а у мысов Южный и Надежды (средняя часть побережья) они значительно ниже. В районе бухта Ежовая – мыс Хитрово, относящемся к южной части побережья, темпы роста ежей имеют средние показатели. Для построения графиков линейного роста и кривых полового созревания были использованы разные по объему и площади сбора выборки, поэтому средние размеры ежей в соответствующих возрастных классах между ними могут несколько различаться.

Размеры исследованных *S. intermedius* изменялись от 5 до 51 мм. Минимальные размеры половозрелости на разных участках варьировали от 15 мм (у мыса Южный) до 31 мм (у о-ва Скала Крейсер). Размеры 50%-ной половозрелости составили у о-ва Скала Крейсер 35 мм, в бухте Соколовская – 34 мм, у мыса Подчасок – 30 мм, на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово – 28 мм, у мыса Южный – 20 мм и у мыса Надежды – 22 мм (рис. 3).

Возраст морских ежей в пробах варьировал от 1+ до 8+ лет. В выборках, собранных у мысов Южный и Надежда, практически полностью отсутствовали особи в возрасте 2+ (5 и 3 экз. соответственно), что можно объяснить пространственно-временной нестабильностью пополнения, свойственной многим малоподвижным морским беспозвоночным. В связи с этим, при построении кривых созревания особи в возрасте 2+ в этих районах не учитывались. У мыса Подчасок в пробах, напротив, были отмечены только экземпля-

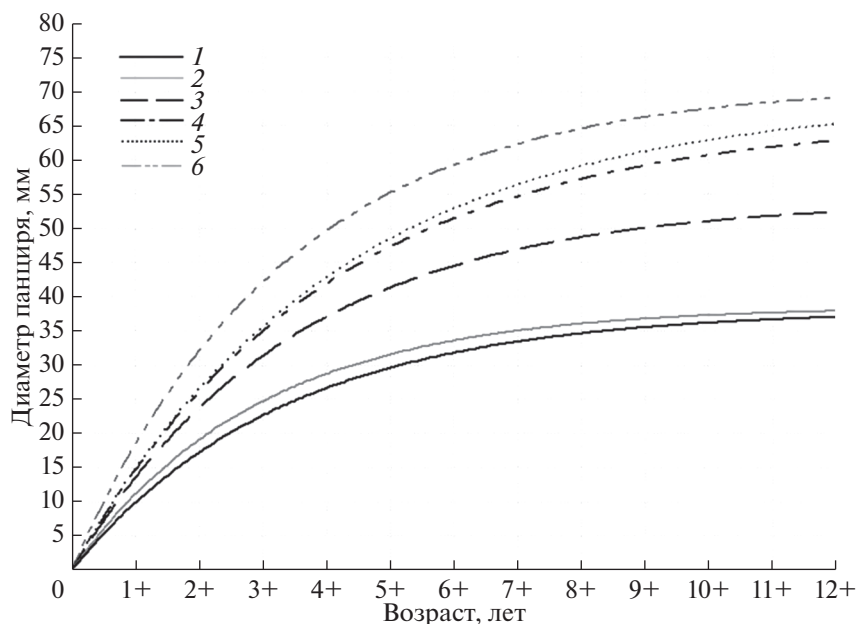


Рис. 2. Групповой рост *S. intermedius* у побережья Приморья: 1 – у мыса Южный; 2 – у мыса Надежды; 3 – бухта Ежовая – мыс Хитрово; 4 – у мыса Подчасок; 5 – в районе о-ва Скала Крейсер; 6 – в бухте Соколовская.

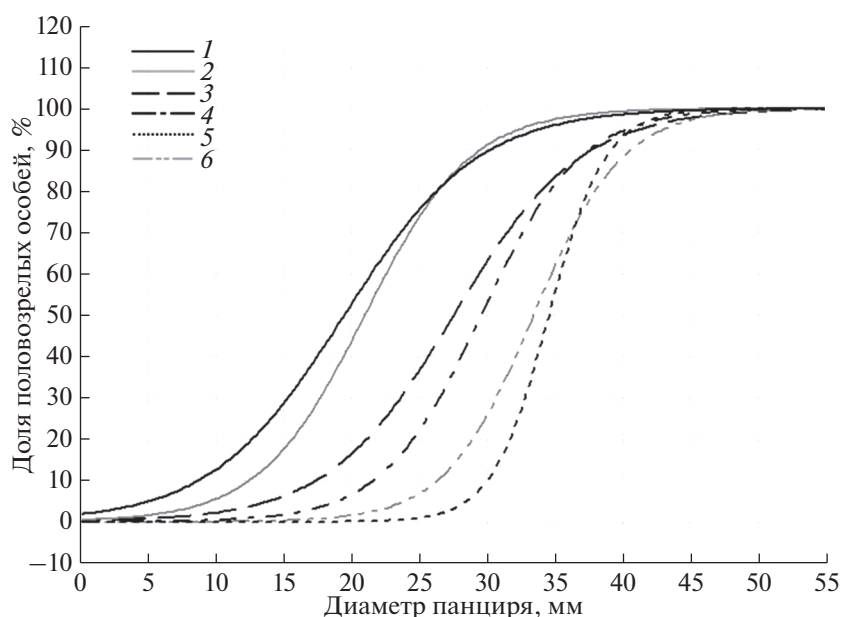


Рис. 3. Доля половозрелых особей *S. intermedius* в разных размерных классах: 1 – у мыса Южный; 2 – у мыса Надежды; 3 – бухта Ежовая – мыс Хитрово; 4 – у мыса Подчасок; 5 – в районе о-ва Скала Крейсер; 6 – в бухте Соколовская.

ры в возрасте 1+ и 2+, поэтому кривая созревания для этого района не представлена.

По нашим данным (по уравнению Ферхюльста), 50%-ной половозрелости в большинстве районов (у о-ва Скала Крейсер, в бухте Соколовская, у мысов Южный и Надежды) ежи достигают в возрасте около 2+, а на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово в возрасте 3+ (рис. 4). Учитывая, что у мыса Подчасок у ежей в возрасте 1+ и 2+ в гонадах присутствовали зрелые половые клетки (у 48 и

70% соответственно), с большой долей вероятности можно утверждать, что 50%-ной половозрелости они достигают в возрасте от 1+ до 2+. Зрелые гаметы в гонадах ежей в возрасте 1+ также отмечались во всех остальных районах (за исключением района от бухты Ежовая до мыса Хитрово), где доля таких ежей варьировала от 15 до 23%.

На всех исследованных участках с увеличением размеров ежей доля половозрелых особей постепенно возрастала (табл. 2, рис. 3). Так как у

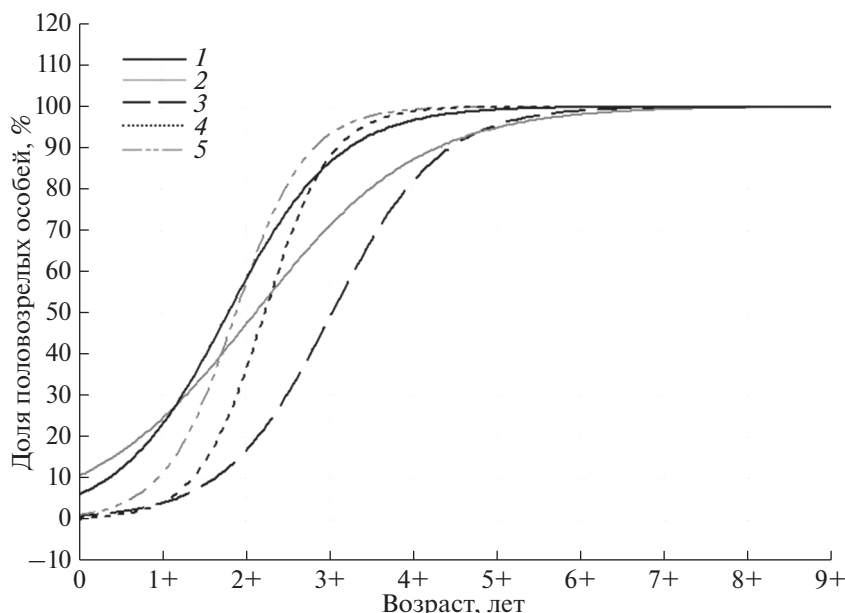


Рис. 4. Доля половозрелых особей *S. intermedius* в разных возрастных группах: 1 – у мыса Южный; 2 – у мыса Надежды; 3 – бухта Ежовая – мыс Хитрово; 4 – в районе о-ва Скала Крейсер; 5 – в бухте Соколовская.

S. intermedius нерестовый период весьма растянут во времени в выборках обычно наблюдается значительная изменчивость половозрелых особей по состоянию гонад. Как правило в момент сбора материала у небольшого количества половозрелых ежей по разным причинам могут отсутствовать зрелые половые клетки в гонадах. В связи с этим в настоящей работе сроки и размеры наступления окончательной половой зрелости *S. intermedius* в биотопах определялись по размеру и возрасту, при которых большинство особей (более 90%) имели гонады со зрелыми половыми клетками. Учитывая большую условность приближенного описания реальных кривых полового созревания с помощью уравнения Ферхюльста, в настоящей работе размер и возраст окончатель-

ной половозрелости животных определяли по эмпирическим данным с указанием примерных размерных и возрастных диапазонов (табл. 2).

В поселениях, расположенных в южной части северного Приморья, окончательно половозрелыми (более 90% особей) *S. intermedius* становятся при достижении ими размеров 41–45 мм, а в более северных районах у мыса Южный – 26–30 мм и у мыса Надежды – 31–35 мм (табл. 2). Возраст окончательной половозрелости ежей в разных районах также различался. У о-ва Скала Крейсер, в бухте Соколовская и у мыса Южный большинство ежей (более 90%) достигают половой зрелости в возрасте 3+, а у мыса Надежды и на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово – от 4+ до 5+. Так как на акваториях у о. Скала Крейсер и у мыса

Таблица 2. Доля половозрелых особей у разноразмерных *S. intermedius* в разных районах

| Размерные классы, мм | Доля половозрелых <i>S. intermedius</i> , % | | | | | |
|----------------------|---|---------|---------|---------|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 11–15 | – | – | – | – | 18 | – |
| 16–20 | – | – | – | 0 | 34 | 38.1 |
| 21–25 | 0 | 20 | 38 | 0 | 64 | 66.7 |
| 26–30 | 0 | 0 | 53 | 50 | 96 | 79 |
| 31–35 | 33 | 57 | 71 | 75 | 96 | 90 |
| 36–40 | 82 | 71 | 92 | 75 | 100 | 100 |
| 41–45 | 100 | 100 | 96 | – | 100 | 100 |
| a^* | 7.2248 | 4.4703 | 2.5807 | 3.535 | 1.726 | 2.3474 |
| b^* | –0.2089 | –0.1336 | –0.0937 | –0.1195 | –0.08867 | –0.1119 |
| L_{50} , мм | 34.6 | 33.5 | 27.6 | 29.6 | 19.5 | 21 |

Примечание. 1 – о-ва Скала Крейсер, 2 – бухта Соколовская, 3 – бухта Ежовая – мыс Хитрово, 4 – мыс Подчасок, 5 – мыс Южный, 6 – мыс Надежды.

* Параметры уравнения Ферхюльста.

Подчасок темпы роста ежей приблизительно сходные (рис. 2), с большой долей вероятности можно предположить, что у мыса Подчасок массовое созревание ежей также происходит в возрасте 3+. Следует отметить, что в настоящей работе размер и возраст половой зрелости определялся у животных, взятых с небольших глубин (3–6 м), на больших глубинах значения этих параметров могут быть выше.

Ранее было показано, что для разных поселений *S. intermedius* северо-западного побережья Японского моря от мыса Поворотный до мыса Золотой характерна значительная пространственная вариабельность темпов роста и размерного состава [36]. В настоящей работе установлено, что в разных локальных поселениях размеры наступления половозрелости ежей также различаются. Отмечается, что в районах с высокими темпами роста животных (у о-ва Скала Крейсер, в бухте Соколовская и у мыса Подчасок) размеры 50%-ной половозрелости были значительно выше, чем с низкими (у мысов Южный и Надежды): соответственно 30–35 и 20–22 мм. Ежи, обитающие на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово, по этому показателю занимают промежуточное положение. Размеры, при которых *S. intermedius* достигают окончательной половозрелости, также были существенно выше в районах с высокими темпами роста ежей, за исключением участка бухта Ежовая – мыс Хитрово, где при низких темпах роста размер окончательной половозрелости ежей был сопоставим с таковым у животных из районов с высокими темпами роста. Однако при этом возраст половозрелости у них был выше.

Таким образом, размеры половозрелости *S. intermedius* тесно связаны с интенсивностью их роста: в поселениях с более высоким темпом роста значения этого показателя значительно выше, чем с низким. Та же закономерность отмечена для морских двустворчатых моллюсков [31] и некоторых видов рыб [15]. Вероятнее всего, эта взаимосвязь объясняется различиями условий обитания, выходящими за рамки толерантных для *S. intermedius* в скоплениях с низким темпом роста. На зависимость размеров половозрелости морских ежей от условий их обитания указывают и другие авторы. Так, в кутовой части бухты Троицы (южное Приморье) *S. intermedius* становятся половозрелыми в возрасте 2+ при достижении размеров 25–30 мм [28], в то время как на более глубоких и мористых участках этой же бухты размер половозрелости у них составляет 32.3 ± 5.4 мм [6]. По данным Гнездиловой [14], в заливе Петра Великого размер половозрелости этого вида составляет 40–45 мм. На зависимость размеров и возраста половозрелости серых морских ежей от широтной зональности и глубины обитания указывают и японские авторы. У южного побережья о-ва Хоккайдо *S. intermedius* становятся поло-

возрелыми в возрасте 2-х лет при достижении средних размеров 28 мм [38], а у юго-западного побережья – 30–35 мм [40]. У северо-западного и северного побережья о-ва Хоккайдо на мелководье (<1.5 м) 50%-ной половозрелости ежи достигают в возрасте 2-х лет и размере 15–20 мм, а в более глубоководных биотопах в возрасте 3-х лет и 30 мм [44].

Размерно-половая структура. В исследуемый период (3-я декада августа–1-я декада сентября) гонады морских ежей были хорошо развиты и у большей части взрослых особей находились в преднерестовом и нерестовом состоянии: у самок в просветах половых трубочек присутствовали зрелые яйцеклетки, готовые к вымету или ооциты на последних стадиях роста и созревания, у самцов они были заполнены спермиями и сперматоцитами. У некоторой части особей половые железы были частично или полностью опустошенными, то есть ежи находились в состоянии нереста.

Индивидуальные значения гонадного индекса у половозрелых особей в разных районах варьировали от 1.4 до 25%, а средние по разным размерным классам – от 6.5 до 15.4%. У неполовозрелых особей значения этих показателей были достоверно ниже и варьировали от 0.1 до 14.3% и от 4.0 до 8.2% соответственно. Среди особей, достигших размеров окончательной половозрелости (>40 мм для районов южной и >30 мм средней частей побережья), достоверно большие средние значения ГИ отмечались в бухте Соколовская (14.9%), а наименьшие на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово (8.2%). Средние значения этого показателя в других районах варьировали от 12 до 10.2% и достоверно не различались.

Степень наполнения гонад у морских ежей зависит от многих факторов, из которых одним из основных является обилие доступной пищи в период их активного роста [33, 44]. В свою очередь, интенсивность питания в большей степени зависит от температуры и физиологического состояния ежей [34, 19], а на доступность пищи существенное влияние оказывают гидродинамика и мезорельеф дна [47, 48]. В наших предыдущих работах было показано, что наилучшее наполнение гонад у *S. intermedius* отмечалось в биотопах с хорошо развитой разнородной растительностью, сложным мезорельефом дна и активной гидродинамикой [17, 18]. При этом величина ГИ была максимальной как на участках с доминированием ламинарии японской и филлоспадикса, так и в биотопах со смешанными зарослями при доминировании красных и бурых водорослей. В настоящей работе сравнительно более высокие значения ГИ у ежей в преднерестовом состоянии были отмечены в бухте Соколовская с наивысшей плотностью зарослей макрофитов, умеренно защищенным берегом и дном, покрытым крупно-

обломочными грунтами, создающими укрытия и благоприятные условия для питания ежей.

Соотношение полов в разных размерных классах *S. intermedius* рассчитывалось отдельно для районов, относящихся к южной и северной частям побережья, поскольку размеры окончательной половозрелости там существенно отличались (41–45 и 31–35 мм соответственно). Отмечается, что в обоих случаях среди особей, не достигших размеров половозрелости (<41 и <31 мм соответственно), преобладали самцы, доля которых в размерных классах уменьшалась по мере увеличения размеров ежей и в целом составила соответственно 1.2 : 1 и 1.4 : 1 (табл. 3). В районах южной части побережья соотношение полов среди половозрелых особей, представленных только одним размерным классом 41–45 мм, характеризовалось небольшим преобладанием самок, а в районах средней части для размерной группы 31–45 мм в целом было равным.

Преобладание самцов среди мелкоразмерных *S. intermedius* отмечают и другие авторы [28, 38, 40]. Это характерно для большинства морских двустворчатых моллюсков и иглокожих в период ювенильной сексуальности и зависит от генетических механизмов формирования пола [19]. Среди взрослых особей, относящихся к основной репродуктивной группе, соотношение полов обычно равное. Сдвиг соотношения полов может происходить под воздействием различных факторов: условий внешней среды, выходящих за границы физиологического оптимума, размерного и возрастного составов, плотности поселения, неблагоприятной экологической обстановки, стресса и др. [8, 46].

Биотопическая характеристика районов обитания ежей. Известно, что на темпы роста морских ежей влияют локальные особенности температурного режима, которые непосредственно воздействуют на интенсивность метаболизма животных и косвенно, через обеспеченность их пищей, на трофность водоемов и уровень первичной продукции [21, 26]. Акватория вдоль северо-западного побережья Приморья от мыса Поворотный до мыса Надежды относится к центральной части ареала *S. intermedius*, где он обитает преимущественно в верхнесублиторальной зоне, до 25 м, совершая незначительные вертикальные миграции [3]. Оптимальный температурный диапазон для него варьирует от 10–12 до 20–23°C, температура выше 24–27°C и ниже 5°C приводит к замедлению скорости роста даже при благоприятных условиях питания [3, 39].

По данным Викторской и Матвеева [9], южная и средняя части побережья северного Приморья различаются по количеству дней с отрицательными температурами (соответственно 75 и 90 сут), максимальным температурам про-

Таблица 3. Соотношение полов у разноразмерных *S. intermedius*

| Размерные классы, мм | Соотношение полов (самцы : самки) | |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | Южная часть побережья | Средняя часть побережья |
| 11–20 | Нет данных | 1.6 : 1 |
| 21–30 | 1.6 : 1 | 1.3 : 1 |
| 31–35 | 1.3 : 1 | 1.1 : 1 |
| 36–40 | 1 : 1 | 1 : 1.2 |
| 41–45 | 1 : 1.2 | 1 : 1.2 |

грева воды (соответственно 19–20 и 16–18°C) и сумме тепла, необходимой для развития гамет *S. intermedius* (соответственно 1400–1500 и 1200–1300 градусо-дней (ГД)). По нашим данным, различия по температурному режиму исследованных районов обитания ежей, относящихся к южной и средней частям побережья, не столь существенны, что, вероятнее всего, можно объяснить локальными особенностями их местообитаний и сравнительно небольшой протяженностью исследованной акватории. Так, самая высокая среднемесячная температура была отмечена у о-ва Скала Крейсер (19.9°C), а наименьшая у мыса Южный (15.3°C), при этом значение этого показателя у мыса Надежды (18.8°C) – самого северного района, было выше, чем в районах, относящихся к южной части побережья – бухте Соколовской (18.4°C) и у мыса Подчасок (18.2°C). Сумма эффективных для роста *S. intermedius* температур (>5°C) в местах их обитания была наибольшей в районе о-ва Скала Крейсер (2309.1 ГД) и у мыса Подчасок (2308.1 ГД), а наименьшей у мыса Южный (2090.5 ГД) и в районе бухта Ежовая – мыс Хитрово (2090.7 ГД), относящемуся к южной части побережья (рис. 5). В то же время, сумма эффективных температур у мыса Надежды (2214.6 ГД) была сравнима с таковой для бухты Соколовская (2252.6 ГД).

Акватории у о-ва Скала Крейсер и в бухте Соколовская приурочены к наиболее южной части северного Приморья – району от мыса Поворотный до мыса Овсянкина, характеризующемуся, в отличие от более северных выровненных побережий, значительной изрезанностью береговой линии крупными и мелкими бухтами и присутствием многочисленных ручьев и рек. Оба участка сбора проб – кутовая часть глубоко вдающейся в берег бухты Соколовская, а также участок в районе о-ва Скала Крейсер, прикрытый от прямого действия волн надводными камнями, относятся к умеренно защищенному типу побережий со сравнительно высокой степенью ветрового воздействия – 101–105 (табл. 1). Однако с учетом топографических особенностей, степень гидродинамической активности здесь ниже, чем на участках открытого побережья. Акватория у мыса Подча-

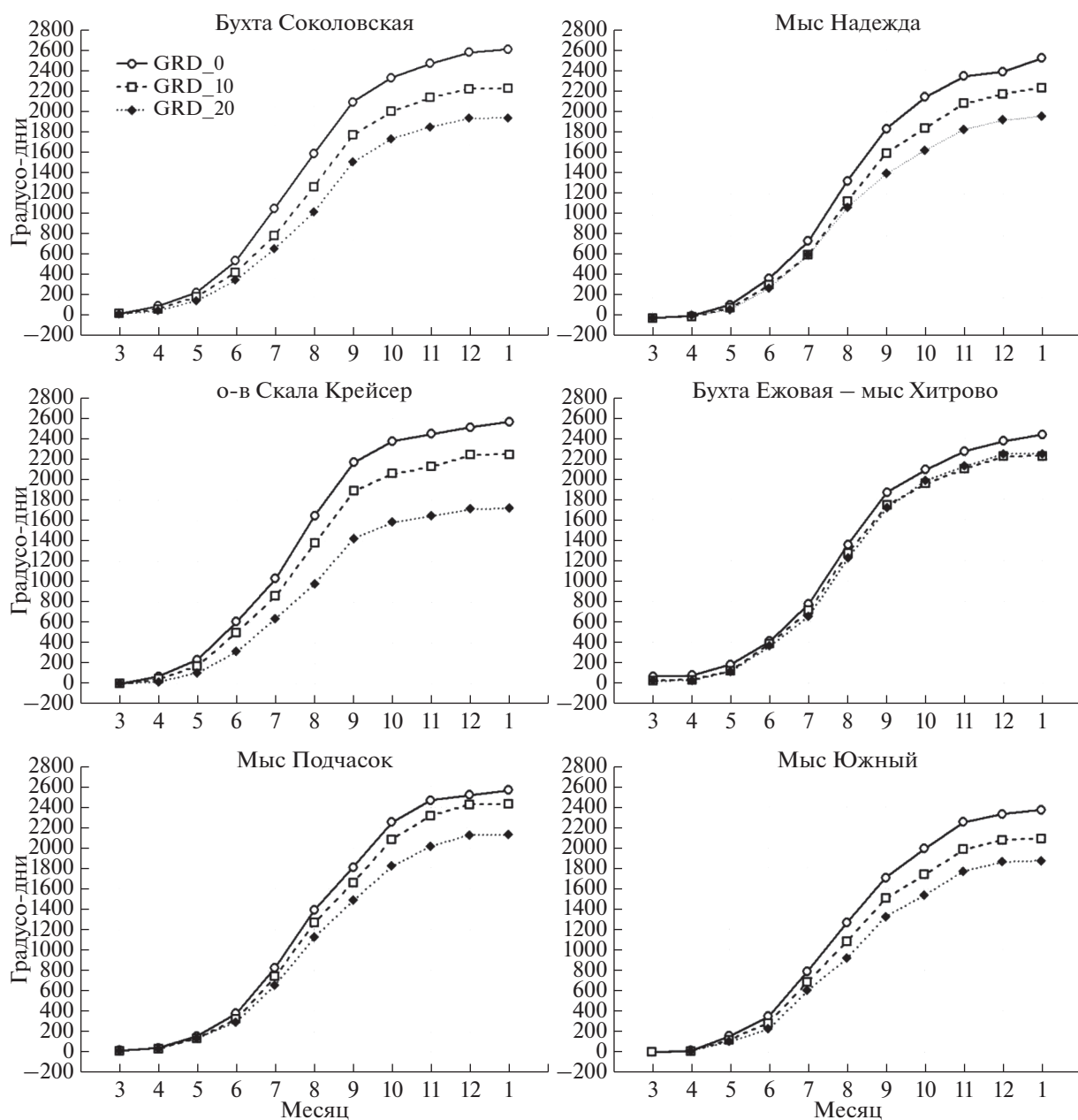


Рис. 5. Количество положительных градусо-дней на разных глубинах в районах обитания *S. intermedius*.

сок имеет наиболее приглубый подводный береговой склон, не защищенный от прямого действия волн, при этом степень ветрового воздействия здесь в сравнении с остальными районами исследований самая низкая и примерно в два раза ниже, чем в двух предыдущих районах – 41, что, несмотря на открытость побережья, в совокупности может свидетельствовать о сравнительно умеренном влиянии гидродинамики на морских ежей. На этих трех акваториях дно образовано в основном крупнообломочными грунтами (скальными плитами, глыбами и валунами), представляющими животным укрытия от воздействия морского прибоя и способствующими задержке и

оседанию объектов дрейфовой и седиментационной природы [37]. В районах со сниженными темпами роста ежей (бухта Ежовая – мыс Хитрово, у мысов Южный и Надежды) они обитают на слабозащищенных открытых морских побережьях, где подводный береговой склон представлен плоской скалистой платформой, лишь местами покрытой валунами и глыбами, что увеличивает стрессовое воздействие прибоя на ежей и способствует снижению темпов роста. Следует отметить, что во всех районах, кроме акватории у мыса Южный, граница залегания твердых грунтов, предпочитаемых серыми ежами, была менее 10 м. Таким образом, область обитания ежей в этих

Таблица 4. Среднее проективное покрытие массовыми видами макрофитов в исследованных районах

| Район | ОПП | Проективное покрытие, % | | | | | |
|----------------------------|------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|
| | | <i>Saccharina japonica</i> | <i>Costaria costata</i> | <i>Desmarestia viridis</i> | <i>Phyllospadix iwatensis</i> | Rhodophyta* | Chlorophyta |
| О-в Скала Крейсер | 34.4 | 18 | 6 | 7 | 1 | 0.2 | 1 |
| Бухта Соколовская | 71.9 | 21.6 | 17.9 | 30.4 | 1 | 0.3 | 0.3 |
| Бухта Ежовая – мыс Хитрово | 35.3 | 6.4 | 19.7 | 3.4 | 2.4 | 0.9 | 1.6 |
| Мыс Подчасок | 35 | 3.4 | 8.7 | 8.9 | 14.5 | 0.4 | 0 |
| Мыс Южный | 1.6 | 0 | 0 | 1.2 | 0.6 | 0 | 0 |
| Мыс Надежда | 16.3 | 2.6 | 8 | 0.8 | 0.7 | 0.25 | 0.21 |

* Кроме класса Corallinales.

районах ограничена участками дна в наибольшей степени подверженных воздействию гидродинамики и с более выраженными сезонными изменениями температурного режима воды.

Серые морские ежи – всеядные животные с преобладанием фитофагии, спектр питания которых в первую очередь определяется составом кормовых объектов в месте обитания [18, 43]. Считается, что ламинария японская (*Saccharina japonica*) является предпочитаемой ежами пищей, наиболее способствующей их соматическому и гонадному росту. При отсутствии пластинчатых водорослей ежи начинают употреблять в пищу детрит, красные корковые, известковые и сине-зеленые водоросли, листовой опад и остатки морских животных [32, 33, 44]. При этом интенсивность питания в большей степени зависит от скорости водообмена и физиологического состояния ежей, чем от вида поедаемой пищи.

Районы с высокими темпами роста ежей (у о-ва Скала Крейсер, мыса Подчасок и бухты Соколовская) характеризуются хорошо развитой растительностью (общее проективное покрытие (ОПП) от 34.4 до 72%) с доминированием в фитоценозах бурых пластинчатых водорослей и морских трав (табл. 4) и умеренной плотностью ежей (до 10 экз/м²).

В районах с низкими темпами роста ежей растительность развита гораздо слабее: у мыса Надежды (ОПП 16.3%) она была представлена в основном костарией и ламинарией, у мыса Южный (ОПП 1.6%) преобладали красные корковые и известковые водоросли, а макрофиты практически отсутствовали и были представлены десмарестией и филлоспадикусом (табл. 4). При этом, плотность ежей здесь довольно высокая – до 34 экз/м² у мыса Надежды и до 25 экз/м² у мыса Южный [37]. Участок бухта Ежовая – мыс Хитрово, где темпы роста ежей имели средние значения, характеризуется хорошо развитой разнородной растительностью (ОПП 35.3%), с преобладанием костарии. Сравнительно более низкие темпы роста ежей на этом участке могут быть обусловлены стрессовым

воздействием на них прибою, а также пищевой конкуренцией, вызванной повышенной плотностью ежей, достигающей в этом районе 55 экз/м² [37].

Отмечается, что хорошо развитая водная растительность наблюдалась в районах, вблизи которых в море впадали реки и ручьи (у о-ва Скала Крейсер, в бухте Соколовская, участок бухта Ежовая – мыс Хитрово, у мыса Подчасок). Воздействие речного стока, несущего богатые биогенами воды, и наличие твердых грунтов создает благоприятные условия для роста и развития фитоценозов в этих районах. На участке побережья, к которому относятся район у о-ва Скала Крейсер и бухта Соколовская, задержке и накоплению на дне взвешенных в воде веществ способствует еще и значительная изрезанность береговой линии и сложный мезорельеф дна. Здесь произрастают промысловые поселения *S. japonica* [22]. Акватории у мыса Подчасок и от бухты Ежовая до мыса Хитрово имеют довольно ровную береговую линию, однако развитию фитомассы в этих районах, вероятно, способствуют стоки рек Черная, Маргаритовка и Петропавловка, впадающих в море вблизи этих районов.

Таким образом, различия в темпах роста и размерах полового созревания серых ежей в нашем случае обусловлены не столько широтной изменчивостью температурного режима, сколько локальными условиями обитания, в которых наиболее результативными факторами являются условия питания и обилие доступной пищи. Данное предположение подтверждается результатами ранее проведенных исследований, показавших, что при благоприятных условиях питания высокие темпы роста ежей могут наблюдаться как в южной, так и в северной частях Приморья [7, 37].

Согласно Бажину и Лоуренс [2], ежи семейства Strongylocentrotidae в условиях наиболее типичных местообитаний, близких к оптимальным, реализуют “конкурентный” тип стратегий, при котором энергетические ресурсы равномерно расходуются на три базовые функции: поддержание жизнедеятельности, рост и воспроизводство. Од-

нако при обитании в субоптимальных условиях, например, в “ежиных пустошах”, при недостатке пищи или жизненного пространства, ежи могут проявлять черты “стресс-толерантного” вида, направляя основные энергетические траты на поддержание жизнедеятельности, в ущерб расходам на репродуктивную и соматическую продукцию, что проявляется в снижении темпов роста животных, увеличении времени до наступления половозрелости и снижении величины “гонадной продукции”.

В нашем случае снижение темпов роста и размеров половозрелости, а также увеличение времени до ее наступления наблюдалось в трех районах, характеризующихся неблагоприятными трофическими условиями и ограниченным жизненным пространством. При этом у мыса Южный, где условия питания были наихудшими, увеличения возраста наступления половозрелости и снижения гонадной продукции у тугорослых *S. intermedius* не наблюдалось, однако было отмечено значительное снижение размеров половозрелых особей. Следовательно, можно предположить, что в данном случае перераспределение энергии произошло в пользу поддержания жизнедеятельности и воспроизводства, за счет снижения энергетических трат на соматический рост. У мыса Надежды и на участке бухта Ежовая – мыс Хитрово, где при дефиците доступного корма отмечалось ограничение жизненного пространства из-за повышенной плотности ежей, наблюдалось увеличение времени до наступления половозрелости в обоих районах и уменьшение размеров половозрелости у мыса Надежды. При этом существенного снижения гонадной продукции здесь отмечено не было. По-видимому, в этих районах переключение энергетических трат также в первую очередь было направлено на выживание и воспроизводство. На угнетающее влияние высоких плотностей и иерархической (размерной) структуры в скоплениях ежей на их рост и сроки полового созревания указывают и другие авторы [26, 27], данные которых согласуются с теорией Шварца с соавторами [35] о выделении более крупными особями метаболитов, ингибирующих рост более мелких животных при совместном обитании. Поэтому при ограничении жизненного пространства темпы роста и сроки полового созревания морских ежей даже в одном скоплении могут сильно различаться, что проявляется в неравномерной картине полового созревания и повышении возраста окончательной половозрелости, что мы и наблюдали на участках бухта Ежовая – мыс Хитрово и у мыса Надежды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В шести районах северо-западного побережья Приморья от мыса Поворотный до мыса Надеж-

ды, отличающихся топографией береговой линии, степенью гидродинамической активности, мезорельефом дна, гранулометрическим составом грунтов, качественным и количественным составом водной растительности и температурным режимом вод, размеры и возраст половой зрелости *S. intermedius* существенно различаются, что связано с разным темпом роста ежей в этих местообитаниях. В скоплениях с высоким темпом роста размер 50%-ной половозрелости равен 30–35 мм, а с низким – 20–22 мм. Размеры окончательной половозрелости ежей в поселениях южной части северного Приморья (о-в Скала Крейсера, бухта Соколовская, мыс Подчасок, бухта Ежовая – мыс Хитрово) составляют 41–45 мм, в более северных районах – 26–30 мм (мыс Южный) и 31–35 мм (мыс Надежды). Установлено, что на участках бухта Ежовая – мыс Хитрово и у мыса Надежды окончательно половозрелыми ежи становятся в возрасте от 4+ до 5+, на остальных участках – 3+.

Отмечается, что низкие темпы роста, снижение размеров половозрелости и увеличение времени до ее наступления у серых морских ежей наблюдается в районах, характеризующихся неблагоприятными условиями питания, недостатком водной растительности и ограничением жизненного пространства. При этом в пределах исследованной акватории размеры и сроки наступления половозрелости в разных поселениях *S. intermedius* зависят не столько от широтной изменчивости температурного режима, сколько от локальных условий обитания, в первую очередь условий питания. Выявленные локальные различия в половом созревании серых ежей являются проявлением высокой лабильности и вариабельности адаптационных способностей *S. intermedius*, связанных с реализацией его жизненной стратегии в конкретных условиях обитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. М.: Наука, 1990. 224 с.
2. Бажин А.Г., Лоуренс Д.М. Анализ типов жизненных стратегий морских ежей как метод оценки перспективности их использования в аквакультуре // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2010. Вып. 17. С. 73–86.
3. Бажин А.Г., Степанов В.Г. Морские ежи семейства Strongylocentrotidae морей России. Петропавловск-Камчатский.: КамчатНИРО, 2012. 196 с.
4. 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.
5. Борисовец Е.Э., Брегман Ю.Э., Викторовская Г.И., Калинина М.В. Биология серого морского ежа

- Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) северо-западного побережья Японского моря. I. Распределение и размерный состав // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 416–439.
6. Брегман Ю.Э. Взаимосвязь роста и энергетического обмена у некоторых промысловых донных беспозвоночных залива Посьета (Японское море): Автореф. дис. канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. 24 с.
 7. Брегман Ю.Э. К изучению популяционной структуры и роста серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) у северо-западного побережья Японского моря // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 397–415.
 8. Ващенко М.А., Жадан П.М. Исследование влияния хронического загрязнения морской среды на состояние репродуктивной функции беспозвоночных животных // Тихоокеанский медицинский журн. 2012. № 2. С. 110–114.
 9. Викторовская Г.И., Матвеев В.И. Связь сроков размножения морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* с температурой воды у побережья Северного Приморья // Океанология. 2000. Т. 40. № 1. С. 79–84.
 10. 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.
 11. Викторовская Г.И., Седова Л.Г., Борисовец Е.Э., Матвеев В.И., Калинина М.В., Брегман Ю.Э. Биологическая характеристика скоплений серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) в прибрежной зоне Приморья (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 139. С. 225–259.
 12. Воронов А.Г. Геоботаника. Учеб. пособие для ун-тов и пед. ин-тов. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Высшая школа, 1973. 384 с.
 13. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.
 14. Гнездилова С.М. Морфологическая и цитохимическая характеристика овогенеза и половых циклов у морских ежей *Strongylocentrotus nudus* и *S. intermedius*: Автореф. дис. канд. биол. наук: 03.099. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1971. 24 с.
 15. Дубинина А.Ю., Золотов А.О. Плодовитость и созревание северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxistra* Ogg et Matarese (2000) тихоокеанского шельфа Камчатки // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 172. С. 119–132.
 16. Калинина М.В., Викторовская Г.И., Борисовец Е.Э., Брегман Ю.Э., Кулепанов В.Н. Биология серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) северо-западного побережья Японского моря. II. Репродукционная характеристика // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 131. С. 249–265.
 17. Калинина М.В., Гусарова И.С., Гаврилова Г.С., Викторовская Г.И. Влияние экологических факторов на размножение морских ежей в различных биотопах залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 490–511.
 18. Калинина М.В., Сухин И.Ю., Викторовская Г.И. Влияние биотопических условий на состояние гонад серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (залив Петра Великого, Японское море) // Вопросы рыболовства. 2004. Т. 5. № 1 (17). С. 147–164.
 19. Касьянов В.Л. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. Л.: Наука, 1989. 183 с.
 20. Кафанов А.И., Павлючков В.А. Экология промысловых морских ежей рода *Strongylocentrotus* материкового япономорского побережья России // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 128. С. 349–373.
 21. Константинов А.С. Общая гидробиология: Учеб. Для студентов биол. спец. вузов. 4-е издание, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1986. 472 с.
 22. Кулепанов В.Н., Ерышев А.А. Состояние зарослей бурой водоросли *Saccharina japonica* в прибрежье Приморья // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (22-24 марта 2016 г.): в 2 ч. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. Ч. 1. С. 89–91.
 23. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биол. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
 24. Лукин В.И. Биомические типы верхней сублиторали дальневосточных морей СССР // Биология шельфовых зон Мирового океана. Тез. докл. Второй всес. конф. по морской биологии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. Ч. 1. С. 44–45.
 25. Максимович Н.В. Статистическое сравнение кривых роста // Вестн. Ленинградского ун-та. 1989. № 24. С. 18–25.
 26. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. Анализ на уровне организма. М.: Наука, 1976. 291 с.
 27. Найдено Т.Х. Особенности роста морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* до половозрелости в лабораторной культуре // Исследование иглокожих дальневосточных морей. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 83–97.
 28. Найдено Т.Х., Дзюба С.М. Рост и созревание морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в лабораторных условиях // Биол. моря. 1982. № 4. С. 20–24.
 29. Найдено В.П., Третьяков А.С., Школдин А.В. Зависимость сроков полового созревания морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в заливе Посьета от условий местообитания // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 142–146.
 30. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения. Владивосток: Дальнаука, 2000. 360 с.
 31. Селин Н.И. Ретроспективная оценка продукционного процесса у морских двустворчатых моллюсков на основе анализа локальных и широтных особенностей их роста // X Съезд гидробиологического общества при РАН. Тезисы докл. (г. Владивосток, 28 сентября–2 октября 2009 г.). Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 356–357.
 32. Сухин И.Ю. Сравнительный анализ состава содержимого кишечника серого и черного морских ежей // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 131. С. 306–314.
 33. Холодов В.И. Трансформация органического вещества морскими ежами (Regularia). Киев: Наук. думка, 1981. 160 с.

34. Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих. М.: Наука, 1993. 168 с.
35. Шварц С.С., Пястолова О.А., Добринская Л.А., Рункова Г.Г. Эффект группы в популяциях водных животных и химическая экология. М.: Наука, 1976. 152 с.
36. Чалиенко М.О. Особенности группового роста серого морского ежа (*Strongylocentrotus intermedius*) у северо-западного побережья Японского моря // Изв. ТИНРО. 2018. Т. 194. С. 3–17.
37. Чалиенко М.О., Кулепанов В.Н., Матвеев В.И. Влияние некоторых факторов среды на рост серого морского ежа (*Strongylocentrotus intermedius*) у северо-западного побережья Японского моря // Изв. ТИНРО. 2018. Т. 195. С. 111–127.
38. Agatsuma Y., Momma H. Release of cultured seeds of sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz), in the Pacific coastal waters of southern Hokkaido. I. Growth and reproductive cycle // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St. 1988. № 31. P. 15–25.
39. Agatsuma Y. Ecology of *Strongylocentrotus intermedius* // Edible sea urchins: Biology and Ecology. Amsterdam: Elsevier, 2001. V. 32. P. 333–346.
40. Fuji A. Studies on the biology of the sea urchin. II. Size at first maturity and sexuality of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius* // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 1960. № 11. P. 43–48.
41. Jensen M. Age determination of echinoids // Sarsia. 1969. № 37. P. 41–44.
42. Johnson D.R., Boyer T.P., Garcia H.E. et al. World Ocean Database 2013 User's Manual. NODC Internal Report 22, NOAA Printing Office. Maryland: Silver Spring, 2013. 172 p.
43. Kawamura K. Ecological studies on the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* on the coast of Fundomari in the north region of Rebun Island (II) // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. St. 1965. № 3. P. 19–38.
44. Kawamura K. Fishery biological studies on a sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. St. 1973. № 16. P. 1–54.
45. Kenner M.C., Lares M.T. Size at first reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* in a central California kelp forest // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1991. V. 76. P. 303–306.
46. Lawrence J.M. A functional biology of echinoderms. London and Sidney: Croom Helm Ltd. Publishers, 1987. 340 p.
47. Sellem, F., Guillou M., Reproductive biology of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats of Northern Tunisia (South-East Mediterranean) // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 2007. № 87. P. 763–767.
48. Tertschnig W.P. Daily activity pattern and foraging dynamics of the sea urchin *Tripneustes ventricosus* in a tropical seagrass community and environment (Virgin Islands) // Mar. Ecol. 1989. V. 10. № 1. P. 3–21.
49. Thompson R.J. Fecundity and reproduction effort in the blue mussel (*Mytilus edulis*), the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland // J. Fish. Res. Board Canada. 1979. V. 36. P. 955–964.
50. Walker C.W., Unuma T., McGinn N.A., Harrington L.M., Lesser M.P. Reproduction in sea urchins // Edible sea urchins: biology and ecology. Amsterdam: Elsevier, 2001. V. 32. P. 5–26.

Size and Age at Sexual Maturity of the Gray Sea Urchins *Strongylocentrotus intermedius* at the North-Western Coast of the Sea of Japan

M. O. Chalienko^{a, #}, M. V. Kalinina^a, V. N. Kulepanov^a, V. I. Matveev^a

^aPacific branch of "VNIRO" ("TINRO"), Vladivostok, Russia

[#]e-mail: yumbo@yandex.ru

This paper reviews how oceanic and biotopic factors affect size and age at sexual maturity of the gray sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* alongside the north-western coast of the Primorsky Region. The relation between the growth rate and size at sexual maturity of the sea urchins has been established as follows: the size at 50% sexual maturity was 30 to 35 mm within high growth rate congregations and 20 to 22 mm within low growth rate congregations. In the populations in the southern areas of Northern Primorye *S. intermedius* reached full sexual maturity at 40 to 45 mm, while in the areas located further to the north the value was 26 to 30 and 31 to 35 mm. The age of full sexual maturity in the areas between Ezhovaya Bay and Cape Khitrovo and also near the Cape Nadezhdy was 4+ to 5+, while in other areas the age was 3+. We have concluded that within the studied offshore area the differences in sizes and terms of reaching sexual maturity in various populations of *S. intermedius* depended on local habitation environment and, foremost, on abundance of available food, rather than on latitudinal zonality.

Keywords: *Strongylocentrotus intermedius*, size and age at sexual maturity, growth rate, oceanic factors, biotopic factors, north-western coast of the sea of Japan