

УДК 593.953

М.Н.Белый
(МагаданНИРО, г. Магадан)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ВОЗРАСТА
И ОСОБЕННОСТЕЙ ГРУППОВОГО РОСТА
ЗЕЛЕННОГО МОРСКОГО ЕЖА (*STRONGYLOCENTROTUS
DROEBACHIENSIS*) ТАУЙСКОЙ ГУБЫ**

Приводятся результаты исследований роста зеленого морского ежа двух поселений Тауйской губы, выполненных в 2003–2004 гг. Возраст морских ежей определялся по методу, предложенному Йенсен (M.Jensen), путем подсчета линий роста на интерамбулакальных пластинках панциря. Анализ аллометрических зависимостей показал, что линейный рост панциря морских ежей имеет изометрический характер, а соотношение линейных и весовых параметров характеризуется отрицательной аллометрией. Рост морских ежей описан уравнением Берталанфи, с использованием которого определены максимально возможные размеры тела и соответствующий им предельный возраст. Возраст массового полового созревания установлен по темпам роста.

Belyj M.N. Definition of individual age and features of group growth for the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) of the Tauyskaya Bay // Izv. TINRO. — 2006. — Vol. 144. — P. 101–111.

Growth of green sea urchins in two settlements located in the Tauyskaya Bay (in the secondary Gertner Bay and off Nedorazumenia Island) was investigated in 2003–2004. The age of sea urchins is defined by M. Jensen method of growth lines calculation on interambulacral plates of the armour. Analysis of allometric dependences has shown that linear growth of the armour is isometric, and the ratio of linear and weight parameters is characterized by negative allometry. Growth of the sea urchin is described by Bertalanffy equation, and the greatest possible body size and the age limit are determined by using this equation. The age of mass puberty is determined by growth rate. The sea urchins of Gertner Bay have smaller sizes and a bit shorter life expectancy than the urchins off Nedorazumenia Island, but the formers achieve the limiting size faster. These features can be explained by higher competition in the Gertner Bay settlement because of higher density and deficiency of forage.

Морские ежи рода *Strongylocentrotus* — ценные промысловые животные, гонады которых являются дорогостоящей деликатесной продукцией и пользуются высоким спросом на мировом рынке. В связи с нетрадиционностью данного продукта для внутреннего рынка и удаленностью исследуемого региона от основного мирового потребителя продукции морских ежей — стран Юго-Восточной Азии — внимание этому ресурсу в северной части Охотского моря промышленными организациями и соответственно прикладной наукой до конца 20-го века практически не уделялось.

В ходе исследований МагаданНИРО 1997–2001 гг. было установлено, что морские ежи рода *Strongylocentrotus* являются достаточно распространенным объектом прибрежных морских экваторий, прилегающих к Магаданской области. Наиболее массовым видом на глубинах до 20–30 м является зеленый морс-

кой еж *Strongylocentrotus droebachiensis*, для которого были определены величина запаса и основные районы скоплений.

Исследования 2003–2004 гг., результаты которых явились основой для настоящей статьи, имели своей целью перейти от количественных характеристик к качественному анализу структуры запаса морского ежа, что является базисом современного подхода к оценке состояния ресурса и регламентированию его промышленного освоения.

Базовым материалом для исследований послужили данные биологического анализа проб зеленого морского ежа двух районов Тауйской губы: бухта Гертнера — сбор произведен 20 апреля 2003 г. (593 экз.) и 10 июня 2004 г. (397 экз.) и о. Недоразумения — сбор произведен 28 августа 2004 г. (271 экз.). При анализе аллометрического роста дополнительно привлекались материалы исследований 1997–2001 гг.

Пробы обрабатывались по стандартной схеме. В рамках настоящего исследования использовались следующие параметры: диаметр (D), высота (H) панциря, общая масса ежа (W) и возраст (t).

Возраст ежей определялся методом, предложенным Йенсен (Jensen, 1969; Брыков, 1975), по линиям роста на интерамбулакальных пластинках. Для большей надежности возраст каждой особи определяли по нескольким пластинкам. Дополнительно просматривали и мадрепоровые пластинки. Для этого пластинки очищали от иголок, шлифовали, прокаливали и непосредственно перед просмотром под микроскопом обрабатывали ксилолом и маслом. Подсчет зон роста производился при помощи бинокля МБС-10 при увеличении $12,5 \times 2,0$. Возраст определяли начиная с минимальных размеров панциря в пробе, что позволило проследить изменения в структуре линий роста. Как показали результаты, до возраста 7–8 лет подсчет линий роста можно проводить как по мадрепоровым, так и по интерамбулакральным пластинкам. В более старших возрастных группах удобнее использовать последние, так как на более мелких мадрепоровых пластинках годовые кольца очень сближены, что затрудняет точное определение их числа.

Аналитическая обработка данных и выявление зависимостей между параметрами производили с использованием стандартного статистического пакета программы Excel 2000.

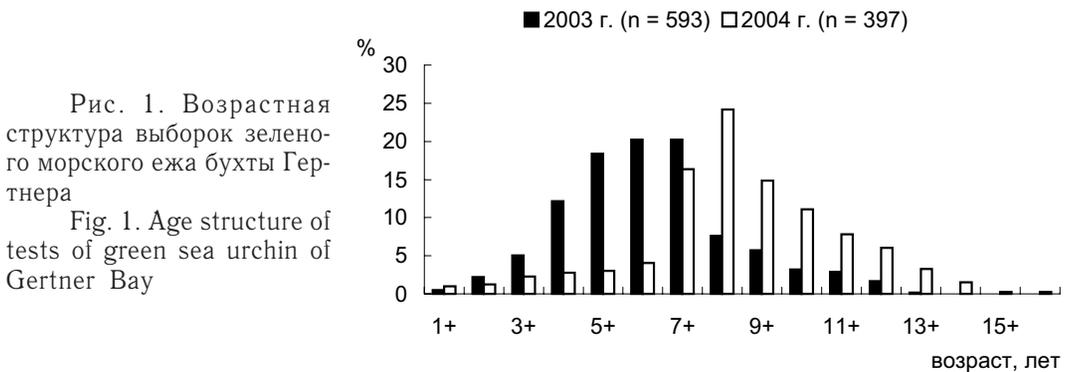
Возрастная структура

Бухта Гертнера. В выборке из этого поселения в 2003 г. морской еж был представлен особями 13 возрастных групп — от 1+ до 13+ лет (рис. 1). Общая картина распределения особей по возрастным классам показала постепенное увеличение частоты встречаемости возрастных групп морского ежа вплоть до 7+, доминирование возрастных классов 5+–7+ и относительно резкое снижение числа особей старшего возраста. Невысокая частота встречаемости морских ежей младших возрастных групп обусловлена в первую очередь их малой доступностью для водолаза (небольшие размеры, обитание под камнями, в трещинах и других укрытиях), что отмечалось и другими исследователями (Пропп, 1977; Брегман, 2000).

В 2004 г. на показатели возрастной структуры полученной выборки (рис. 1) оказали влияние неблагоприятные гидрометеорологические условия во время проведения работ по сбору материала. На приближение шторма ежи, в первую очередь особи младших размерно-возрастных групп, отреагировали перемещением под камни и в другие укрытия, откуда их даже в случае обнаружения не всегда удавалось извлечь. В результате доминирующие возрастные классы в выборке были представлены особями 7+–9+ лет, по мере увеличения возраста наблюдалось постепенное снижение частоты встречаемости, представительство особей возрастных классов менее 7+ было крайне низким (от 1 до 4 %).

С учетом того, что сроки отбора проб в 2003 и 2004 гг. различались всего на 1,5 мес, а показатели линейно-весовых параметров соответствующих возрастных классов практически совпадали как по средним значениям, так и по размаху колебаний,

было признано возможным объединить данные двух выборок в одну. Результаты обработки обобщенной выборки использовались при дальнейшем анализе (табл. 1).



Биологические параметры морского ежа по возрастным группам в бухте Гертнера, 2003–2004 гг. (1) и у о. Недоразумения, 2004 г. (2)

Table 1
Biological parameters of a sea urchins on age groups: Gertner Bay, 2003–2004 (1) and Nedorazumenia Island, 2004 (2)

Возраст	D, мм		H, мм		W, г	
	1	2	1	2	1	2
1+	<u>15.3</u> 13–18	<u>18.5</u> 16–21	<u>7.6</u> 6–10	<u>9.3</u> 8–11	<u>1.1</u> 0,3–2,0	<u>2</u> 1–4
2+	<u>23.2</u> 19–27	<u>25.5</u> 22–30	<u>11.2</u> 9–14	<u>12.8</u> 11–15	<u>5.4</u> 3–10	<u>7.3</u> 5–12
3+	<u>27</u> 22–34	<u>31.5</u> 27–35	<u>13.5</u> 11–17	<u>16.4</u> 13–20	<u>9</u> 5–16	<u>13.6</u> 8–19
4+	<u>35</u> 27–43	<u>38.7</u> 35–42	<u>17.6</u> 13–25	<u>20</u> 17–24	<u>18.5</u> 10–33	<u>23.6</u> 17–32
5+	<u>40.6</u> 30–49	<u>43.9</u> 41–46	<u>21.3</u> 15–29	<u>22.8</u> 21–25	<u>27.9</u> 12–49	<u>34.5</u> 29–41
6+	<u>45.5</u> 37–52	<u>47.2</u> 46–51	<u>23.9</u> 18–33	<u>25</u> 22–29	<u>38</u> 19–52	<u>42.4</u> 35–51
7+	<u>49.6</u> 42–57	<u>50.1</u> 47–54	<u>26.3</u> 22–32	<u>27.3</u> 23–29	<u>48.8</u> 29–71	<u>51.3</u> 41–64
8+	<u>52.3</u> 46–59	<u>54.4</u> 48–58	<u>28.1</u> 23–34	<u>28.1</u> 24–31	<u>58.13</u> 37–78	<u>58.8</u> 43–70
9+	<u>53.9</u> 46–59	<u>58.4</u> 54–63	<u>29</u> 23–35	<u>29.7</u> 26–33	<u>63.3</u> 40–82	<u>74.5</u> 64–89
10+	<u>55.3</u> 46–60	<u>62.4</u> 56–67	<u>29.5</u> 23–35	<u>32.8</u> 28–37	<u>68.1</u> 48–89	<u>91.9</u> 70–107
11+	<u>57.2</u> 52–65	<u>65.7</u> 61–71	<u>30.9</u> 28–37	<u>34.4</u> 29–40	<u>74.3</u> 52–96	<u>107.6</u> 87–128
12+	<u>58.4</u> 51–63	<u>67.5</u> 62–71	<u>31.6</u> 26–37	<u>34.9</u> 28–42	<u>81.1</u> 57–111	<u>115.2</u> 91–137
13+	<u>60.7</u> 54–68	<u>69.9</u> 65–74	<u>33.1</u> 27–39	<u>36.7</u> 33–42	<u>91.5</u> 64–115	<u>125.3</u> 97–147
14+	<u>63.8</u> 60–68	<u>73.3</u> 71–76	<u>35</u> 31–37	<u>37.6</u> 33–44	<u>105</u> 84–136	<u>141</u> 127–173
15+	<u>69</u>	<u>74.3</u> 69–79	<u>38</u>	<u>39.3</u> 39–40	<u>125</u>	<u>146.7</u> 130–160
16+	<u>66</u>	<u>79</u>	<u>39</u>	<u>48</u>	<u>121</u>	<u>201</u>

Примечание. Над чертой приведены средние значения, под чертой — пределы колебаний значений признака.

Остров Недоразумения. Определение возраста ежей этого поселения впервые было выполнено в 2004 г. Структура пробы представлена 16 возрастными группами, с доминированием возрастов 3+–4+ и 10+–11+. Средние возрастные группы (5+–9+) в выборке весьма малочисленны и составляют от 4 до 8 % численности пробы (рис. 2).

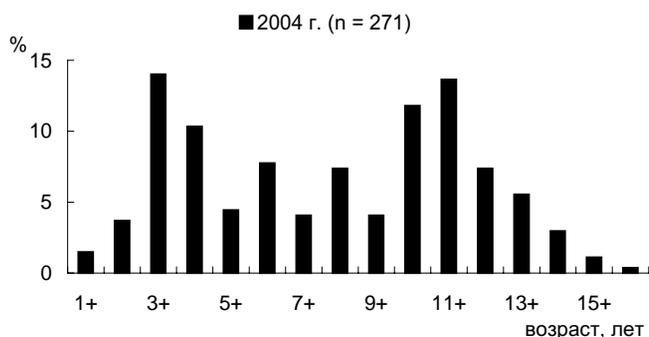


Рис. 2. Возрастная структура пробы морского ежа (о. Недоразумения, 2004 г.)

Fig. 2. Age structure of test of a sea urchins (Nedorazumenia Island, 2004)

Как показывают проводимые с 1997 г. наблюдения, для этого поселения морского ежа присуща хорошо выраженная поясность в распределении размерно-возрастных групп. На более мелководных участках отмечается преобладание крупных ежей: на глубинах 10–12 м промысловые ежи составляют 70–100 % численности, с увеличением глубины картина меняется на прямо противоположную. Таким образом, показатели возрастной структуры выборки обусловлены особенностями распределения размерно-возрастных групп ежей по глубине и свидетельствуют о концентрации особей средних возрастов на других участках (в другом диапазоне глубин).

Биологические характеристики морских ежей группировки из района о. Недоразумения приведены в табл. 1 в сравнении с аналогичными параметрами ежей бухты Гертнера. При этом, учитывая небольшой объем выборки и низкую представительность в ней отдельных возрастных групп, указанные величины следует рассматривать как предварительные и требующие своего уточнения в ходе дальнейших исследований.

Групповой рост

Взаимосвязи морфометрических характеристик морских ежей показывают высокую регрессионную зависимость параметров, которые хорошо описываются уравнениями степенной функции (табл. 2). Уравнения зависимостей между соответствующими параметрами ежей бухты Гертнера и о. Недоразумения достаточно близки. При этом зависимость линейных характеристик имеет изометрический характер, что свидетельствует о сохранении геометрического подобия формы тела в процессе его роста, а соотношение линейных и весовых показателей характеризуется в целом отрицательной аллометрией, т.е. у зеленого морского ежа с возрастом весовой рост отстает от линейного.

Дифференциация ежей по возрасту позволила определить средние значения биологических показателей по возрастным группам и проанализировать особенности их группового роста.

Графики линейного и весового роста морских ежей (рис. 3) имеют характер, соответствующий асимптотическому типу, при котором кривая роста стремится к “характерному для данного вида в конкретных условиях максимальному значению” (Алимов, 1989). Для описания подобного характера роста наиболее широко применяется уравнение Берталанфи

$D_t = D_\infty \left(1 - e^{-k(t-t_0)} \right)$, где t — момент времени, D_t — соответствующий моменту времени диаметр панциря, t_0 — возраст, при

котором начинается рост тела, k — константа роста, D_∞ — асимптотический диаметр панциря.

Таблица 2
Зависимость биологических параметров морского ежа от диаметра (D) панциря
Table 2
Dependence of biological parameters of a sea urchin from diameter (D) an armour

Параметр	Корреляция	Уравнение зависимости	Коэффициент детерминации
Бухта Гертнера (n = 990 экз.)			
Высота панциря (H)	$r = 0,96$	$H = 0,3605D^{1,09}$	$R^2 = 0,93$
Общая масса (W)	$r = 0,96$	$W = 0,0005D^{2,94}$	$R^2 = 0,97$
О. Недоразумения (n = 1475 экз.)			
Высота панциря (H)*	$r = 0,95$	$H = 0,5389D^{0,99}$	$R^2 = 0,94$
Общая масса (W)	$r = 0,95$	$W = 0,0013D^{2,68}$	$R^2 = 0,96$

* Для высоты панциря — n = 563 экз.

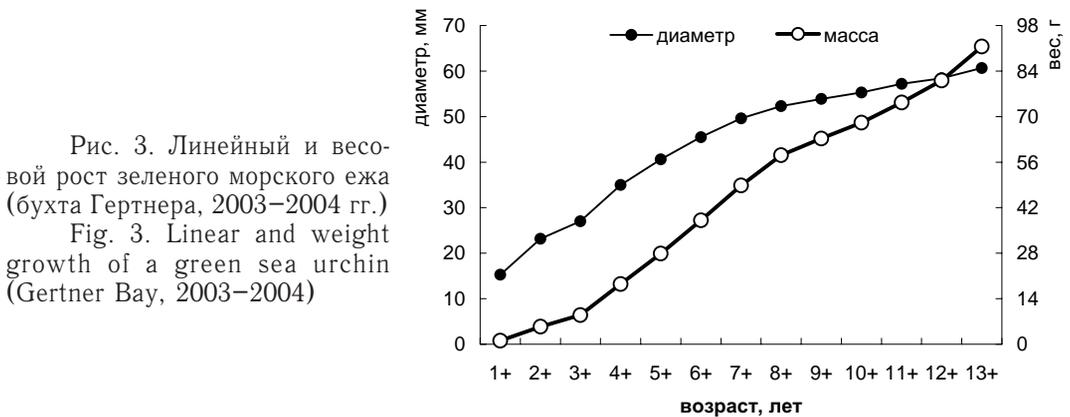


Рис. 3. Линейный и весовой рост зеленого морского ежа (бухта Гертнера, 2003–2004 гг.)

Fig. 3. Linear and weight growth of a green sea urchin (Gertner Bay, 2003–2004)

Предварительное определение параметров производилось по методу Уолфорда (Walford, 1946; Рикер, 1979; Алимов, 1989) путем построения графика зависимости $D_{t+1} = f(D_t)$. При этом возрастные группы, представленные крайне малым количеством экземпляров в выборках, в рассмотрение не принимались. Таким образом, для поселения ежа бухты Гертнера график строился по возрастному ряду от 2+ до 13+, для поселения из района о. Недоразумения — от 3+ до 13+ (рис. 4).

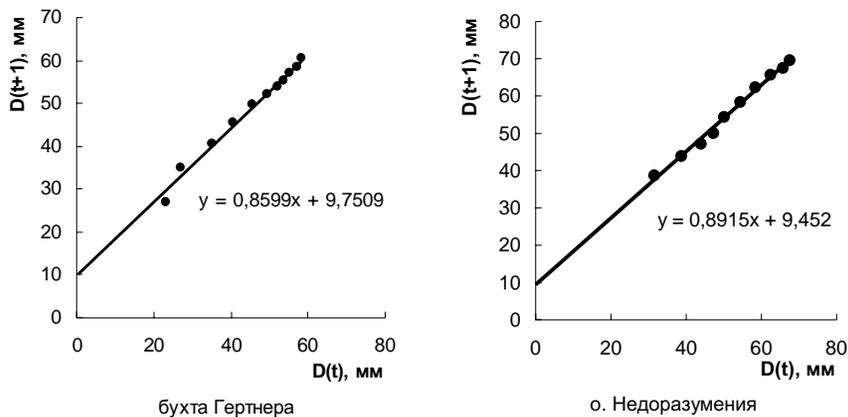


Рис. 4. Графики Уолфорда для зеленого морского ежа

Fig. 4. Walford graph for a green sea urchin

Линия зависимости $D_{t+1} = f(D_t)$ для ежей бухты Гертнера аппроксимируется линейным уравнением вида: $y = 0,8599x + 9,7509$, которое позволяет рассчитать основные параметры уравнения Берталанфи. Величина D_∞ соответствует решению этого уравнения для случая $y = x$ и составляет 69,6 мм. Тангенс угла наклона линии соответствует величине углового коэффициента — 0,8599, таким образом, $k = \ln 0,8599$ и составляет 0,1509 год⁻¹. Величина отсекаемого на оси ординат отрезка равна 9,75 и соответствует среднему размеру годовиков.

Аналогичные расчеты для ежей о. Недоразумения позволили определить: $D_\infty = 87,1$; $k = 0,11485$ год⁻¹. Средний размер годовиков составил 9,45 мм, что практически совпадает с размером годовиков бухты Гертнера.

Таким образом, в приближенном виде, принимая $t_0 \approx 0$, уравнение Берталанфи можно записать в виде:

$$— \text{ для зеленого морского ежа бухты Гертнера — } D_t = 69,6(1 - e^{-0,1509t}), \quad (1)$$

$$— \text{ для зеленого морского ежа о. Недоразумения — } D_t = 87,1(1 - e^{-0,11485t}). \quad (2)$$

Учитывая представительность выборок, уточнение параметров уравнения было признано целесообразным провести только для ежей бухты Гертнера. Для этого был проанализирован график зависимости $\ln(D_\infty - D_t)$ от t (Рикер, 1979), который должен представлять собой прямую линию, степень линейности которой чувствительна к изменению D_∞ (рис. 5). При этом константа роста из уравнения Берталанфи равна тангенсу наклона линии натуральных логарифмов $k = 0,148$ год⁻¹, а величина отсекаемого на оси ординат отрезка равна выражению $\ln D_\infty + kt_0$, что позволяет рассчитать значение $t_0 = 0,14$.

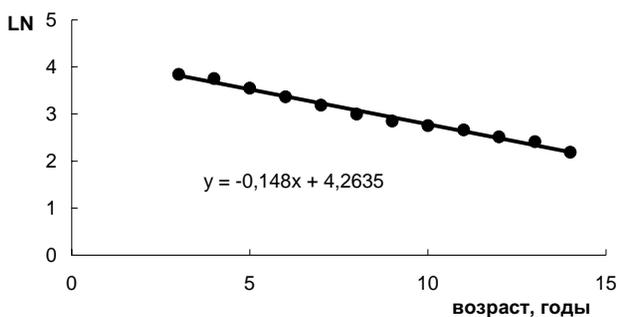


Рис. 5. График зависимости $\ln(D_\infty - D_t)$ от возраста для зеленого морского ежа бухты Гертнера

Fig. 5. The diagram of dependence $\ln(D_\infty - D_t)$ from age for a green sea urchin of Gertner Bay

Уравнение Берталанфи для группового роста морских ежей бухты Гертнера, таким образом, может быть записано в виде:

$$D_t = 69,6(1 - e^{-0,148(t - 0,14)}). \quad (3)$$

На основании установленной аллометрической зависимости массы и диаметра панциря морских ежей (табл. 2) уравнения линейного роста могут быть преобразованы в уравнения зависимости массы от времени:

$$\text{ для ежей бухты Гертнера — } W_t = 130,7(1 - e^{0,148(t - 0,14)})^{2,94},$$

$$\text{ для ежей о. Недоразумения — } W_t = 205,7(1 - e^{0,11485t})^{2,68}.$$

Предельный возраст (T) определялся по диаметру панциря, для чего было необходимо установить его максимально возможную величину (D_T). Для этого использовали два способа расчетов.

1. Учитывая, что максимальный размер панциря находится в определенном (но нами не установленном) соотношении с асимптотическим (Алимов, 1989), он принимался как составляющий 95 % от асимптоты (Брегман, 2000). Таким образом, для ежей бухты Гертнера $D_T = 66,1$ мм, для ежей о. Недоразумения — $D_T = 82,7$ мм.

Определение возраста по диаметру панциря с использованием уравнений Берталанфи (1)–(3) некорректно, так как рассчитанные по средней длине в последовательных возрастных группах темпы роста являются заниженными по от-

ношению к действительным (Рикер, 1979), т.е. определенный по ним предельный возраст будет превышать реальный. В связи с этим предельный возраст рассчитывался по уравнениям соотношения возраста и диаметра панциря для старших возрастных групп, полученных по наблюдаемым данным:

для ежей бухты Гертнера — $t = 0,001D^{2,3201}$ ($R^2 = 0,95$), $T = 16,7$ года;

для ежей о. Недоразумения — $t = 0,009D^{1,7283}$ ($R^2 = 0,99$), $T = 18,6$ года.

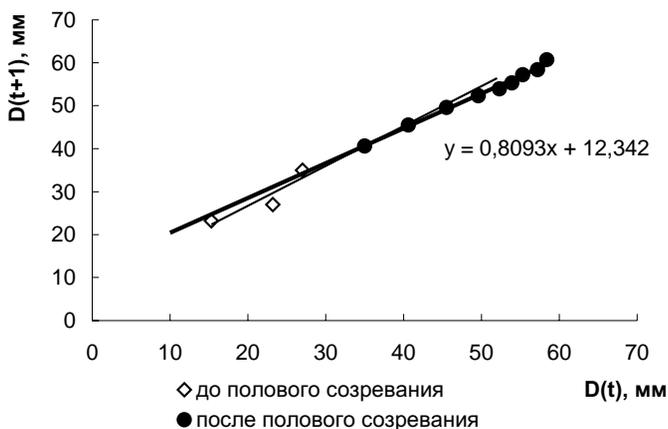
2. Во втором способе расчета предельного возраста была предпринята попытка преодолеть указанное выше ограничение уравнения Берталанфи на основании рекомендаций У.Е.Рикера (1979) по построению графика Уолфорда.

Уравнения Берталанфи (1)–(3) характеризуют общую тенденцию линейного роста на протяжении всей продолжительности жизни ежа. Значения параметров уравнения определяются углом наклона линии Уолфорда, величина которого зависит от значения коэффициент роста.

Применительно к нашему случаю график Уолфорда представляет собой некую результирующую линию, прохождение которой определяется влиянием высоких значений коэффициента роста у особей младших возрастных групп (до полового созревания), которые увеличивают наклон линии, и более низких значений коэффициента роста в старших возрастных группах, которые уменьшают наклон (рис. 6).

Рис. 6. График Уолфорда для зеленого морского ежа бухты Гертнера по возрастным группам

Fig. 6. Walford graph for different age groups of a green sea urchin of Gertner Bay



Таким образом, исключая младшие возрастные группы при построении графика, мы определяем асимптоту, к которой приближается диаметр панциря в процессе роста ежа после достижения половозрелости. Здесь можно отметить, что аналогичный подход в применении параметров уравнения Берталанфи, рассчитанных отдельно для периодов до и после наступления половозрелости, используют Р.Бивертон и С.Холт (1969), оценивая возможный улов по изменениям темпа роста рыб.

Приведенное на графике (рис. 6) уравнение зависимости $D_{(t+1)}$ от D_t для возрастных групп ежей от 5 лет и старше позволяет определить максимальный диаметр панциря — 64,7 мм. Подставляя это значение в уравнение (3), определяем соответствующий ему возраст — 17,8 года.

Таким образом, определенные двумя способами значения предельного размера (66,1 и 64,7 мм) и возраста (16,7 и 17,8 года) для зеленого ежа бухты Гертнера оказались достаточно близки друг другу и наблюдаемым данным: максимальный возраст — 16+ ($N = 990$), максимальный диаметр — 69 мм ($N = 1637$).

Недостаток материалов по ежу о. Недоразумения позволил ориентировочно оценить только по первому способу предельный размер — 82,7 мм и возраст — 18,6 года, что также близко к наблюдаемым данным: максимальный размер —

79 мм (N = 1475), максимальный возраст — 16+ (N = 271), но эти расчеты, безусловно, требуют дальнейшего уточнения.

Возраст полового созревания. Для определения возраста массового полового созревания использовались методы, применяемые в ихтиологии и основанные на изменении темпа роста, связанном с началом активного функционирования репродуктивной системы организма (Никольский, 1965; Кошелев, 1984).

Анализировалась динамика относительного и абсолютного роста ежа. В связи с тем что в обоих случаях наблюдается схожая картина, здесь приводятся только данные по относительному темпу роста (рис. 7). На графиках хорошо видно, что темпы линейного и весового роста в возрасте около 3+ лет резко снижаются с последующим восстановлением и плавным снижением к старшим возрастам. Резкое снижение характеристики роста в возрасте 3+, скорее всего, свидетельствует о перераспределении значительной части энергетических ресурсов на активный рост генеративных тканей.

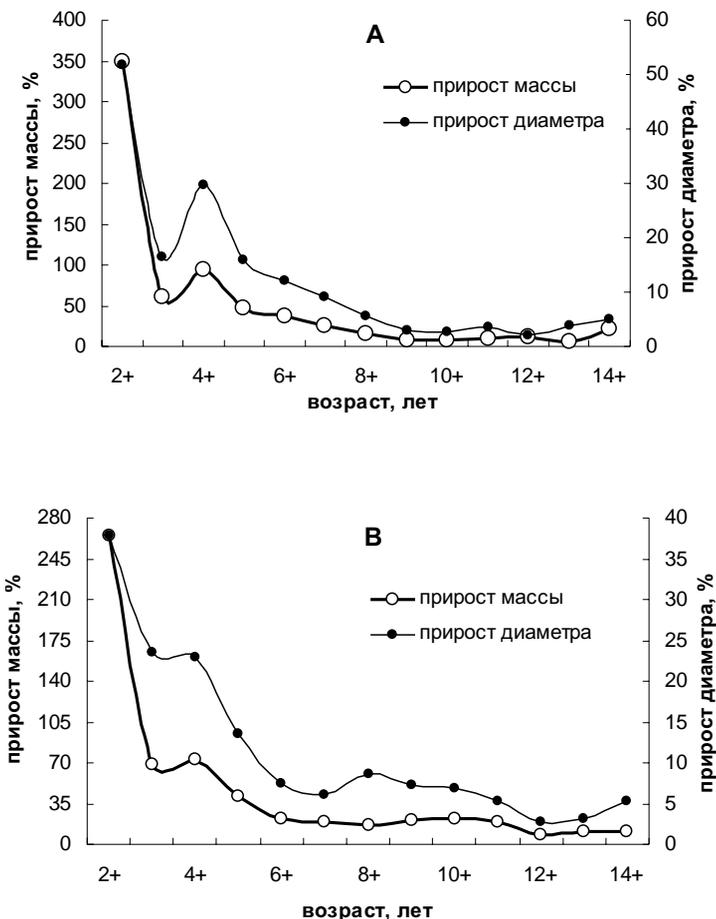


Рис. 7. Относительный темп роста массы и диаметра морского ежа: **А** — группировки бухты Гертнера; **В** — группировки района о. Недоразумения

Fig. 7. Relative growth of weight and diameter of sea urchin: **A** — settlement of Gertner Bay; **B** — settlement of Nedorazumenia Island

Таким образом, с большой долей уверенности можно говорить о массовом половом созревании зеленого морского ежа в возрасте 3,5–4,0 года, которому соответствует средний диаметр панциря от 27 до 32 мм в зависимости от района обитания. Достаточно близкие значения возраста полового созревания или соответствующих ему размеров панциря зеленого морского ежа приводятся и другими исследователями (Пропп, 1977; Левин, Коробков, 2003).

Сравнительный анализ роста морских ежей. Установленные в ходе исследований взаимосвязи параметров морских ежей и их зависимость от времени позволяют сравнить особенности группового роста морских ежей двух поселений Тауйской губы, различающихся условиями обитания.

Графики кривых роста и показателей абсолютного темпа роста (рис. 8, 9) демонстрируют, что при меньшем значении константы роста из уравнения Бергманфа групповой рост ежей о. Недоразумения характеризуется большей интенсивностью по сравнению с ежами бухты Гертнера. При этом ежи о. Недоразумения в онтогенезе достигают более крупных размеров и имеют предположительно большую продолжительность жизни. Это находится в полном соответствии с зависимостью максимальных размеров и продолжительности жизни от значений константы роста, установленной Ю.Э.Брегманом (2000) для серого морского ежа.

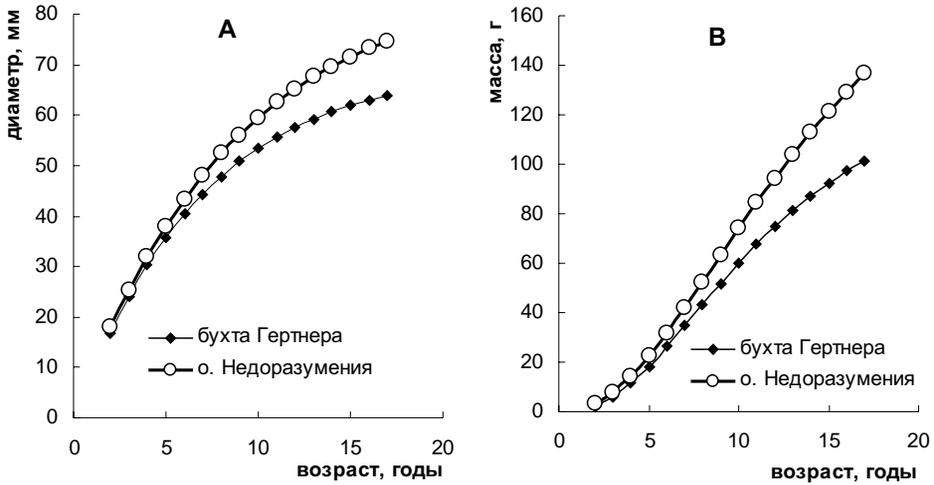


Рис. 8. Линейный (А) и весовой (В) рост морского ежа
 Fig. 8. Linear (А) and weight (В) growth of sea urchin

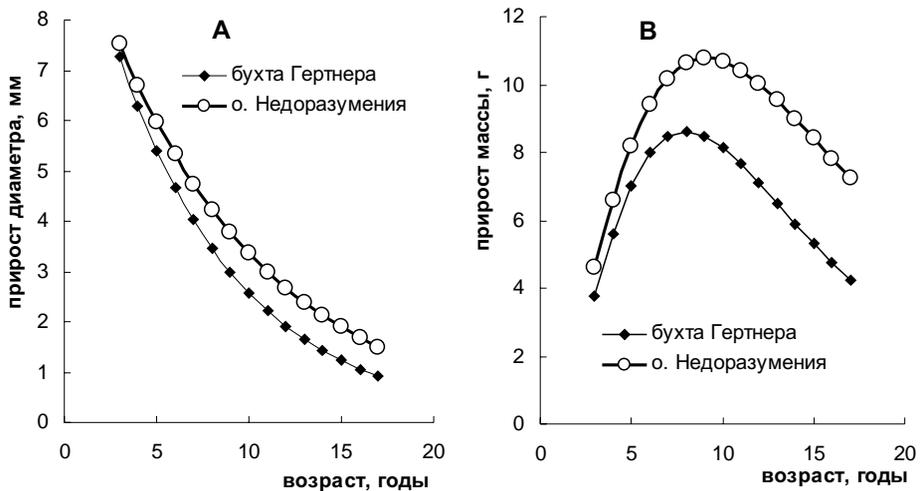


Рис. 9. Абсолютный темп роста диаметра (А) и массы (В) морских ежей
 Fig. 9. Absolute growth of diameter (А) and weights (В) of sea urchins

Одновременно следует отметить, что графики аллометрической зависимости высоты панциря и массы морских ежей от диаметра (рис. 10) показывают, что при практически равном линейном росте панциря накопление массы на единицу поверхности тела у ежей бухты Гертнера происходит более интенсивно.

Таким образом, сравнительный анализ группового роста морских ежей двух поселений Тауйской губы с учетом особенностей условий обитания каждого района позволяет дать следующую интерпретацию полученных результатов.

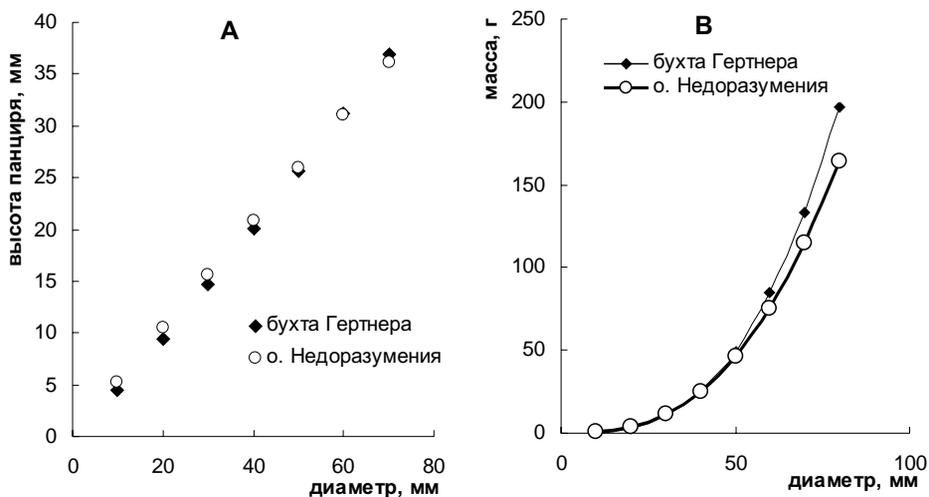


Рис. 10. Аллометрический рост высоты панциря (А) и массы (В) морских ежей по отношению к диаметру

Fig. 10. Allometric growth of height of an armour (A) and weights (B) of sea urchins in relation to diameter

Интенсивное накопление массы на единицу поверхности тела у ежей бухты Гертнера свидетельствует о более высоком уровне обмена, что, вероятно, определяется высоким температурным уровнем среды обитания ежей данной группировки. Район о. Недоразумения представляет собой открытую акваторию с повышенным водообменом. Поселение ежей приурочено к диапазону глубин от 13 до 18 м. Бухта Гертнера является полузакрытой акваторией, и ежи заселяют мелководный, глубиной от 2 до 8 м, участок. Таким образом, акватория о. Недоразумения является более холодноводной по сравнению с бухтой Гертнера.

В то же время более мелкие размеры и низкий темп роста морских ежей бухты Гертнера могут быть связаны с повышенной внутривидовой конкуренцией (Мина, Клевезаль, 1976). Об этом свидетельствует крайняя ограниченность пригодной площади обитания, высокая плотность поселения ежей бухты Гертнера (до 69 экз./м²) на фоне явного дефицита полноценной кормовой базы (основу рациона составляет детрит, являющийся малоценным кормом для морских ежей).

Заклучение

В ходе исследований зеленого морского ежа на акватории Тауйской губы в 2003–2004 гг. показана возможность практического применения методики определения возраста по линиям роста на интерамбулакральных пластинках панциря. Использование данной методики позволило дифференцировать ежей по возрастным группам с определением соответствующих им средних значений основных биологических параметров. Это, в свою очередь, послужило основой для определения особенностей роста морских ежей исследуемой акватории.

В результате исследований было установлено, что линейный рост панциря морских ежей имеет изометрический характер, а соотношение линейных и весовых параметров характеризуется в целом отрицательной аллометрией. При этом степень аллометрии у ежей разных районов обитания неодинакова, что может зависеть от условий среды и свидетельствовать о разной скорости обмена.

Для морских ежей двух поселений определены максимально возможные размеры тела, соответствующий им предельный возраст, а также по темпам роста определен возраст массового полового созревания. Линейный и весовой рост зеленого морского ежа соответствует асимптотическому типу, что позволяет описать его уравнением Берталанфи.

Анализ роста ежей двух поселений показывает, что морские ежи бухты Гертнера имеют более мелкие размеры и несколько меньшую продолжительность жизни по сравнению с ежами о. Недоразумения, но быстрее достигают своих предельных размеров, что может определяться повышенной внутривидовой конкуренцией в условиях большей плотности поселения и дефицита полноценной кормовой базы.

В целом выявленные закономерности роста зеленого морского ежа на акватории Тауйской губы достаточны близки к закономерностям группового роста серого морского ежа, установленным Ю.Э.Брегманом (2000), что позволяет предполагать достаточную тождественность механизмов роста этих двух видов морских ежей.

Литература

- Алимов А.Ф.** Введение в продукционную гидробиологию. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 152 с.
- Бивертон Р., Холт С.** Динамика численности промысловых рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1969. — 248 с.
- 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.
- Кошелев Б.В.** Экология размножения рыб. — М.: Наука, 1984. — 256 с.
- Левин В.С., Коробков В.А.** Морские ежи России. Биология, промысел, использование. — СПб.: ДОРН, 2003. — 255 с.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А.** Рост животных. Анализ на уровне организма. — М.: Наука, 1976. — 291 с.
- Никольский Г.В.** Теория динамики стада рыб. — М.: Наука, 1965. — 377 с.
- Пропп М.В.** Экология морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* Баренцева моря: метаболизм и регуляция численности // Биол. моря. — 1977. — № 1. — С. 39–51.
- Рикер У.Е.** Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — 408 с.
- Jensen M.** Age determination of echinoides // Sarsia. — 1969. — Vol. 37. — P. 41–44.
- Walford L.A.** A new graphic method of describing the growth of animals // Biol. Bull. — 1946. — Vol. 90(2). — P. 141–147.

Поступила в редакцию