

УДК 594.121–14(265.53)

А.Ч. Ким, Р.Т. Гон*

Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196**РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ
CRASSOSTREA GIGAS В БУХТЕ ЛОСОСЕЙ (ЗАЛИВ АНИВА,
ОХОТСКОЕ МОРЕ)**

Приведены материалы по возрастной структуре тихоокеанской устрицы в бухте Лососей (зал. Анива). По результатам учетной съемки 2019 г. и архивных данных 2018 г. дана размерная характеристика (высота, длина, толщина) и масса моллюсков. В работе представлены эмпирические и теоретические (по уравнению Бергаланфи) средние значения массы раковины для каждого возрастного класса. По имеющимся литературным сведениям представлена информация о размерно-возрастной структуре поселения устрицы из других мест обитания.

Ключевые слова: устрица тихоокеанская, бухта Лососей, залив Анива, размер, возраст.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-873-883.

Kim A.Ch., Gon R.T. Size-age structure of oyster *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay, Okhotsk Sea) // Izv. TINRO. — 2020. — Vol. 200, Iss. 4. — P. 873–883.

Data on age structure, shell size (height, length, thickness) and weight of oyster *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay, Okhotsk Sea) are presented on results of the surveys conducted in 2018 and 2019. The size-age key for the total weight is plotted. The size-age structure is compared with oysters from other habitats.

Key words: oyster *Crassostrea gigas*, Losos Bight, Aniva Bay, size-age structure.

Введение

Прибрежье южного Сахалина населяет множество ценных промысловых гидробионтов. Одним из таких объектов является устрица тихоокеанская *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). Несмотря на близость к берегу и небольшие глубины в зал. Анива, данный вид остается слабоизученным. В настоящее время интерес добывающих организаций к данному объекту промысла только возрастает, поэтому необходимы ежегодный контроль численности, наблюдения за биологическим состоянием, а также за важнейшим составляющим — возрастным составом моллюсков.

Работы, непосредственно посвященные устрице тихоокеанской Сахалино-Курильского региона, в литературе представлены слабо. В связи с этим полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований в области изучения возраста моллюсков.

* Ким Анастасия Чансигиевна, специалист, e-mail: stasy.kim89@yandex.ru; Гон Руслан Тутчеревич, специалист, e-mail: procso@gmail.com.

Kim Anastasia Ch., specialist, Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO), 196, Komsomolskaya, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia, e-mail: stasy.kim89@yandex.ru; Gon Ruslan T., specialist, Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO), 196, Komsomolskaya, Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia, e-mail: procso@gmail.com.

Цель работы — оценка размерно-возрастной структуры поселений устрицы тихоокеанской в бухте Лососей (район с. Песчанского).

Материалы и методы

Основой для написания работы послужили исследования 2019 г., проводимые на глубинах от 0 до 0,5 м на песчано-илистых грунтах с примесью ракушки, на площади, равной 187500 м² (рис. 1). В ходе работ в зал. Анива выполнены 33 станции. Помимо этого, использовались данные съемки 2019 г. в лагуне Буссе и мониторинговых работ в двух районах в 2018 г. Объем выполненных работ представлен в табл. 1.

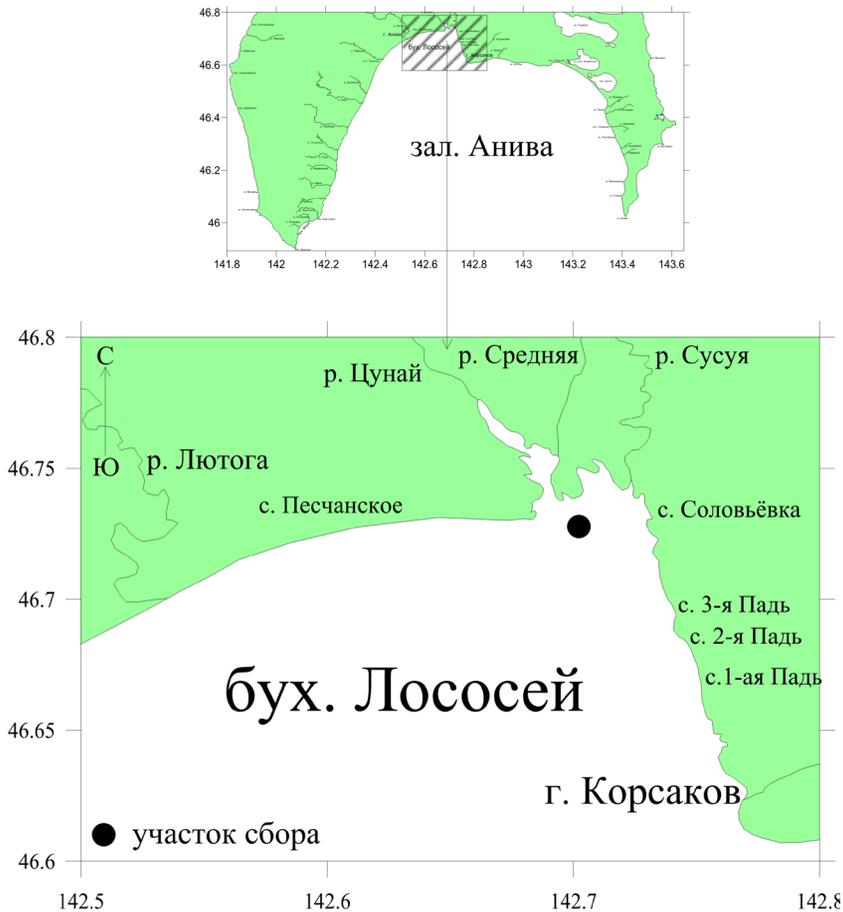


Рис. 1. Карта-схема районов исследования *Crassostrea gigas* в зал. Анива
Fig. 1. Scheme of the surveyed areas in the Aniva Bay

В период исследований работы выполнялись методом ручного сбора с использованием весельной лодки «Vector» и применением методики площадного учета [Левин, 1994]. Расстояние до берега и местоположение станций определяли при помощи персонального навигатора GPS. Все сведения по местоположению, глубине, температуре, солености и характеру грунта, а также плотности поселений, уловам и количеству мертвых особей для каждой станции заносили в полевой журнал. Все выловленные особи подвергались биологическому анализу, который включал в себя измерение линейных размеров раковины (высоты, длины и толщины) с точностью до 1 мм, а также определение общей массы моллюска, массы мягких тканей и раковины (точность взвешивания 1 г). Схема измерения устрицы представлена на рис. 2.

Собранный материал по биологическим характеристикам статистически обработан с применением программы Excel 2010.

Data volume

Год	Период работ	Район	Кол-во станций	Полный биологический анализ, экз.	Массовый промер, экз.	Исследователь
2019	Июнь	Бухта Лососей	33	93	84	Ким А.Ч., Гон Р.Т.
2019	Июнь	Лагуна Буссе	21	54	376	Ким А.Ч., Гон Р.Т.
2018	Июль	Бухта Лососей	5	60	65	Ким А.Ч., Сафроненко В.А.
2018	Июль	Лагуна Буссе	3	30	57	Ким А.Ч., Сафроненко В.А.



Рис. 2. Схема измерения *Crassostrea gigas*

Fig. 2. Scheme of *Crassostrea gigas* measurements

Для определения возраста были взяты те же особи, что и на биоанализ. Для установления индивидуального возраста устрицы выполнялись радиальные срезы верхней створки [Золотарев, 1980; Tanabe, Oba, 1988; The age determination..., 1993; Kirby et al., 1998]. Срезы делали при помощи ножовки по металлу, после чего их подвергали шлифовке. Подсчет слоев нарастания производился на срезах в замковой области створки (рис. 3). Одновременно осуществляли подсчет колец на поверхности раковины.

В качестве модели весового роста использовали уравнение Бергаланфи [Шибяев, 2007]

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^3,$$

где W_t — масса раковины (г) моллюска в возрасте t (годы); W_∞ — теоретически возможная в природе масса раковины, г; k — коэффициент, характеризующий скорость затухания процесса роста; t_0 — возраст, при котором масса раковины равна нулю.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований 2019 г. показали, что максимальный возраст устрицы в бухте Лососей (район с. Песчанского) по расчетным данным достиг 25+ лет. Однако по натурным наблюдениям наибольшая продолжительность жизни, определенная на радиальных срезах и на поверхности раковины, составила 24+ лет. Такая разница объясняется наличием лишь одного экземпляра в предельно-возрастном классе. Средний возраст моллюсков в выборке (93 экз.) равен $6,5 \pm 0,25$ года.

В 2018 г. основная доля улова приходилась на 2–5- (56,8 %) и 7-летних (11,2 %) особей (рис. 4). Масса устрицы при этом изменялась соответственно от 20 до 124 г и от 158 до 185 г при высоте раковины от 52 до 134 мм. В 2019 г. в выборках преобладали



Рис. 3. Определение возраста *Crassostrea gigas* (а) и радиальный срез створки (б)
Fig. 3. Age determination for *Crassostrea gigas* (а) and radial cut of shell (б)

моллюски 4–6 (50,3 %) и 8 лет (12,4 %) при массе соответственно 75–155 и 187–219 г и высоте раковины 78–144 мм (рис. 5). Встречаемость моллюсков старшевозрастных групп в оба года начиная с 11 лет снижалась. Количество раковин годовалых моллюсков было незначительно. На низкую численность молоди влияют локальные условия

среды. Например, сильные приливно-отливные течения приводят к тому, что основная часть пререкрутов оказывается зарыта в ил без доступа к кислороду, что приводит к их гибели.

Для описания весового роста устрицы использовали уравнение роста Бергаланфи. Построенный график весового роста представляет собой S-образную кривую (рис. 6), где наибольший весовой прирост приходится на 11-й год жизни (33,1 г). В последующем темпы роста начинают замедляться. В период достижения промысловых размеров прижизненная масса тела устрицы в среднем равна 190 г. Групповой весовой рост описывается уравнением $W_t = 900,6(1 - e^{-0,0828(t + 2,8414)})^3$.

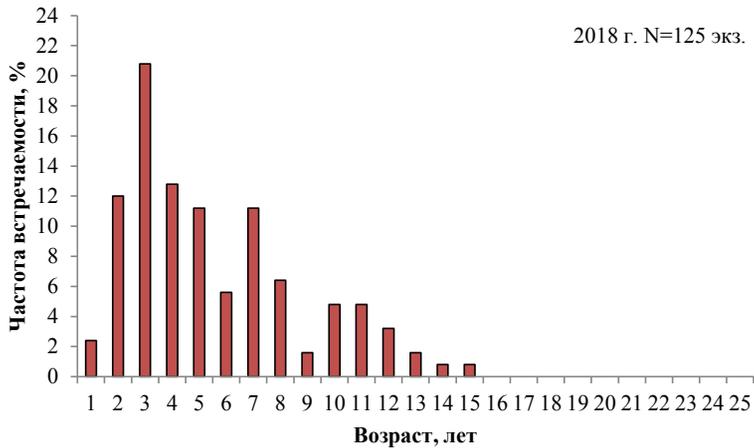


Рис. 4. Возрастной состав *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2018 г.
Fig. 4. Age composition of *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2018

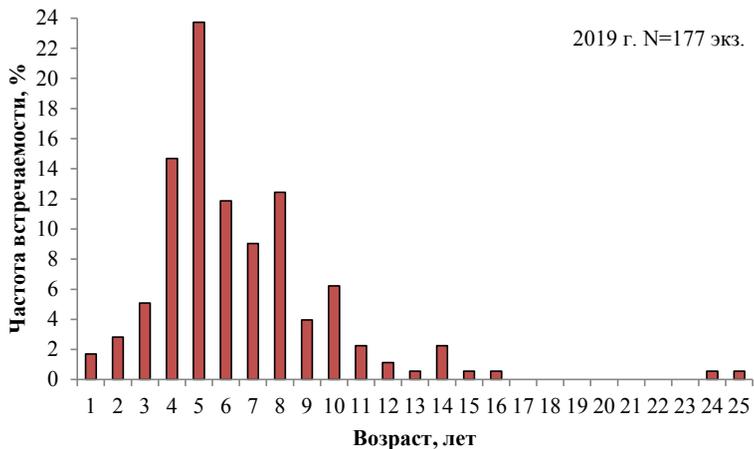


Рис. 5. Возрастной состав *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2019 г.
Fig. 5. Age composition of *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2019

В табл. 2 представлены эмпирические и теоретические (по уравнению Бергаланфи) средние значения массы раковины для каждого возрастного класса.

Средние параметры моллюсков в районе с. Песчанского в 2019 г. незначительно увеличились в сравнении с 2018 г. (табл. 3). Значения морфометрических параметров в уловах 2018–2019 гг. находились в довольно близких пределах. Так, высота раковины в 2018 г. колебалась от 49 до 177 мм, в 2019 г. — от 51 до 186 мм. Средний показатель величины различался незначительно: в 2018 г. — $103,1 \pm 2,6$ мм, в 2019 г. — $107,2 \pm 1,9$ мм (рис. 7, 8). В 2018 г. большую долю составили моллюски с размерами раковин 70–89 мм (30,4 %) и 100–119 мм (27,2 %), а в 2019 г. — 80–119 мм (68,4 %). Следовательно, основу поселений

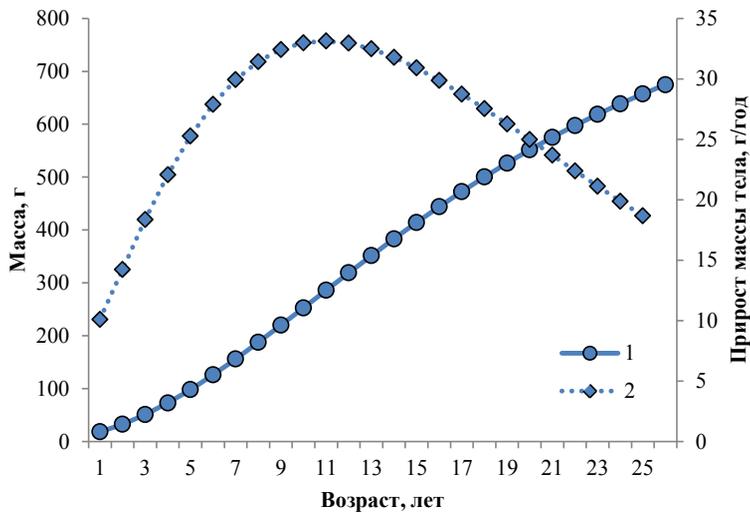


Рис. 6. Возрастные изменения массы моллюсков (1) и их ежегодного прироста (2) у *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2019 г.

Fig. 6. Age change of weight (1) and annual weight increments (2) for *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2019

Таблица 2

Средняя масса тела *Crassostrea gigas* по возрастам в бухте Лососей (зал. Анива, 2019 г.), г

Table 2

Mean body weight (g) of *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2019, by age groups

Возраст, годы	Средняя масса		Min	Max	Количество, экз.
	Эмпирические данные	Теоретические данные			
1	19,0	18,2	19	19	1
2	33,0	32,5	33	40	2
3	43,5	50,8	47	66	3
4	78,0	72,9	71	90	10
5	100,7	98,2	92	112	17
6	123,3	126,0	116	136	9
7	175,1	156,0	162	162	2
8	181,3	187,4	167	191	11
9	208,2	219,8	200	219	10
10	257,2	252,8	239	247	5

Таблица 3

Биологические параметры *Crassostrea gigas* по данным 2018 и 2019 гг.

Table 3

Biological parameters of *Crassostrea gigas* in 2018 and 2019

Биологические параметры	Высота раковины, мм	Длина раковины, мм	Толщина раковины, мм	Масса общая, г	
2018	min	49	34	15	
	max	177	175	435	
	x_{cp}	103,1±2,6	62,2±1,5	28,8±0,7	135,4±8,6
2019	min	51	34	17	
	max	186	103	62	664
	x_{cp}	107,2±1,9	66,2±1,0	33,6±0,6	159,4±7,0

составляли непромысловые особи, доля пострекрутов в выборке была незначительной (в 2019 г. — 23,7%, в 2018 г. — 25,6%), что может быть следствием изъятия крупных особей в результате интенсивного промысла устрицы. Кроме того, кутовой участок побережья зал. Анива, где находится поселение, характеризуется высокой волновой активностью, преобладанием мягких грунтов и высокой степенью опреснения из-за речного стока (реки Цунай, Средняя, Сусуя) в северной части бухты в периоды отлива. Очевидно, сочетание перечисленных факторов среды создает здесь менее комфортные условия для роста тихоокеанской устрицы по сравнению с лагуной Буссе.

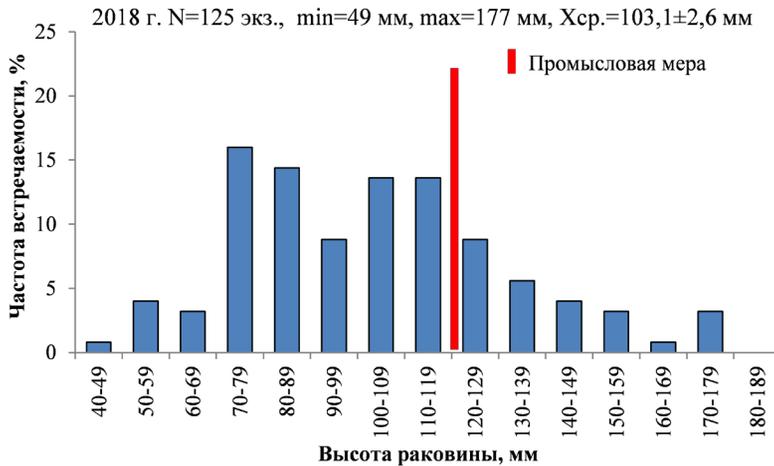


Рис. 7. Распределение значений высоты раковины *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2018 г.

Fig. 7. Shell height distribution for *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2018

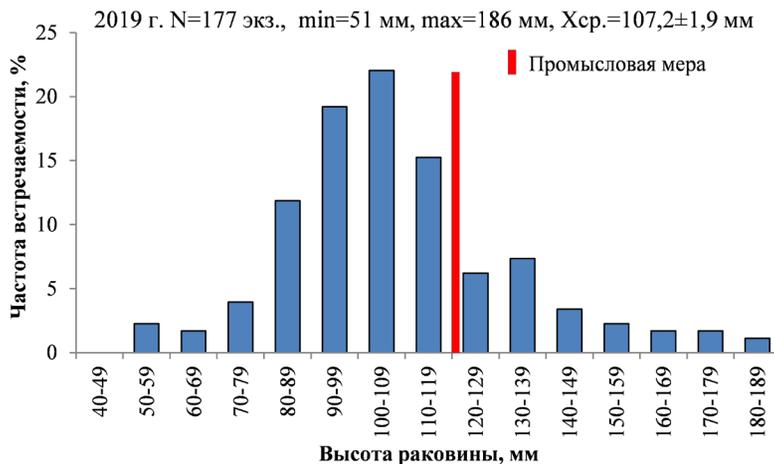


Рис. 8. Распределение значений высоты раковины *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2019 г.

Fig. 8. Shell height distribution for *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2019

Масса особей в 2019 г. отличалась от таковой в 2018 г., составив в среднем $159,4 \pm 7,0$ г при диапазоне варьирования от 19,0 до 664,0 г. В 2018 г. в исследуемом районе встречались моллюски массой до 435 г. Среднее значение массы моллюсков составило $135,4 \pm 8,6$ г. Наиболее часто в период исследования встречались устрицы массой до 199 г (74–78,4%) (рис. 9, 10).

В бухте Лососей кривые соотношения высоты раковины устрицы и ее массы, построенные по выборкам 2018 и 2019 гг., показывают регрессионную зависимость и

описываются уравнениями степенной функции: соответственно $y = 0,0014x^{-2,4363}$ и $y = 0,0045x^{-2,2209}$ (рис. 11, 12). Соотношения размерно-массовых показателей характеризуются в целом отрицательной аллометрией ($b < 3$), т.е. признаки аллометрии выражены в меньшей степени. Различия эти невелики в связи с малым количеством в выборке старшевозрастных групп.

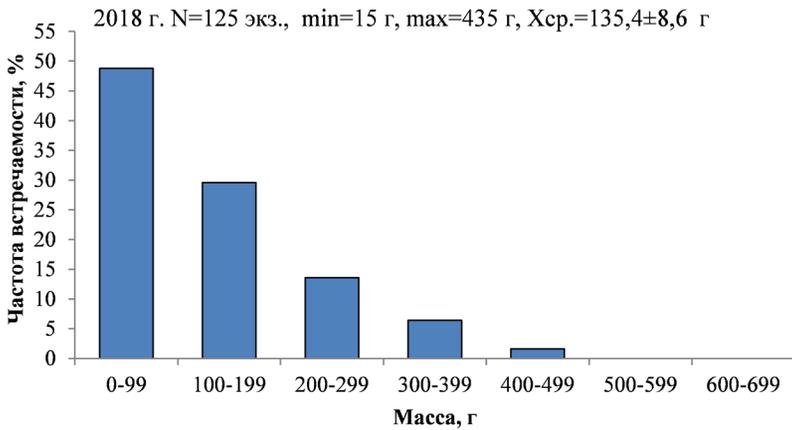


Рис. 9. Распределение значений общей массы *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2018 г.

Fig. 9. Body weight distribution for *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2018

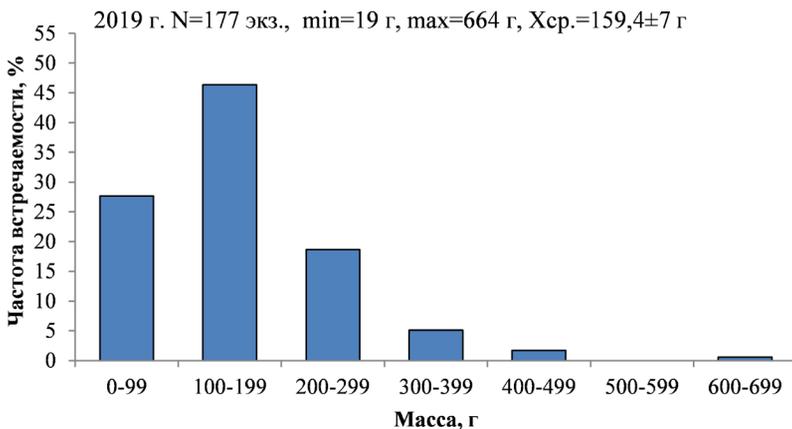


Рис. 10. Распределение значений общей массы *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2019 г.

Fig. 10. Body weight distribution for *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2019

Согласно данным зарубежных исследований, приведенных в отечественных литературных источниках [Размножение иглокожих..., 1980; Раков, 1984; Ярославцева и др., 1990], возраст устрицы может быть определен по высоте раковины. Анализ соотношения высоты раковины и возраста устрицы из бухты Лососей (2019 г.) показал высокую вариабельность линейного параметра в возрастных классах. Это, в свою очередь, являлось следствием роста моллюсков на мягких грунтах с примесью ракуши, где формирование раковины в друзе не ограничено только твердыми грунтами. Личинки устрицы в поисках подходящего субстрата оседают на раковины живых и мертвых моллюсков, что приводит к образованию друз. Следовательно, в биотопах зал. Анива определение возрастного состава по высоте раковины не представлялось возможным.

По имеющимся литературным сведениям было проведено сравнение возраста устрицы до 4 лет по высоте раковины из разных районов обитания (рис. 13). На графике

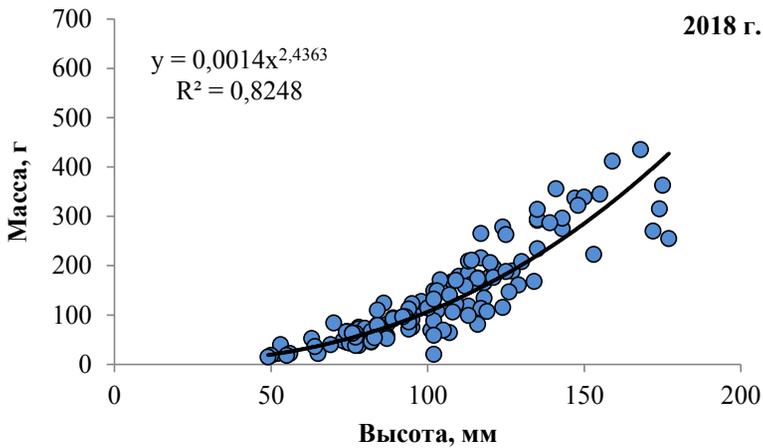


Рис. 11. Соотношение высоты раковины и общей массы тела *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2018 г.

Fig. 11. Body height/weight ratio for *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2018

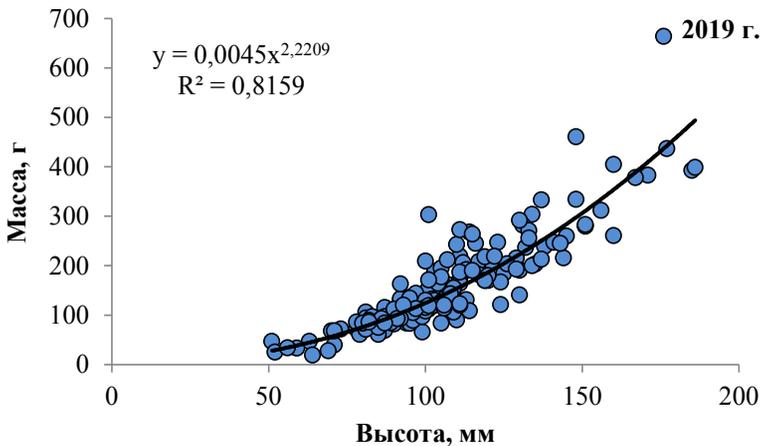


Рис. 12. Соотношение высоты раковины и общей массы тела *Crassostrea gigas* в бухте Лососей, зал. Анива, в 2019 г.

Fig. 12. Body height/weight ratio for *Crassostrea gigas* in the Losos Bight (Aniva Bay) in 2019

видно, что моллюски достаточно сильно различаются характеристиками своего роста. Полученные нами данные по высоте раковины в бухте Лососей отличаются от данных в лагуне Буссе, определенных сотрудниками СахНИРО в 2013 г. Стоит отметить, что в зал. Лайжоу (Восточное побережье Китая) [Harding, Mann, 2006] устрица растет более интенсивно. Размеры моллюсков из лагуны Буссе и разводимых на западном побережье Соединенных Штатов (43-я параллель) [Langdon, Robinson, 1996] совпадают.

Заклучение

В результате проведенных в 2019 г. исследований была получена современная информация по возрастной структуре, общей продолжительности жизни и темпу роста устрицы тихоокеанской в бухте Лососей (район с. Песчанского).

Возраст моллюсков изменялся в пределах от 1 до 25 лет. Основу запаса 2019 г. составили особи 4–6- и 8-летнего возраста при массе соответственно 75–155 и 187–219 г и высоте раковины 78–144 мм. Рассчитана зависимость между возрастом и массой раковины. Выявлено, что размерно-массовая структура уверенно аппроксимируется уравнением Бергаланфи.

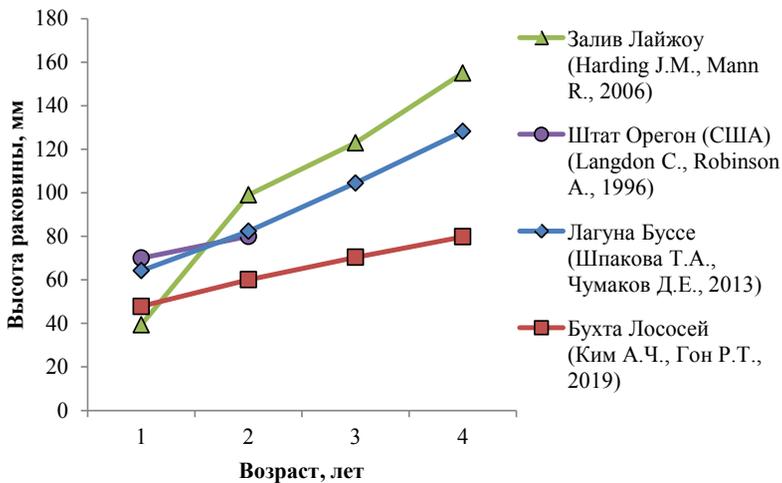


Рис. 13. Темпы роста *Crassostrea gigas* по высоте раковины из разных районов обитания (в скобках указаны авторы данных)

Fig. 13. Growth rate of *Crassostrea gigas* by shell height in certain habitats (names of investigators in brackets)

Таким образом, масса устрицы является наилучшим пластическим признаком, который отражает возрастные изменения моллюска и может служить основой для дальнейших исследований в области изучения возраста устрицы тихоокеанской, а также для выполнения продукционных расчетов в бухте Лососей.

Благодарности

Авторы выражают благодарность заместителю руководителя Сахалинского филиала ВНИРО (СахНИРО), к.б.н. Д.А. Галанину за ценные советы и заведующему ЛМПР «СахНИРО», к.б.н. Ким Сен Ток за критические замечания при написании статьи. Также выражаем признательность Д.Е. Чумакову за консультации при определении возраста устриц.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

А.Ч. Ким руководила исследованиями в течение всего периода работ, непосредственно участвуя в них, в обработке собранных материалов, анализе результатов и написании статьи. Р.Т. Гон осуществлял техническое сопровождение проводимых работ, участвовал в сборе и обработке материала.

Список литературы

Золотарев В.Н. Продолжительность жизни двустворчатых моллюсков Японского и Охотского морей // Биол. моря. — 1980. — № 6. — С. 3–12.

Левин В.С. Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей : моногр. — СПб. : ПКФ «ОЮ-92», 1994. — 240 с.

Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков : моногр. / Касьянов В.Л., Медведева Л.А., Яковлев Ю.М., Яковлев С.Н. ; под ред. С.А. Милейковского. — М. : Наука, 1980. — 207 с.

Раков В.А. Биологические основы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg) в заливе Петра Великого : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. — 24 с.

Шibaев С.В. Промысловая ихтиология : учеб. — СПб. : Проспект Науки, 2007. — 400 с.

Ярославцева Л.М., Сергеева Э.П., Кашенко С.Д. Изменение чувствительности к опреснению в онтогенезе гигантской устрицы // Биол. моря. — 1990. — Т. 16, № 6. — С. 36–42.

Harding J.M., Mann R. Age and growth of wild Suminoe (*Crassostrea ariakensis*, Fugita 1913) and Pacific (*C. gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou Bay, China // J. Shellfish Res. — 2006. — Vol. 25, № 1. — P. 73–82. DOI: 10.2983/0730-8000(2006)25[73:AAGOWS]2.0.CO;2.

Kirby M.X., Soniat T.M., Spero H.J. Stable Isotope Sclerochronology of Pleistocene and Recent Oyster Shells (*Crassostrea virginica*) // Palaios. — 1998. — Vol. 13(6). — P. 560–569.

Langdon C., Robinson A. Aquaculture potential of the Suminoe oyster (*Crassostrea ariakensis* Fugita 1913 // Aquaculture. — 1996. — № 144. — P. 321–328.

Tanabe K., Oba T. Latitudinal variation in shell growth patterns of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from the Japanese coast // Marine Ecology Progress Series. — 1988. — Vol. 47, № 1. — P. 75–82.

The age determination and growth rate of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in British waters determined from acetate peels of umbo growth lines / C.A. Richardson, S.A. Collis, K. Ekaratne et al. (eds) // ICES J. of Mar. Sci. — 1993. — Vol. 50(4). — P. 493–500.

References

Zolotarev, V.N., *Prodolzhitel'nost' zhizni dvustvorchatykh mollyuskov Yaponskogo i Okhotskogo morey* (Life expectancy of bivalve mollusks of the Sea of Japan and Okhotsk), *Russ. J. Mar. Biol.*, 1980, no. 6, pp. 3–12.

Levin, V.S., *Promyslovaya biologiya morskikh donnykh bespozvonochnykh i vodoroslei* (Fishery Biology of Marine Benthic Invertebrates and Algae), St. Petersburg: PKF OYu-92, 1994.

Kasyanov, V.L., Medvedeva, L.A., Yakovlev, Yu.M., and Yakovlev, S.N., *Razmnozheniye iglokozhihkh i dvustvorchatykh mollyuskov* (Reproduction of echinoderms and bivalve molluscs), Mileikovskiy, S.A., ed. Moscow: Nauka, 1980.

Rakov, V.A., Biological bases for the cultivation of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Peter the Great Bay, Sea of Japan, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1984.

Shibaev, S.V., *Promyslovaya ikhtiologiya* (Commercial ichthyology), St. Petersburg: Prospekt Nauki, 2007.

Yaroslavtseva, A.M., Sergeeva, E.P., and Kashenko, S.D., Change in desalination sensitivity in the ontogenesis of a giant oyster, *Russ. J. Mar. Biol.*, 1990, vol. 16, no. 6, pp. 36–42.

Harding, J.M. and Mann, R., Age and growth of wild Suminoe (*Crassostrea ariakensis*, Fugita 1913) and Pacific (*C. gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou Bay, China, *J. Shellfish Res.*, 2006, vol. 25, no. 1, pp. 73–82. doi 10.2983/0730-8000(2006)25[73:AAGOWS]2.0.CO;2

Kirby, M.X., Soniat, T.M., and Spero, H.J., Stable Isotope Sclerochronology of Pleistocene and Recent Oyster Shells (*Crassostrea virginica*), *Palaios*, 1998, vol. 13, no. 6, pp. 560–569.

Langdon, C. and Robinson, A., Aquaculture potential of the Suminoe oyster (*Crassostrea ariakensis* Fugita 1913, *Aquaculture*, 1996, no. 144, pp. 321–328.

Tanabe, K. and Oba, T., Latitudinal variation in shell growth patterns of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from the Japanese coast, *Marine Ecology Progress Series*, 1988, vol. 47, no. 1, pp. 75–82.

The age determination and growth rate of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in British waters determined from acetate peels of umbo growth lines, Richardson, C.A., Collis, S.A., Ekaratne, K., Dare, P., Key, D., *ICES J. of Mar. Sci.*, 1993, vol. 50, no. 4, pp. 493–500.

Поступила в редакцию 25.03.2020 г.

После доработки 3.08.2020 г.

Принята к публикации 20.08.2020 г.