

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ВЛИЯНИЕ СУММАРНОГО ЗНАЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РАЗМЕРНО-МАССОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS* (THUNBERG, 1793) В ЗАЛИВЕ АНИВА (О. САХАЛИН) ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

© 2021 г. А. Ч. Ким^а, *, Д. М. Ложкин^а

^аСахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), Южно-Сахалинск, Россия

*E-mail: stasy.kim89@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.04.2021 г.

На основании массивов среднесуточных спутниковых данных по температуре поверхностного слоя воды за период 2010–2020 гг. в местах традиционного лова тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (бухта Лососей и лагуна Буссе) рассчитаны средние многолетние значения и аномалии длительности периода положительных температур и суммарные значения температуры воды. Выявлены зависимости размера раковины и общей массы *Crassostrea gigas* от температуры. В целом, в аномально теплые годы средние показатели высоты и массы значительно ниже нормы, а в аномально холодные годы – выше нормы. Это может свидетельствовать о том, что устрица, как вид умеренных широт, устойчива к холодным и умеренным температурам, но плохо развивается в условиях, повышенных в течение долгого периода температур. Исключение составляет масса моллюска в бухте Лососей, где наблюдается прямая зависимость от суммарного значения температуры воды.

Ключевые слова: тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*, высота раковины, общий вес, суммарное значение температуры воды, залив Анива, лагуна Буссе, бухта Лососей, температура, аномалии

DOI: 10.31857/S0205961421050067

ВВЕДЕНИЕ

В Сахалинской области одним из традиционных объектов промысла и любительского рыболовства является тихоокеанская (гигантская) устрица *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). Ежегодное сверхлимитное ее освоение в рамках рекомендуемого вылова (РВ) привело к снижению запаса в лагуне Буссе и бухте Лососей (залив Анива, Охотское море). Огромный спрос к ресурсу, как к деликатесному двустворчатому моллюску, стал причиной сильного давления на его биологическое состояние. Как результат, в 2021 г. промысел устрицы в Восточно-Сахалинской подзоне закрыт. Однако, помимо антропогенного фактора, немаловажное влияние на жизненный цикл вида оказывают природные факторы окружающей среды, одним из которых является температура. Отсутствие работ, посвященных исследованию связи биологических параметров моллюска с изменениями термической обстановки в районах интенсивного лова на о. Сахалин, делает рукопись весьма актуальной. Поэтому целью данной работы является оценка влияния локальных температурных условий на высоту и вес раковины *C. gigas* в различных возрастных категориях.

Поскольку во многих районах не проводится круглогодичное наблюдение за факторами окружающей среды, на первое место выходят массивы спутниковых данных. Спектр применения спутниковых и прочих данных постоянно расширяется (Тихонов и др., 2017; Сизов, Кушнырь, 2018). Их практическому применению в области биологии посвящен целый ряд статей (Жабин и др., 2018; Ложкин и др., 2018; Франц и др., 2020).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе размерно-массового и возрастного составов устрицы, собранной в 2010–2020 гг. в период учетных съемок и мониторинга в заливе Анива (включая лагуну Буссе). Районы исследований представлены на рис. 1. Координаты мест сбора материала: бухта Лососей (район с. Песчанское) – 46.728518° с.ш., 142.703118° в.д. и лагуна Буссе – 46.51358333° с.ш., 143.321767° в.д.; 46.51678333° с.ш., 143.3178° в.д.; 46.51833333° с.ш., 143.318183° в.д.; 46.52195° с.ш., 143.311283° в.д.; 46.52366667° с.ш., 143.311917° в.д. Пробы отобраны и обработаны согласно общепринятым в гидробиологии методикам (Скарлато и др., 1964; Левин, Шендеров, 1975; Левин, 1994;

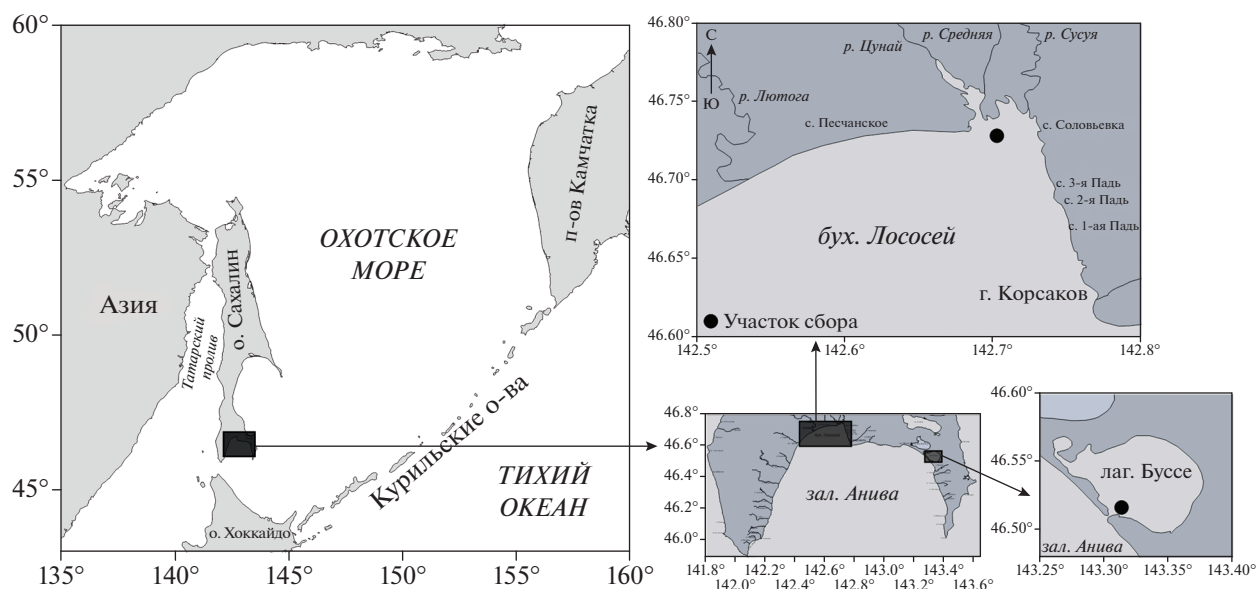


Рис. 1. Карта-схема района работ.

Методы изучения ..., 1990). Линейные измерения высоты раковины проводились при помощи штангенциркуля с точностью до 1 мм, общая масса животных определялась при помощи электронных весов A&D SK-2000WP (точность взвешивания 1 г). Построение диаграмм и необходимые расчеты осуществлялись посредством электронных таблиц Microsoft Excel.

Индивидуальный возраст устрицы определяется по радиальным срезам верхней створки (Золотарев, 1980; Tanabe, Oba, 1988; The age determination..., 1993; Kirby et al., 1998). В статье возраст установлен согласно указанным формулам: для бухты Лососей $t = 1.225\sqrt{M}/14.258$, где t – возраст устрицы (лет) для бухты Лососей; M – общая масса тела (г) для каждой особи (Ким, Гон, 2020) и для лагуны Буссе $t = (M - 0.3223)/49.961$, где t – возраст устрицы (лет) для лагуны Буссе; M – общая масса тела (г) для каждой особи (Шпакова, Чумаков, 2013). Для возрастных групп от 1+ до 10+ лет по обоим районам (бухта Лососей и лагуна Буссе) были рассчитаны среднегодовые показатели высоты (H_1, \dots, H_{10}) и массы (M_1, \dots, M_{10}). Расчет производился только в том случае, когда количество экземпляров того или иного возраста, собранных в определенный год, составляло 6 и более. После чего были вычислены средние многолетние значения высоты и массы устрицы (далее приняты за нормы для отдельных возрастов) и их стандартные отклонения (σ) для каждого возраста. Объем обработанного материала составил 961 экз. в бухте Лососей и 2447 экз. в лагуне Буссе.

За исследуемый период плотность обитания моллюсков в заливе Анива варьировалась в широ-

ких пределах: в бухте Лососей – от 2 до 67 экз./м², в лагуне Буссе – от 1 до 178 экз./м².

Кроме того, использованы спутниковые данные по среднесуточной температуре поверхности океана (ТПО), полученные с помощью приемной станции TeraScan и хранящиеся в базе данных СахНИРО (более подробное описание приведено в работе (Новиненко, Шевченко, 2007)). Пространственное разрешение данных составляет около 2 км, однако для дальнейших расчетов было произведено пространственное осреднение (для района бухты Лососей и лагуны Буссе). Для заполнения пробелов, связанных с облачностью, был использован метод линейной интерполяции. Таким образом, был получен непрерывный ряд среднесуточных данных по ТПО, благодаря чему появилась возможность провести детальный статистический анализ.

Чтобы проследить зависимость размерно-массовых показателей от температуры, необходимо рассчитать соответствующие параметры. Для каждого года были условно выделены два периода (табл. 1): I период – от даты устойчивого перехода температуры через 0°C весной до 31 июля; II период – с 1 августа (массового нереста) до даты устойчивого перехода к отрицательным температурам. На основании этих данных вычислены длительности периодов (L_1 и L_2), суммарные значения температуры воды за указанные периоды (Q_1 и Q_2), среднепериодные температуры (t_{1w} и t_{2w}).

Таблица 1. Даты перехода через 0°C (D_1 – начало I периода; D_2 – конец II периода)

Год	D_1 (Буссе)	D_2 (Буссе)	D_1 (Песчанское)	D_2 (Песчанское)
2010	07 апреля 2010 г.	12 января 2011 г.	16 апреля 2010 г.	12 января 2011 г.
2011	29 марта 2011 г.	12 января 2012 г.	05 апреля 2011 г.	12 января 2012 г.
2012	13 апреля 2012 г.	27 декабря 2012 г.	15 апреля 2012 г.	20 декабря 2012 г.
2013	18 апреля 2013 г.	08 января 2014 г.	15 апреля 2013 г.	08 января 2014 г.
2014	21 апреля 2014 г.	22 декабря 2014 г.	19 апреля 2014 г.	25 декабря 2014 г.
2015	27 марта 2015 г.	14 декабря 2015 г.	13 апреля 2015 г.	23 декабря 2015 г.
2016	09 апреля 2016 г.	03 декабря 2016 г.	21 апреля 2016 г.	08 декабря 2016 г.
2017	16 апреля 2017 г.	06 декабря 2017 г.	15 апреля 2017 г.	19 декабря 2017 г.
2018	16 апреля 2018 г.	22 декабря 2018 г.	10 апреля 2018 г.	31 декабря 2018 г.
2019	06 апреля 2019 г.	21 декабря 2019 г.	07 апреля 2019 г.	18 декабря 2019 г.
2020	11 апреля 2020 г.		12 апреля 2020 г.	

ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

В табл. 2 представлены основные статистические параметры для ряда среднесуточных температур по годам, а в табл. 3 сведены средние многолетние (2010–2019 гг.) значения указанных параметров и их стандартные отклонения (σ). За исключением суммарного значения температуры воды за II период (Q_2), температурные условия в лагуне Буссе подвержены большим межгодовым вариациям, чем в бухте Лососей. Что касается средних значений, их различия для двух районов невелики (находятся в пределах одного стандартного отклонения). В свою очередь, вариации всех параметров довольно значительны, разница между максимумом и минимумом превышает две величины стандартного отклонения.

Рассмотрим наиболее значимые отклонения от приведенной в табл. 3 нормы. В районе бухты Лососей раньше всего прогрев до положительных температур произошел в 2011 и 2019 гг., наиболее поздний прогрев наблюдался в 2014 и 2016 гг. Наибольшая длительность II периода в этом районе отмечена в 2010, 2011 и 2013 гг., в то время как в 2016 г. охлаждение произошло на 19 дней раньше обычного.

В районе лагуны Буссе, в отличие от бухты Лососей, 2019 г. по датам прогрева и охлаждения близок к норме. В 2017 г. длительность II периода была аномально низкой. В 2016 г. значение длительности первого периода практически совпадает с нормой, а II период на 3 недели короче обычного. 2015 г., напротив, в районе бухты Лососей можно характеризовать, как нормальный, в то время как в районе Буссе длительность обоих периодов далека от нормы.

Что касается суммарного значения температуры воды, видно, что чаще всего отрицательная аномалия в одном периоде компенсируется поло-

жительной аномалией в другом. Таким образом, суммарное значение температуры воды за два периода меняется менее значительно, чем в отдельные периоды. В обоих районах, как нормальные по этому признаку, можно характеризовать 2010 и 2018 гг., а аномально холодным является 2011 г. Аномально теплыми в обоих районах в I периоде оказались 2019 и 2020 гг. В 2012 и 2014 гг. в районе Буссе в I периоде наблюдалась значительная отрицательная аномалия Q_1 , а в 2016 г. – значительная положительная аномалия. В бухте Лососей параметр Q_2 был аномально низким в 2015 и 2017 гг.

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРА И МАССЫ ОСОБЕЙ ОТ НАКОПЛЕННОГО ТЕПЛА

В табл. 4 и 5 приведены минимальные, максимальные и средние многолетние значения, а также стандартные отклонения (σ) высоты и массы особей для каждой возрастной группы *C. gigas* (от 1+ до 10+) за весь период наблюдения.

Как высота, так и масса особей в каждой возрастной группе в пределах съемки в один и тот же год подвержена значительным вариациям. Разброс значений достигал 50 мм по высоте и 25 г по массе особей в районе бухты Лососей и около 100 мм по высоте и 50 г по массе в районе лагуны Буссе. Стоит заметить, что вариации среднегодовых показателей менее значительны, однако с их помощью можно установить, как влияет продолжительность теплого периода (L_1 и L_2) и суммарное значение температуры воды (Q_1 и Q_2) на размер и массу особей.

В табл. 6 показаны значимые отклонения от нормы, когда значение того или иного параметра (L_i , Q_i , H_i , M_i) было выше или ниже нормы на величину большую или равную σ для данного параметра. Плюсом обозначены положительные аномалии, минусом – отрицательные. Серым цветом

Таблица 2. Основные статистические параметры по годам

Район лагуны Буссе								
год	L ₁ , сут	Q ₁ , °C	t _{1w} , °C	L ₂ , сут	Q ₂ , °C	t _{2w} , °C	L _{сум} , сут	Q _{сум} , °C
2010	116	1045.7	9.0	164	1595.7	9.7	280	2641.4
2011	125	924.6	7.4	164	1745.1	10.6	289	2669.6
2012	110	900.4	8.2	148	1693.4	11.4	258	2593.8
2013	105	946.2	9.0	161	1712.1	10.6	266	2658.3
2014	102	904.1	8.9	144	1637.3	11.4	246	2541.4
2015	127	1014.9	8.0	136	1571.3	11.6	263	2586.2
2016	114	1177.7	10.3	125	1519.8	12.2	239	2697.5
2017	107	1129.8	10.6	128	1556.3	12.2	235	2686.1
2018	107	1001.9	9.4	143	1683.9	11.8	250	2685.9
2019	117	1282.7	11.0	143	1603.1	11.2	260	2885.9
2020	112	1169.6	10.4					

Район с. Песчанское

год	L ₁ , сут	Q ₁ , °C	t _{1w} , °C	L ₂ , сут	Q ₂ , °C	t _{2w} , °C	L _{сум} , сут	Q _{сум} , °C
2010	107	1128.6	10.5	164	1717.2	10.5	271	2845.7
2011	118	918.0	7.8	164	1812.8	11.1	282	2730.9
2012	108	1020.8	9.5	142	1736.5	12.2	250	2757.3
2013	108	1057.3	9.8	161	1638.4	10.2	269	2695.7
2014	104	987.4	9.5	147	1674.1	11.4	251	2661.6
2015	110	1051.2	9.6	145	1561.8	10.8	255	2613.0
2016	102	1090.0	10.7	130	1569.4	12.1	232	2659.4
2017	108	1053.8	9.8	141	1529.6	10.8	249	2583.5
2018	113	1015.5	9.0	153	1710.8	11.2	266	2726.3
2019	116	1169.6	10.1	140	1636.9	11.7	256	2806.5
2020	111	1169.4	10.5					

Примечание. L₁ – длительность I периода; Q₁ – суммарное значение температуры воды за I период; t_{1w} – среднепериодная температура за I период; L₂ – длительность II периода; Q₂ – суммарное значение температуры воды за II период; t_{2w} – среднепериодная температура за II период; L_{сум} – длительность за I и II периоды; Q_{сум} – суммарное значение температуры воды за I и II периоды.

Таблица 3. Сводка статистических параметров за 2010–2019 гг.

	Район лагуны Буссе				Район с. Песчанское			
	минимум	максимум	среднее	σ	минимум	максимум	среднее	σ
L ₁ , сут.	102	127	113	8	102	118	110	5
Q ₁ , °C	900.4	1282.7	1045.2	128.3	918.0	1169.6	1060.1	76.6
t _{1w} , °C	7.4	11.0	9.3	1.2	7.8	10.7	9.7	0.8
L ₂ , сут.	125	164	146	14	130	164	149	11
Q ₂ , °C	1519.8	1745.1	1631.8	74.4	1529.6	1812.8	1658.8	88.9
t _{2w} , °C	9.7	12.2	11.3	0.8	10.2	12.2	11.2	0.7

Таблица 4. Основные статистические параметры размера и массы особей по возрастам в районе с. Песчанское

Район с. Песчанское								
возраст, лет	высота, мм				масса, г			
	минимум	максимум	среднее	σ	минимум	максимум	среднее	σ
1+	35	102	57	7	7	23	16	3
2+	48	109	70	4	24	44	35	3
3+	60	107	83	6	44	66	56	2
4+	70	127	92	7	67	90	79	2
5+	76	143	99	8	91	115	104	1
6+	83	169	108	9	116	141	127	2
7+	92	161	116	8	142	168	155	2
8+	100	194	127	14	169	195	181	3
9+	96	177	130	10	197	224	209	2
10+	110	209	142	14	225	254	242	1

Таблица 5. Основные статистические параметры размера и массы особей по возрастам в районе лагуны Буссе

Район лагуны Буссе								
возраст, лет	высота, мм				масса, г			
	минимум	максимум	среднее	σ	минимум	максимум	среднее	σ
1+	44	187	89	26	26	75	55	8
2+	52	197	100	15	76	125	100	6
3+	65	209	114	14	126	175	153	5
4+	101	197	126	9	176	225	200	4
5+	91	234	132	13	226	275	250	4
6+	105	224	148	8	276	325	302	2
7+	113	247	154	10	326	375	350	2
8+	115	228	162	9	376	425	403	3
9+	130	248	163	6	426	474	449	5
10+	123	250	173	5	475	524	498	4

показаны годы, в которые параметр находился в пределах нормы, а заштрихованные ячейки означают, что по указанной возрастной группе было отобрано 5 и менее экземпляров. Из этой таблицы можно увидеть, что в аномально теплые годы средние показатели высоты значительно ниже нормы, а в аномально холодные годы – выше нормы. Это может свидетельствовать о том, что устрица, как вид умеренных широт, устойчива к холодным и умеренным температурам, но плохо развивается в условиях, повышенных в течение долгого периода температур.

Рассмотрим в качестве примера графики аномалий высоты и массы в двух изучаемых районах: 4-леток для Бухты Лососей и 3-леток для лагуны Буссе (рис. 2). На рисунке столбцы означают аномалии соответствующих биологических параметров, а красной линией показана аномалия сум-

марного значения температуры воды за первый период (Q_1). Синим пунктиром обозначено стандартное отклонение высоты или массы, а красным пунктиром – стандартное отклонение Q_1 . Возрастная группа подобрана таким образом, чтобы было достаточное количество экземпляров во все годы. К сожалению, 2015 г. для района бухты Лососей и 2018 г. для района лагуны Буссе пришлось исключить ввиду недостатка материала по большей части возрастных групп.

Норма высоты четырехлетних особей для бухты Лососей составляет 92 мм, в то время как норма массы – 79 г. Как видно из графика, два параметра (ΔH и ΔQ_1) практически находятся в противофазе, коэффициент корреляции составляет -0.77 . Что касается массы, то в бухте Лососей наблюдается положительная корреляция (0.67).

Таблица 6. Отклонения среднегодовых показателей от нормы

Район с. Песчанское																									
Год	L ₁	L ₂	Q ₁	Q ₂	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	
2013		+				+		+			+	+	+	+		-				+				-	
2014	-							+	+	+	+									-			-		+
2018															+	+						+			
2019	+	-	+																	+				+	+
2020			+			-	-	-	-	-						-				+			-		

Район лагуны Буссе																									
Год	L ₁	L ₂	Q ₁	Q ₂	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	
2010		+			+	+				-					+	+		-	-						
2011	+	+		+													+	+							
2012			-											+			+	+					-	+	-
2013	-	+		+											-	-			+	+	+				-
2014	-		-				+	+	+	+															
2016		-	+	-													-								-
2019	+	-	+				-	-	-							-	-								
2020							-										-								

Примечание. L₁ – длительность I периода; L₂ – длительность II периода; Q₁ – суммарное значение температуры воды за I период; Q₂ – суммарное значение температуры воды за II период; H₁, ..., H₁₀ – высота раковины в возрасте 1+ – 10+ лет; M₁, ..., M₁₀ – общая масса тела моллюска в возрасте 1+...10+ лет; – положительная аномалия; – отрицательная аномалия; – параметр в пределах нормы; – количество экземпляров в возрастной группе ≤5.

В лагуне Буссе норма трехлетних особей по высоте составляет 114 мм, а по массе – 153 г. Сложно судить о корреляции высоты и массы особей и суммарного значения температуры воды, ведь

даже для этой возрастной группы в 2012 и 2019 гг. было собрано лишь 9 и 10 экземпляров соответственно (поэтому на рис. 2 эти два года заштрихованы). Однако даже в этом случае наблюдается от-

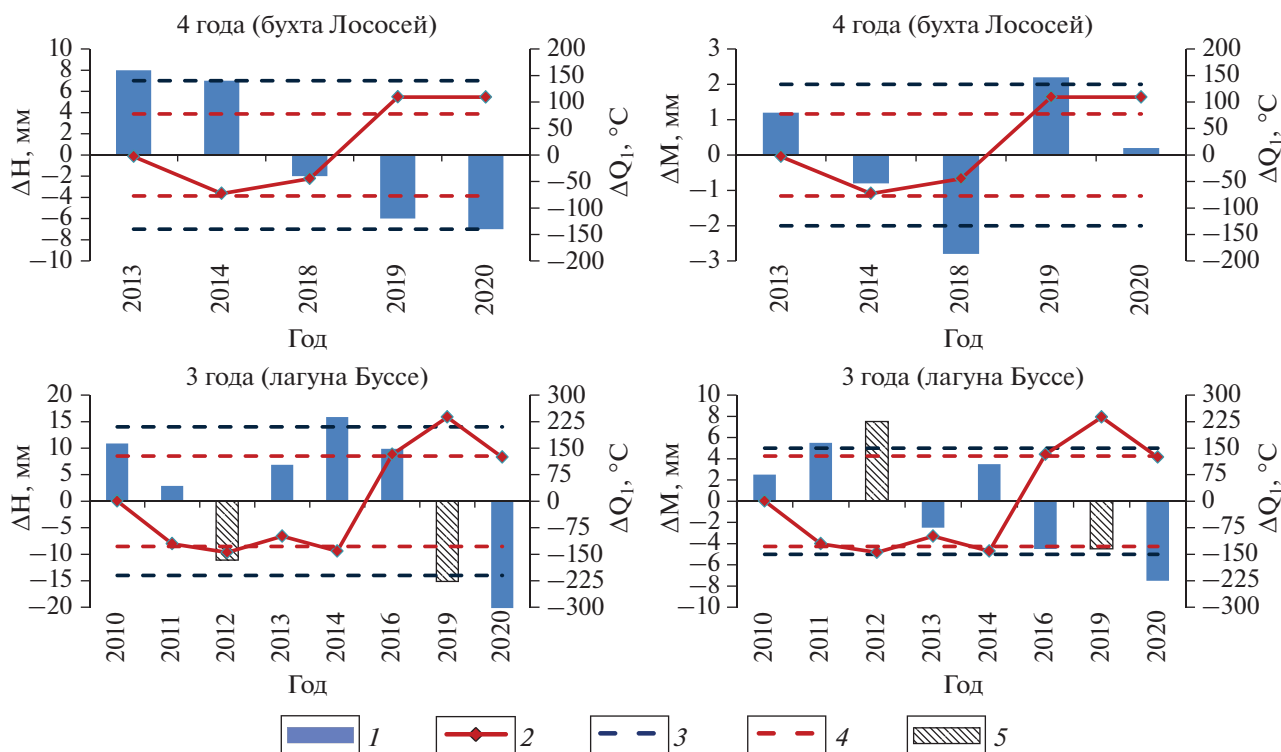


Рис. 2. График аномалий основных исследуемых параметров в указанный год. 1 – аномалия высоты раковины (ΔH) или общей массы тела моллюска (ΔM); 2 – аномалия суммарного значения температуры воды за I период (ΔQ₁); 3 – стандартное отклонение ΔH или ΔM; 4 – стандартное отклонение ΔQ₁; 5 – малая выборка (9–10 экземпляров).

рицательная корреляция и по высоте (-0.45), и по массе (-0.81).

Подтверждение сезонных и межгодовых изменений роста устрицы описано в работах (Раков, 1984; Холодов и др., 2017), где одним из основных факторов, ограничивающих активный рост, является температура воды. Последнее влияет на норму потребления кислорода и при 32°C наблюдается значительное увеличение смертности (Bouquier et al., 1995).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Температурные условия в указанных районах подвержены значительным межгодовым вариациям, в самые суровые годы длительность теплового периода (с температурой воды выше 0°C) может отличаться от таковой в мягкие годы почти на два месяца. Интенсивность прогрева также зависит от текущих гидрометеорологических условий и может существенно отличаться из года в год. Естественно, подобные различия могут оказывать влияние на вид, чья активность зависит от температуры окружающей среды.

В целом, в аномально теплые годы средние показатели высоты и массы устрицы значительно ниже нормы, а в аномально холодные годы — выше нормы. Это может свидетельствовать о том, что устрица, как вид умеренных широт, устойчива к холодным и умеренным температурам, но плохо развивается в условиях, повышенных в течение долгого периода температур. Исключение составляет масса моллюска в бухте Лососей, где наблюдается прямая зависимость от суммарного значения температуры воды.

Полученные результаты можно считать лишь начальной оценкой, ведь температура является лишь одним из множества абиотических факторов среды, которые влияют на жизненный цикл объекта (таких как соленость, содержание кислорода, тип грунта, турбулентность воды, глубина обитания и т.п.), однако даже по столь грубой оценке видно, что она является немаловажным фактором окружающей среды.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность заместителю руководителя Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») Д.А. Галанину за ценные рекомендации при подготовке работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Жабин И.А., Лукьянова Н.Б., Дубина В.А. Структура и динамика вод морской акватории национального парка «Шантарские острова» (Охотское море) по данным

спутниковых наблюдений // Исслед. Земли из космоса. 2018. № 5. С. 3–14.

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

Ким А.Ч., Гон Р.Т. Размерно-возрастная структура устрицы гигантской *Crassostrea gigas* в бухте Лососей (залив Анива): отчет о НИР (промежуточный). Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2019. 38 с. Науч. арх. № 12693 н/а.

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

Левин В.С., Шендеров Е.Л. Некоторые вопросы методики количественного учета макробентоса с применением водолазной техники // Биология моря. 1975. № 1. С. 64–70.

Ложкин Д.М., Цхай Ж.Р., Шевченко Г.В. Спутниковый мониторинг температурных условий в районах устьев нерестовых рек южной части о. Сахалин // Исслед. Земли из космоса. 2018. № 5. С. 15–22.

Методы изучения двустворчатых моллюсков: Труды Зоологического института АН СССР. Т. 219 / Под ред. Г.Л. Шкорбатова, Я.И. Старобогатова. Л.: ЗИН, 1990. 206 с.

Новиненко Е.Г., Шевченко Г.В. Пространственно-временная изменчивость температуры поверхности Охотского моря по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2007. № 5. С. 50–60.

Пранц С.В., Кулик В.В., Будянский М.В., Улейский М.Ю. О связи мест промысла сайры с крупномасштабными когерентными структурами в океане по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2020. № 4. С. 18–26.

Раков В.А. Биологические основы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* Thunberg в заливе Петра Великого. Автореферат дисс. на соискание ученой степени к. б. н. — Владивосток, 1984. 24 с.

Сизов О.С., Кушнырь О.В. Анализ подходов к систематизации тематических задач, решаемых с помощью данных // Исслед. Земли из космоса. 2018. № 2. С. 77–86.

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е.Н. Водолазный метод гидробиологических исследований // Океанология. М.: Наука, 1964. № 4. С. 710–711.

Тихонов В.В., Хвостов И.В., Романов А.Н., Шарков Е.А. Анализ изменений ледяного покрова пресноводных водоемов по данным SMOS // Исслед. Земли из космоса. 2017. № 6. С. 46–53.

Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море. Воронеж: ООО «Издат-принт», 2017. 508 с.

Шпакова Т.А., Чумаков Д.Е. Размерно-возрастная структура промысловых скоплений устрицы в лагуне Буссе: отчет о НИР (промежуточный). Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2013. 24 с. Науч. арх. № 11841 н/а.

Bouquier S., Geairon P., Deslous-Paoli J., Bacher C., Jonquière G. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg) // Aquaculture. 1995. V. 134(1).

P. 143–154.

[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00036-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)00036-2)

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

Tanabe K., Oba T. Latitudinal variation in shell growth patterns of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from

the Japanese coast // *Marine Ecology Progress Series*. 1988. V. 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. V. 50(4). P. 493–500.

Influence of the Total Water Temperature Value on Size and Mass Characteristics of the Pacific Oyster *Crassostrea Gigas* (Thunberg, 1793) in Aniva Bay (Sakhalin Island) According to Satellite Data

A. Ch. Kim¹ and D. M. Lozhkin¹

¹*Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

On the basis of the array of average daily satellite data on the surface water layer temperature for the period 2010–2020 in the places of traditional fishing for the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Salmon Bay and Busse Lagoon), long-term average values and anomalies of the duration of the period of positive temperatures and the total water temperature value were calculated. Dependences of the shell size and the total mass of *Crassostrea gigas* on temperature were revealed. In general, in abnormally warm years, the average values of height and mass are much lower than normal, and in abnormally cold years, they are higher than normal. This may indicate that the oyster, as a species of temperate latitudes, is resistant to cold and moderate temperatures, but does not develop well under conditions of elevated temperatures for a long period. An exception is the mass of the mollusk in the Salmon Bay, where there is a direct dependence on the total water temperature value.

Keywords: pacific oyster *Crassostrea gigas*, shell height, total weight, total water temperature, Aniva Bay, Busse Lagoon, Salmon Bay, temperature, anomalies

REFERENCES

Zhabin I.A., Luk'yanova N.B., Dubina V.A. Struktura i dinamika vod morskoi akvatorii natsional'nogo parka "Shantarskie ostrova" (Okhotskoe more) po dannym sputnikovyx nablyudenii [The water structure and dynamics of the Shantar islands national park aquatory (the sea of Okhotsk) according to satellite data] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2018. № 5. P. 3–14 (in Russian).

Zolotarev V.N. Prodolzhitel'nost' zhizni dvustvorchatykh mollyuskov Yaponskogo i Okhotskogo morei [The life span of bivalve mollusks in the Sea of Japan and Okhotsk] // *Biologiya morya*. 1980. № 6. P. 3–12 (In Russian).

Kim A.Ch., Gon R.T. Razmerno-vozzrastnaya struktura us-tritsy gigantsoi *Crassostrea gigas* v bukhte Lososei (zaliv Aniva): otchet o NIR (promezhutochnyi) [Size-age structure of the giant oyster *Crassostrea gigas* in Salmon Bay (Aniva Bay): research report (interim)]. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2019. 38 p. Nauch. arkh. № 12693 n/a. (In Russian).

Levin V.S. Promyslovaya biologiya morskikh donnykh bespozvonochnykh i vodoroslei [Fishery biology of marine benthic invertebrates and algae]. S-Pb.: PKF "OYu-92", 1994. 240 p. (In Russian).

Levin V.S., Shenderov E.L. Nekotorye voprosy metodiki kolichestvennogo ucheta makrobentosa s primeneniem vodolaznoi tekhniki [Some questions of the methodology for quantitative accounting of macrobenthos using diving equipment] // *Biologiya morya*. 1975. № 1. P. 64–70 (In Russian).

Lozhkin D.M., Tskhay Zh.R., Shevchenko G.V. Sputnikovyi monitoring temperaturnykh uslovii v raionakh ust'ev nerestovykh rek yuzhnoi chasti o. Sakhalin [Satellite monitoring of temperature conditions near the mouths of spawning rivers in the southern part of Sakhalin Island] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2018. № 5. P. 15–22 (In Russian).

Metody izucheniya dvustvorchatykh mollyuskov [Methods of Studying Bivalves]: Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR. T. 219 / Eds. G.L. Shkorbatova, Ya.I. Starobogatova. L.: ZIN, 1990. 206 p. (In Russian).

Novinenko E.G., Shevchenko G.V. Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' temperatury poverkhnosti Okhotskogo morya po sputnikovym dannym [Spatio-temporal variability of the surface temperature of the Sea of Okhotsk according to satellite data] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2007. № 5. P. 50–60 (In Russian).

Prants S.V., Kulik V.V., Budyanskii M.V., Uleiskii M.Yu. O svyazi mest promysla sairy s krupnomasshtabnymi kogerentnymi strukturami v okeane po sputnikovym dannym [On connection of saury fishing grounds with large-scale coherent structures in the ocean studied by satellite data] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2020. № 4. P. 18–26 (In Russian).

Rakov V.A. Biologicheskie osnovy kul'tivirovaniya tikhookeanskoj us-tritsy *Crassostrea gigas* Thunberg v zalive Petra Velikoro. Avtoreferat diss. na soiskanie uchenoj stepeni k.b.n. [Biological bases of cultivation of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* Thunberg in the Peter the Great Bay. The author's abstract of the thesis for the degree of

candidate of biological sciences]. Vladivostok, 1984. 24 p. (In Russian).

Sizov O.S., Kushnyr' O.V. Analiz podkhodov k sistematizatsii tematicheskikh zadach, reshaemykh s pomoshch'yu dannykh [Analysis of approaches to systematization of thematic tasks solved using remote sensing data] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2018. № 2. P. 77–86 (In Russian).

Skarlato O.A., Golikov A.N., Gruzov E.N. Vodolaznyi metod gidrobiologicheskikh issledovaniy [Diving method of hydrobiological research] // *Okeanologiya*. M.: Nauka, 1964. № 4. P. 710–711 (In Russian).

Tikhonov V.V., Khvostov I.V., Romanov A.N., Sharkov E.A. Analiz izmeneniy ledyanogo pokrova presnovodnykh vodotoev po dannym SMOS [Analysis of changes in the ice cover of freshwater lakes by SMOS data] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2017. № 6. P. 46–53 (In Russian).

Kholodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V. Vyrashchivanie midii i ustrits v Chernom more [Growing mussels and oysters in the Black Sea]. Voronezh: OOO "Izdat-print", 2017. 508 p.

Shpakova T.A., Chumakov D.E. Razmerno-voznrastnaya struktura promyslovykh skopleniy ustritsy v lagune Busse:

otchet o NIR (promezhutochnyi) [Size-age structure of commercial oyster aggregations in Busse Lagoon: research report (interim)]. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2013. 24 p. Nauch. arkh. № 11841 n/a (In Russian).

Bougrier S., Geairon P., Deslous-Paoli J., Bacher C., Jonquières G. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg) // *Aquaculture*. 1995. V. 134(1). P. 143–154. DOI: 10.1016/0044-8486(95)00036-2

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

Tanabe K., Oba T. Latitudinal variation in shell growth patterns of *Phacosoma japonicum* (Bivalvia: Veneridae) from the Japanese coast // *Marine Ecology Progress Series*. 1988. V. 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. Collins, K. Ekaratne et al. (eds) // *ICES J. Mar. Sci.* 1993. V. 50(4). P. 493–500.