

УДК 595.384.8: 591.4 (265.53)

DOI: 10.36038/2307-3497-2021-185-22-31

Внутривидовая морфологическая изменчивость синего краба северной части Охотского моря

С.В. Клинушкин¹,
А.В. Харитонов²,
Д.С. Диденко²

¹ Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«МагаданНИРО»), г. Магадан

² Хабаровский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ХабаровскНИРО»), г. Хабаровск

E-mail: Kharitonov69@bk.ru

Результаты исследования на акватории от о. Большой Шантар до зал. Бабушкина указывают на существование морфометрических различий у синего краба северной части Охотского моря. Статистически значимо изменяются пропорции тела краба: по направлению с запада (суровый гидрологический режим) на восток (сравнительно тёплый район) крабы становятся более вытянутыми в ширину, правая клешня по всем измеряемым параметрам и высота левой клешни уменьшаются относительно ширины карапакса, наблюдается сокращение длины меруса первой ходильной ноги. С включением материалов из зал. Шелихова в корреляционный анализ, кроме ранее найденных зависимостей (связанных с промысловой длиной карапакса и высотой правой клешни), отмечена также клинальная изменчивость длины меруса второй переоподы: её укорочение происходит как и у первой переоподы по направлению с запада на восток. При выполнении дискриминантного анализа (выборка из зал. Шелихова не включалась) наиболее существенные морфометрические различия отмечены между наиболее удалёнными участками: западными и восточными ($D^2_M = 2,95 - 3,72$), что, по-видимому, является следствием контрастных условий среды обитания.

Ключевые слова: синий краб *Paralithodes platypus*, Охотское море, морфология, изменчивость, коэффициент корреляции, дискриминантный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Синий краб *Paralithodes platypus* (J.F. Brandt in von Middendorf, 1851) — важный промысловый вид семейства крабоидов (Lithodidae). В Охотском море он распространён в северной его части, у Западной Камчатки и Восточного Сахалина [Букин и др., 1988].

Условия обитания синего краба северной части Охотского моря достаточно неоднородны. Северо-западная группировка большей своей частью на протяжении всего времени года находится в зоне действия низких температур, где в летнее время в ядрах холода температура доходит до $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Чернявский, 1992]. В то же время, например, у Западной Камчатки крабы находятся в более благоприятных условиях, в зоне действия трансформированных тихоокеанских вод, обладающих большим теплозапасом. На зимний период крабы, обитающие у Западной Камчатки, перемещаются в зону соприкосновения с дном тёплого промежуточного слоя [Букин и др., 1988]. Различные условия обитания накладывают специфический отпечаток на морфологические особенности синего краба.

Ранее внутривидовая дифференциация крабов и креветок по морфологическим признакам освеща-

лась, в частности, при изучении камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) у берегов Сахалина и Курильских о-вов [Клитин, 1998] и в северо-западной части Охотского моря [Черниенко, 2013], а также краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius, 1788) [Карасёв, 2014] в северной части Охотского моря. Морфометрический анализ северной креветки *Pandalus borealis* (Krøyer, 1838) Притауйского и Ионо-Кашеварского районов и углохвостой креветки *Pandalus goniurus* (Stimpson, 1860) из зал. Шелихова и Шантарского района проводился К.В. Бандуриным и М.Г. Карпинским [2015], кроме того, С.Д. Букиным [2003] исследовались морфологические изменения северной креветки в Сахалинских водах.

Исследования морфологической изменчивости позволяют выявить закономерности формирования различных признаков и свойств видов в зависимости от условий их обитания. В литературе отсутствуют работы, в которых использовали морфологические признаки для внутривидовой дифференциации синего краба.

Цель работы — выявить закономерности внутривидовой изменчивости синего краба в северной части Охотского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследования географической изменчивости морфологических признаков синего краба послужили сборы самцов из ловушечных уловов на участке от зал. Александры до зал. Бабушкина в 2020 г. (проанализировано 18 признаков), а также в районе Западной Камчатки в 2009 г. (проанализировано 6 признаков). Для исключения влияния аллометрии отбирались только морфометрически зрелые самцы с шириной карапакса 120,6–180,6 мм. С точностью до 0,1 мм измеряли ширину карапакса (ШК), зоологическую длину карапакса (ЗД, от конца рострума до середины заднего края карапакса), промысловую длину карапакса (ПД, от орбитальной выемки до середины заднего края карапакса), параметры левой и правой клешни: высоту (ВКл), длину (ДКл), ширину клешни (ШКл) и длину подвижного пальца клешни (ДПП), длину (ДМ1) и высоту (ВМ1) меруса 1-й переоподы, длину (ДМ2) и высоту (ВМ2) меруса 2-й переоподы, длину (ДМ3) и высоту (ВМ3) меруса 3-й переоподы и высоту абдомена (ВА) (рис. 1). Рисунки частей тела краба взяты из работ Л.А. Живоглядовой [2001], Е.А. Метелёва [2021] и пособия по изучению ракообразных дальневосточных морей России [Низяев и др., 2006].

Все измерения (679 экз.) выполнены одним оператором по единой методике. Регенерированные конечности исключались из анализа. Для снижения влияния размеров особей на промеры их частей тела и в соответствии с рекомендациями [Правдин, 1966; Андреев, Решетников, 1977] исходные значения признаков были пронормированы на ширину карапакса, полученные индексы переведены в проценты.

Ввиду непрерывности расположения скоплений взрослых самцов синего краба отбор проб для изучения внутривидовой изменчивости производился на всём протяжении прибрежной акватории от зал. Александры до зал. Бабушкина. Кроме того, были привлечены данные, собранные в районе Западной Камчатки (горло зал. Шелихова), что расширило поле для анализа и выявления закономерностей. Затем исследованную область разбили на участки вдоль побережья от юго-запада к северо-востоку, для проверки изменения морфометрических признаков. При построении графиков зависимости признаков от географической долготы в качестве точки отсчёта бралась середина выделенного участка. Выделенные участки указаны на рис. 2.

Дискриминантный анализ проводился для данных, собранных в 2020 г. (от зал. Александры до зал.

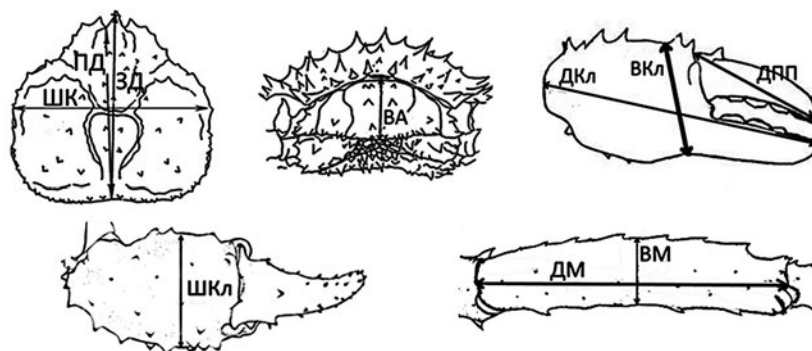


Рис. 1. Схема морфометрических измерений синего краба

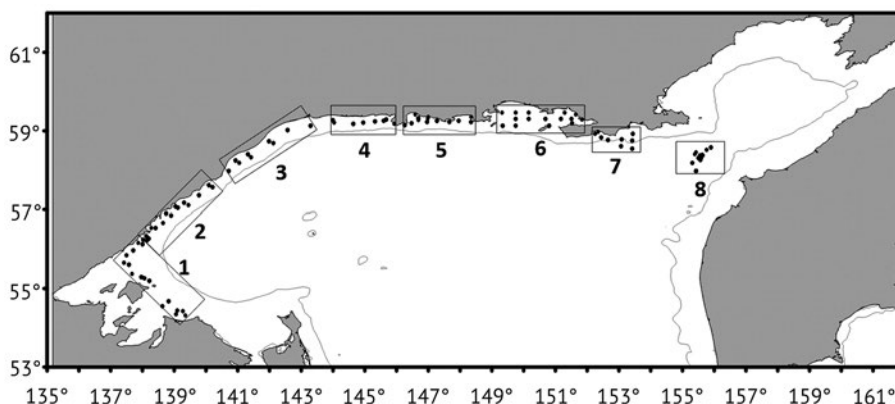


Рис. 2. Районы отбора проб на морфометрический анализ синего краба в 2009 и 2020 гг.: 1 – акватория у о. Б. Шантар, 2 – акватория восточнее п. Аян, 3 – акватория у мыса Плоский, 4 – акватория западнее п-ва Лисянского, 5 – акватория восточнее п-ва Лисянского, 6 – Тауйская губа, 7 – зал. Бабушкина, 8 – горло зал. Шелихова

Бабушкина). В модель включались признаки, для которых уровень значимости по F-критерию $p < 0,05$.

Степень различия между исследованными выборками оценивалась при помощи расстояния Махаланобиса D_M^2 , отражающего удалённость центроидов выборок друг от друга в многомерном пространстве канонических переменных. В ходе дискриминантного анализа с пошаговым включением переменных также выявлялись признаки, дифференцирующие синего краба разных районов обитания. При подготовке дан-

ных к статистическому анализу была выполнена проверка на нормальность распределения всех признаков по всем выделенным участкам при помощи критерия Шапиро-Уилка. Корреляционный и дискриминантный [Тюрин, Щеглов, 2015] анализы проводились в программе *Statistica 10*.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Описательная статистика индексов приведена в табл. 1. Наименьшая изменчивость по районам

Таблица 1. Параметрическая характеристика индексов (%) морфологических измерений синего краба в северной части Охотского моря (2009, 2020 гг.)

Характеристика	ДКП/ ШК	ДКЗ/ ШК	ВКЛпр/ ШК	ДКЛпр/ ШК	Дпаль. пр/ШК	ШКЛ- пр/ШК	ДМ1/ ШК	ВМ1/ ШК	ДМ2/ ШК	ВМ2/ ШК	ДМ3/ ШК	ВМ3/ ШК	ВКЛл/ ШК	ДКЛл/ ШК	Дпаль. л/ШК	ШКЛл/ ШК	ВА/ШК
Участок	1. Акватория у о. Б. Шантар (N = 114)																
Среднее	89,54	98,80	36,16	72,91	41,01	26,27	76,36	21,35	82,77	21,53	76,87	19,43	19,30	55,95	34,69	14,12	24,60
Минимум	84,79	91,80	32,07	67,24	36,26	22,64	65,82	18,83	72,26	19,32	65,11	17,28	17,70	51,31	30,29	12,69	21,57
Максимум	95,77	103,86	39,55	80,67	47,78	28,95	87,89	23,45	93,88	24,44	85,63	23,20	21,02	61,16	38,50	15,33	27,96
Ст. отклонение	1,98	2,38	1,66	2,96	2,01	1,29	3,58	0,95	4,17	1,00	3,94	0,95	0,70	2,12	1,64	0,56	1,22
Ст. ошибка	0,19	0,22	0,16	0,28	0,19	0,12	0,34	0,09	0,39	0,09	0,37	0,09	0,07	0,20	0,15	0,05	0,11
Участок	2. Акватория восточнее п. Аян (N = 74)																
Среднее	89,90	98,48	36,33	72,05	40,30	26,59	76,27	21,59	83,19	21,70	77,13	19,55	19,37	55,21	33,96	14,33	24,58
Минимум	85,73	93,33	32,32	64,60	36,04	24,18	67,90	19,21	75,46	19,93	69,68	17,79	17,90	51,80	31,50	12,76	22,06
Максимум	95,22	105,68	39,12	77,61	44,57	29,85	85,51	23,73	93,47	23,48	86,39	21,87	21,04	59,57	37,14	15,91	26,62
Ст. отклонение	1,86	2,10	1,57	2,62	1,76	1,16	3,51	0,88	3,95	0,88	3,45	0,90	0,74	1,83	1,28	0,58	1,10
Ст. ошибка	0,22	0,24	0,18	0,30	0,20	0,13	0,41	0,10	0,46	0,10	0,40	0,10	0,09	0,21	0,15	0,07	0,13
Участок	3. Акватория у мыса Плоский (N = 94)																
Среднее	89,79	98,48	35,81	71,29	40,15	26,21	76,44	21,12	83,12	21,22	77,72	19,13	19,28	55,13	34,18	14,27	24,38
Минимум	84,27	91,24	29,92	64,89	35,15	22,83	70,30	19,01	73,10	19,20	70,49	16,77	17,75	51,25	31,25	12,66	21,21
Максимум	94,20	102,51	39,11	78,00	44,23	29,11	84,07	23,49	92,67	24,34	86,58	21,78	21,56	58,82	37,53	16,26	26,98
Ст. отклонение	1,89	2,09	1,64	2,55	1,61	1,30	3,18	0,94	4,03	1,01	3,92	0,90	0,74	1,64	1,25	0,63	1,24
Ст. ошибка	0,19	0,22	0,17	0,26	0,17	0,13	0,33	0,10	0,42	0,10	0,40	0,09	0,08	0,17	0,13	0,07	0,13
Участок	4. Акватория западнее п-ва Лисянского (N = 59)																
Среднее	88,74	97,87	35,32	71,11	40,34	25,44	76,29	20,99	82,70	21,13	77,27	19,24	19,03	55,20	34,20	14,04	24,63
Минимум	85,26	93,91	31,42	64,70	37,08	22,10	68,83	19,06	74,53	18,73	70,00	16,27	17,36	50,85	30,06	12,53	22,41
Максимум	91,71	102,06	39,20	76,31	43,95	28,67	83,42	22,92	89,78	23,45	84,30	22,17	20,53	59,41	38,10	15,25	26,85
Ст. отклонение	1,58	1,99	1,69	2,90	1,77	1,34	3,22	0,89	3,56	1,06	3,45	1,06	0,62	2,20	1,74	0,64	0,94
Ст. ошибка	0,21	0,26	0,22	0,38	0,23	0,17	0,42	0,12	0,46	0,14	0,45	0,14	0,08	0,29	0,23	0,08	0,12
Участок	5. Акватория восточнее п-ва Лисянского (N = 77)																
Среднее	88,17	97,41	34,60	70,05	39,59	24,93	74,07	20,94	80,32	21,34	74,89	19,24	19,02	54,71	33,69	14,00	24,46
Минимум	84,05	92,40	31,16	62,93	35,91	21,16	63,97	19,19	70,00	19,10	65,50	16,89	17,33	49,08	29,87	12,44	21,41
Максимум	93,65	104,05	37,80	76,00	43,54	27,07	84,53	22,78	89,98	24,55	85,48	20,86	20,16	58,87	36,86	15,30	27,96
Ст. отклонение	1,87	2,23	1,45	2,62	1,75	1,06	3,65	0,73	3,89	0,86	3,87	0,80	0,56	1,86	1,44	0,54	1,12
Ст. ошибка	0,21	0,25	0,17	0,30	0,20	0,12	0,42	0,08	0,44	0,10	0,44	0,09	0,06	0,21	0,16	0,06	0,13
Участок	6. Тауйская губа (N = 73)																
Среднее	88,01	97,64	34,43	70,72	39,87	24,77	74,44	21,15	80,84	21,48	75,80	19,38	19,00	55,41	34,27	14,07	24,32
Минимум	83,02	91,73	30,20	62,72	35,75	21,68	67,51	19,01	73,01	18,82	66,62	17,44	16,91	49,93	31,15	12,28	22,04
Максимум	92,21	101,93	38,16	79,45	45,74	27,13	81,25	22,83	89,27	23,92	82,70	21,19	20,76	61,34	38,20	15,29	26,87
Ст. отклонение	1,83	2,32	1,69	2,78	1,79	1,37	3,11	0,89	3,63	1,09	3,49	0,92	0,79	2,02	1,37	0,66	1,02
Ст. ошибка	0,21	0,27	0,20	0,33	0,21	0,16	0,36	0,10	0,42	0,13	0,41	0,11	0,09	0,24	0,16	0,08	0,12

Характеристика	ДКП/ ШК	ДКЗ/ ШК	ВКЛпр/ ШК	ДКЛпр/ ШК	Дпаль. пр/ШК	ШКЛ- пр/ШК	ДМ1/ ШК	ВМ1/ ШК	ДМ2/ ШК	ВМ2/ ШК	ДМ3/ ШК	ВМ3/ ШК	ВКЛл/ ШК	ДКЛл/ ШК	Дпаль. л/ШК	ШКЛл/ ШК	ВА/ШК
Участок	7. Зал. Бабушкина (N = 68)																
Среднее	87,80	96,94	34,21	70,25	39,63	24,56	74,98	21,03	81,71	21,27	76,24	19,23	18,83	54,80	33,88	13,98	24,54
Минимум	84,03	93,04	31,01	65,34	36,26	21,50	67,26	19,18	75,91	18,82	71,17	17,24	17,20	50,84	31,34	12,67	22,42
Максимум	90,99	101,64	37,94	74,92	43,26	28,21	82,10	23,04	90,68	23,14	84,15	22,07	20,31	58,21	36,47	15,23	27,21
Ст. отклонение	1,53	1,97	1,48	2,34	1,53	1,22	3,23	0,86	3,67	0,99	3,34	0,94	0,63	1,67	1,15	0,53	1,09
Ст. ошибка	0,19	0,24	0,18	0,28	0,19	0,15	0,39	0,10	0,45	0,12	0,41	0,11	0,08	0,20	0,14	0,06	0,13
Участок	8. Горло зал. Шелихова (N = 120)																
Среднее	88,50		33,04						80,28	21,10							24,78
Минимум	84,19		28,97						69,41	18,32							22,41
Максимум	94,61		37,61						91,21	22,99							28,50
Ст. отклонение	1,94		1,61						4,24	0,87							1,11
Ст. ошибка	0,17		0,14						0,39	0,08							0,10

отмечена у индексов ДКП/ШК и ДКЗ/ШК (коэффициент вариации в среднем 2,04 и 2,20%), наибольшая — у ШКЛпр/ШК и ВМ3/ШК (4,89 и 4,78 %, соответственно).

Наглядное представление о корреляции морфометрических индексов с долготой исследования дают графики на рис. 3. Из 17 морфометрических индексов статистически значимо ($p=0,0001-0,0412$) изменялись 8 из них: ДКП/ШК, ДКЗ/ШК, ВКЛпр/ШК, ДКЛпр/ШК, Дпаль.пр/ШК, ШКЛпр/ШК, ДМ1/ШК.

С включением данных из горла зал. Шелихова в корреляционный анализ к ранее найденным зависимостям (ДКП/ШК и ВКЛпр/ШК от долготы), которые остались статистически значимыми, присоединился индекс ДМ2/ШК (рис. 4).

Корреляционный анализ позволил оценить тесноту связи между географическим положением выборки и лишь одним отдельным морфометрическим индексом, без учёта их групповых взаимосвязей. Поэтому для определения степени отличий по всему комплексу

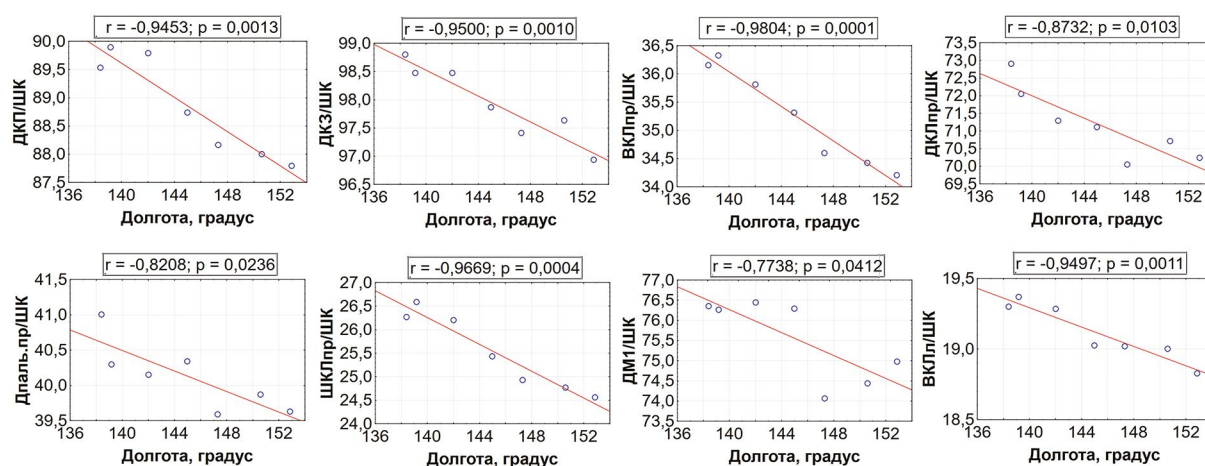


Рис. 3. Взаимосвязь морфометрических индексов от географической долготы по данным, собранным в 2020 г.

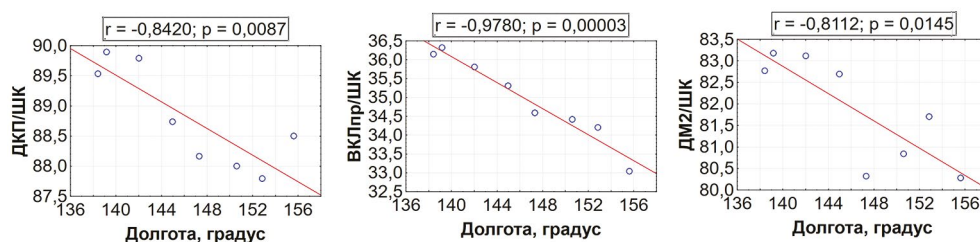


Рис. 4. Взаимосвязь морфометрических индексов от географической долготы по данным 2009 и 2020 гг.

су признаков мы использовали дискриминантный анализ. Полученные данные позволяют использовать параметрические методы при статистической обработке материала (табл. 2).

Информативными оказались пять индексов из семнадцати.

Как следует из матрицы дискриминантного анализа (табл. 3), нулевая гипотеза о совпадении центроидов выборок подтверждена для участков: восточнее п. Аян – район мыса Плоский, западнее п-ва Лисянского – восточнее п-ва Лисянского, Тауйская губа – зал. Бабушкина. Для остальных выборок нулевая гипотеза была отвергнута.

На основании разведочного анализа выборки для районов, которые статистически значимо не различались между собой, были объединены в одну группу, и анализ был проведён заново. В новой дискриминантной модели информативными оказались 8 из 17 морфометрических индексов. Гипотеза о совпадении центроидов данных выборок не подтвердилась при высоком уровне значимости (табл. 4).

График положения объектов в плоскости двух первых канонических переменных представлен на рис. 5. Первая каноническая переменная ответственна за 79,9% объяснённой дисперсии комплекса при-

Таблица 2. Уровень значимости по тесту Шапиро-Уилка ($p > 0,05$ – нулевая гипотеза не отвергается)

Участок	ДКП/ШК	ДКЗ/ШК	ВКЛпр/ШК	ДКЛпр/ШК	Дпаль. пр/ШК	ШКЛ-пр/ШК	ДМ1/ШК	ВМ1/ШК	ДМ2/ШК	ВМ2/ШК	ДМ3/ШК	ВМ3/ШК	ВКЛл/ШК	ДКЛл/ШК	Дпаль. л/ШК	ШКЛл/ШК	ВА/ШК
1	0,171	0,461	0,338	0,138	0,517	0,313	0,518	0,662	0,804	0,466	0,369	0,042	0,572	0,248	0,654	0,703	0,936
2	0,672	0,157	0,232	0,411	0,968	0,198	0,373	0,326	0,513	0,262	0,863	0,598	0,434	0,151	0,032	0,824	0,241
3	0,543	0,022	0,032	0,9	0,535	0,775	0,207	0,291	0,493	0,165	0,041	0,044	0,136	0,684	0,894	0,481	0,735
4	0,456	0,272	0,93	0,391	0,4	0,661	0,704	0,604	0,451	0,864	0,558	0,541	0,738	0,338	0,931	0,702	0,826
5	0,7	0,842	0,506	0,946	0,591	0,023	0,344	0,146	0,639	0,017	0,965	0,061	0,167	0,573	0,924	0,925	0,573
6	0,149	0,154	0,991	0,366	0,276	0,172	0,471	0,191	0,823	0,852	0,604	0,201	0,562	0,107	0,441	0,372	0,933
7	0,557	0,408	0,712	0,226	0,787	0,054	0,16	0,248	0,087	0,359	0,024	0,068	0,951	0,388	0,588	0,959	0,154

Таблица 3. Квадрат расстояния Махаланобиса D_M^2 между центроидами выборок крабов (левый нижний угол) и F-уровни удалённости их центроидов друг от друга (верхний правый угол)

Участки	Б. Шантар	Восточнее п. Аян	Район мыса Плоский	Западнее п-ва Лисянского	Восточнее п-ва Лисянского	Тауйская губа	Зал. Бабушкина
Б. Шантар	–	8,80**	11,10**	5,83**	17,44**	21,88**	25,16**
Восточнее п. Аян	0,99	–	0,99	9,18**	19,65**	29,88**	29,06**
Район мыса Плоский	1,09	0,12	–	7,24**	15,96**	27,08**	25,91**
Западнее п-ва Лисянского	0,76	1,41	1,01	–	1,91	5,18**	5,48**
Восточнее п-ва Лисянского	1,91	2,62	1,90	0,29	–	2,64*	2,38*
Тауйская губа	2,48	4,10	3,32	0,80	0,36	–	1,65
Зал. Бабушкина	2,98	4,13	3,31	0,87	0,33	0,24	–

Примечание: * – различия значимы при $p < 0,05$; ** – различия значимы при $p < 0,001$.

Таблица 4. Квадрат расстояния Махаланобиса D_M^2 между центроидами выборок крабов (левый нижний угол) и F-уровни удалённости их центроидов друг от друга (верхний правый угол)

Участки	Б. Шантар	Восточнее п. Аян – район мыса Плоский	Западнее п-ва Лисянского – восточнее п-ва Лисянского	Тауйская губа – зал. Бабушкина
Б. Шантар	–	9,70**	10,83**	22,92**
Восточнее п. Аян – район мыса Плоский	1,16	–	16,66**	35,17**
Западнее п-ва Лисянского – восточнее п-ва Лисянского	1,41	1,80	–	4,66**
Тауйская губа – зал. Бабушкина	2,95	3,72	0,55	–

Примечание: обозначения как в табл. 3.

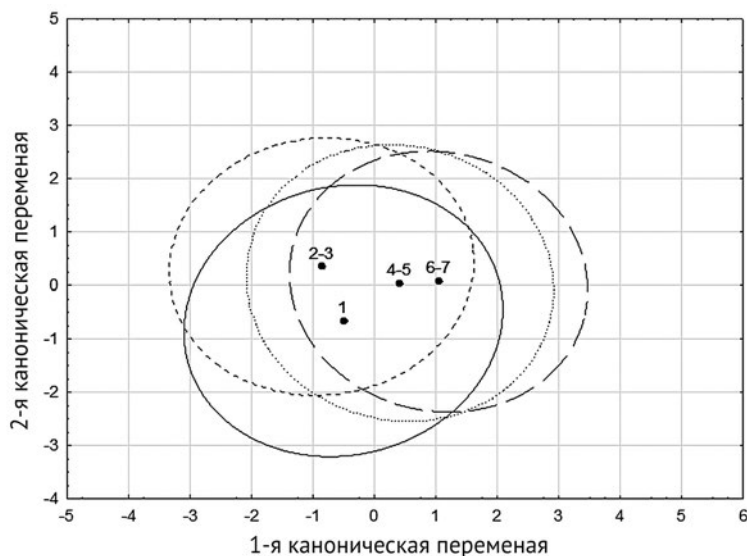


Рис. 5. Распределение выборок синего краба в плоскости первых канонических переменных. Центроиды выборок из участков: 1 – о. Б. Шантар, 2–3 – объединённая выборка, включающая участок восточнее п. Аян и район мыса Плоский, 4–5 – объединённая выборка, включающая участок западнее п-ва Лисянского и восточнее п-ва Лисянского, 6–7 – объединённая выборка, включающая Тауйскую губу и зал. Бабушкина

знаков, вторая каноническая переменная – за 17,4%. Третья каноническая переменная оказалась неинформативной и далее не рассматривалась. С первой канонической переменной наиболее сильно связаны признаки ШКЛпр/ШК и ДКП/ШК, со второй канонической переменной – ДКЛпр/ШК и Дпаль.пр/ШК.

Взаиморасположение выборок хорошо видно на рис. 6.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, результаты проведённого исследования указывают на существование морфометриче-

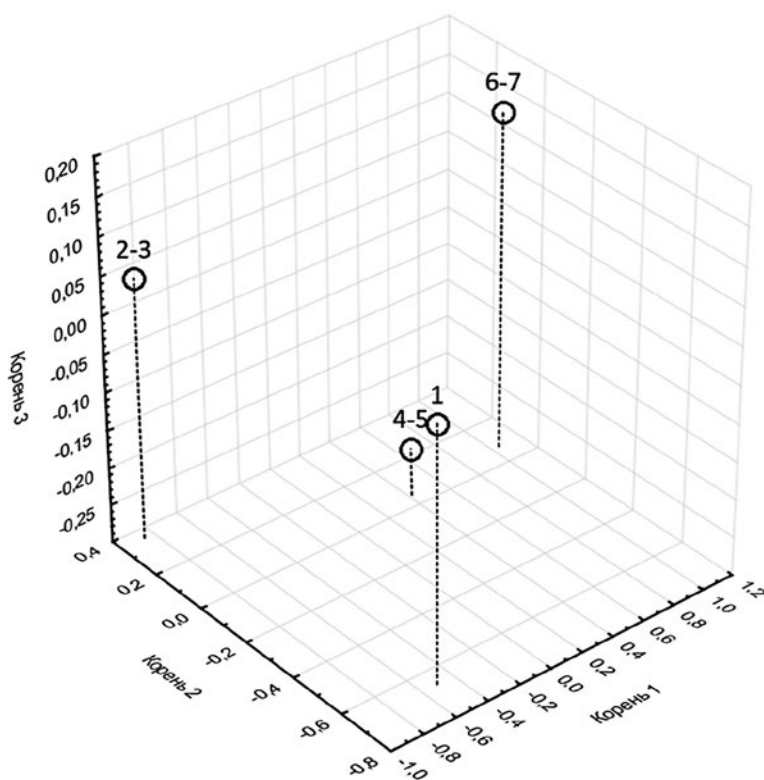


Рис. 6. 3D-график морфологической дифференциации синего краба в северной части Охотского моря. Обозначения как на рис. 5

ских различий у синего краба северной части Охотского моря. Нами выявлено, что статистически значимо изменяются пропорции тела краба: по направлению с запада (суровый гидрологический режим) на восток (сравнительно тёплый район) крабы становятся более широкими, правая клешня по всем измеряемым параметрам и высота левой клешни уменьшаются в размерах относительно ширины карапакса, происходило укорочение длины меруса первой ходильной ноги. С включением материалов из зал. Шелихова в корреляционный анализ, кроме ранее найденных зависимостей, было отмечено также укорочение длины меруса второй переоподы по направлению с запада на восток.

При изучении камчатского краба [Клитин, 1998] и краба-стригуна опилю [Карасёв, 2014] было отмечено укорочение ходильных конечностей и удлинение карапакса для тёплых районов по сравнению с холодными. Аналогичным образом отмечалось изменение длины ходильных ног у синего краба, что же касается карапакса, то наблюдалась обратная картина: по направлению от холодных к тёплым районам происходило не удлинение, а расширение карапакса.

Полученные с помощью дискриминантного анализа расчёты подтверждают данные корреляционного анализа о непрерывной (а иногда и плавной) изменчивости признаков, что проявляется в нечёткой границе при классификации выборок. Так как на рис. 5 видно перекрывание облаков выборок из четырёх районов, что свидетельствует об определённых проблемах их разделения, это заставляет обратиться к строгой количественной оценке результатов дискриминации — таковым является оценка расстояний Махаланобиса. Большой интерес представляют расстояния Махаланобиса для всех парных сравнений, они позволяют судить о степени различий сравниваемых групп. Все расстояния между центроидами выборок из четырёх районов в пространстве дискриминантных функций статистически значимы (см. табл. 4). Так в нашем случае обособленность выборки из района о. Б. Шантар повышается по направлению на восток и становится максимальной ($D_M^2 = 2,95$) при сравнении с объединённой выборкой из Тауйской губы и зал. Бабушкина. Максимальным различием характеризуются участки географически наиболее удалённые друг от друга.

Различие факторов внешней среды несомненно проявилось при изучении морфометрических характеристик камчатского краба в северо-западной части Охотского моря, который населяет те же районы и находится в практически идентичных условиях с синим крабом. И.С. Черниенко [2013] методами многомерно-

го анализа было выделено в пределах от Аяно-Шантарского района вплоть до Тауйской губы наличие трёх кластеров, различающихся по морфометрическому составу.

Отсутствие изолирующих барьеров и установленный набор различающихся морфологических признаков говорит о невысокой миграционной активности синего краба в пределах исследованных районов.

Помимо морфологических различий, группировки синего краба северной части Охотского моря отличаются и другими характеристиками. Ранее уже отмечалась клинальная изменчивость ширины карапакса и относительной популяционной плодовитости [Мельник и др., 2014; Клинушкин, 2019].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Корреляционный анализ показал, что восемь из семнадцати морфометрических индексов синего краба изменяются и обнаруживают клинальную изменчивость по направлению с запада на восток. Присоединение материалов из зал. Шелихова в корреляционный анализ подтвердили ранее найденные зависимости: ДКП и ВКЛпр от географической долготы, а также повысили тесноту связи и сделали статистически значимой новую: ДМ2 — долгота.

При выполнении дискриминантного анализа (выборку из зал. Шелихова включить не удалось из-за неполноты промеров) наиболее существенные морфометрические различия отмечены между наиболее удалёнными участками: западными и восточным ($D_M^2 = 2,95 - 3,72$), что, по-видимому, является следствием контрастных абиотических факторов.

При отсутствии пространственной изоляции поселений синего краба в северной части Охотского моря установленный набор различающихся морфологических признаков говорит как о различных условиях жизни крабов, так и о невысокой миграционной активности синего краба в пределах исследованных районов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам ТИНРО и ХабаровскНИРО, участвующим в морских экспедиционных работах и помогающим в сборе материала, Шаповалову А.Н., Бутенко В.Р., Шаленко В.Н.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев В.Л., Решетников Ю.С. 1977. Исследование внутривидовой морфологической изменчивости сига *Coregonus lavaretus* (L.) методами многомерного статистического анализа // Вопросы ихтиологии. Т. 17. Вып. 5. С. 862–878.

- Бандурин К.В., Карпинский М.Г. 2015. Креветки северной части Охотского моря. М.: ВНИРО. 214 с.
- Букин С.Д., Мясоедов В.И., Низяев С.А., Слизкин А.Г., Терехов С.П., Галимзянов К.Г., Кочнев Ю.Р. 1988. Динамика пространственного распределения и некоторые особенности биологии синего краба северной части Тихого океана // Морские промысловые беспозвоночные. М.: ВНИРО. С. 4–16.
- Букин С.Д. 2003. Северная креветка *Pandalus borealis eous* сахалинских вод. М.: Изд-во Нацрыбресурсы. 137 с.
- Живоглядова Л.А. 2001. Морфометрическое созревание самок и самцов равношипного краба (*Lithodes aequispina* Benedict) у северных Курильских островов // Известия ТИНРО. С. 659–662.
- Карасёв А.Н. 2014. Краб-стригун опилио северной части Охотского моря (особенности биологии, запасы, промысел). Магадан: МагаданНИРО, 2014. 194 с.
- Клинушкин С.В. 2019. Плодовитость синего краба в северной части Охотского моря // Труды ВНИРО. Т. 175. С. 36–47.
- Клитин А.К. 1998. Результаты многомерного анализа морфометрических измерений камчатского краба из Сахалино-Курильского региона. // Известия ТИНРО. Т. 124. Ч. 2. С. 785–797.
- Мельник А.М., Абаев А.Д., Васильев А.Г., Клинушкин С.В., Метелёв Е.А. 2014. Крабы и крабоиды северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 198 с.
- Метелёв Е.А. 2021. Равношипный краб (*Lithodes aequispinus*) северной части Охотского моря. Дисс. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 209 с.
- Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К., Первеева Е.Р., Абрамова Е.В., Крутченко А.А. 2006. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 112 с.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность. 375 с.
- Тюрин В.В., Щеглов С.Н. 2015. Дискриминантный анализ в биологии. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 126 с.
- Черниенко И.С. 2013. К уточнению популяционного статуса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) в северо-западной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 174. С. 158–169.
- Чернявский В.И. 1992. Особенности формирования термики деятельного слоя Охотского моря // Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО. С. 91–104.

Поступила в редакцию 02.08.2021 г.

Принята после рецензии 17.09.2021 г.

Intraspecific morphological variability of blue king crab in the northern part Sea of Okhotsk

S.V. Klinushkin¹,
A.V. Kharitonov²,
D.S. Didenko²

¹ Magadan Branch of VNIRO
(«MagadanNIRO»), Magadan, Russia

² Khabarovsk Branch of VNIRO
(«KhabarovskNIRO») Khabarovsk, Russia

The results in the water area from island Big Shantar to the Babushkina bay points to the existence of morphometric differences in the blue crab from the northern part of the Sea of Okhotsk. The proportions of the crab's body change statistically significantly: in the direction from the west (severe hydrological regime) to the east (relatively warm area) crabs become more elongated in width, the right claw in all measured parameters and the height of the left claw decrease relative to the width of the carapace, and there was also a decrease in the length of the merus of the first walking leg. With the inclusion of materials from the Shelikhov Bay, in the correlation analysis, in addition to the previously found dependences (associated with the fishing length of the carapace and the height of the right claw), the clinal variability of the length of the second pereopod was also noted: its shortening occurs as in the first pereopod in the direction from west to east. When performing discriminant analysis (the sample from Shelikhov Bay was not included), the most significant morphometric differences were noted between the most remote areas: western and eastern ($D^2M = 2,95 - 3,72$), which, apparently, is a consequence of contrasting environmental conditions.

Keywords: blue crab, *Paralithodes platypus*, Sea of Okhotsk, morphology, variability, correlation coefficient, discriminant analysis.

REFERENCES

- Andreev V.L., Reshetnikov Yu.S. 1977. Issledovanie vnutrividovoy morfologicheskoy izmenchivosti siga *Coregonus lavaretus* (L.) metodami mnogomernogo statisticheskogo analiza [Investigation of intraspecific morphological variability of the whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) by methods of multivariate statistical analysis] // Voprosy ikhtiologii. T. 17. Vyp. 5. S. 862–878.
- Bandurin K.V., Karpinskij M.G. 2015. Krevetki severnoj chasti Okhotskogo moray [Shrimps and prawns of the northern part Sea of Okhotsk]. M.: VNIRO. 214 s.
- Bukin S.D., Myasoedov V.I., Nizyaev S.A., Slizkin A.G., Terekhov S.P., Galimzyanov K.G., Kochnev Yu.R. 1988. Dinamika prostranstvennogo raspredeleniya i nekotorye osobennosti biologii sinego kraba severnoj chasti Tikhogo okeana [The dynamics of spatial distribution and some features of the biology of the blue king crab of the North Pacific Ocean] // Morskie promyslovye bespozvonochnye. M.: VNIRO. S. 4–16.
- Bukin S.D. 2003. Severnaya krevetka *Pandalus borealis eous* sakhalinskikh vod [Northern shrimp *Pandalus borealis eous* from Sakhalin waters]. M.: Natsrybresursy. 137 s.
- Zhivoglyadova L.A. 2001. Morfometricheskoye sozrevaniye samok i samtsov ravnoshipogo kraba (*Lithodes aequispina* Benedict) u severnykh Kuril'skikh ostrovov. [Morphometric maturation of females and males of a brown king crab (*Lithodes aequispina* Benedict) near the northern Kuril Islands] // Izvestiya TINRO. S.659–662
- Karasev A.N. 2014. Krab-strigun opilio severnoj chasti Okhotskogo morya (osobennosti biologii, zapasy, promysel) [*Chionoecetes opilio* of the northern part of the Sea of Okhotsk (biology peculiarities, stock, fishery)]. Magadan: MagadanNIRO, 2014. 194 s.
- Klinushkin C.V. 2019. Plodovitost' sinego kraba v severnoj chasti Okhotskogo moray [Fecundity of female blue king crab in the northern sea of Okhotsk] // Trudy VNIRO. T. 175. S. 36–47.
- Klitin A.K. 1998. Rezul'taty mnogomernogo analiza morfometricheskikh izmerenij kamchatskogo kraba iz Sakhalino-Kuril'skogo regiona [Results of multivariate analysis of morphometric measurements of Kamchatka crab from the Sakhalin-Kuril region] // Izvestiya TINRO. T. 124. CH. 2. S. 785–797.
- Mel'nik A.M., Abaev A.D., Vasil'ev A.G., Klinushkin S.V., Metelev E.A. 2014. Kraby i kraboidy severnoj chasti Okhotskogo moray [Crabs and king crabs of the northern part of the Okhotsk Sea]. Magadan: MagadanNIRO. 198 s.
- Metelev E.A. 2021. Ravnoshipyj krab (*Lithodes aequispinus*) severnoj chasti Okhotskogo morya [Brown king crab (*Lithodes aequispinus*) of the northern part of the Sea of Okhotsk]. Diss. ... kand. biol. nauk. M.: VNIRO. 209 p.
- Nizyaev S.A., Bukin S.D., Klitin A.K., Perveeva E.R., Abramova E.V., Krutchenko A.A., 2006. Posobiye po izucheniyu promyslovykh rakoobraznykh dal'nevostochnykh morei Rossii [Hand-book for the Study of Commercial Crustaceans in the Far Eastern Seas of Russia], Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. 112 s.

- Pravdin I.F. 1966. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the Study of Fish]. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 375 s.
- Tyurin V.V., Shcheglov S.N. 2015. Diskriminantnyj analiz v biologii [Discriminant analysis in biology]. Krasnodar: Kubanskij gos. un-t, 126 s.
- Chernienko I.S. 2013. K utochneniyu populyatsionnogo statusa kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) v severo-zapadnoj chasti Okhotskogo moray [To clarify the population status of the Kamchatka crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) in the northwestern part of the Sea of Okhotsk] // Izvestiya TINRO. T. 174. S. 158–169.
- Chernyavskij V.I. 1992. Osobennosti formirovaniya termiki deyatel'nogo sloya Okhotskogo moray [Features of the formation of thermals in the active layer of the Sea of the Okhotsk] // Okeanologicheskie osnovy biologicheskoy produktivnosti severo-zapadnoj chasti Tikhogo okeana. Vladivostok: TINRO. S. 91–104.

TABLE CAPTIONS

Table 1. Parametric characteristics of indices (%) of morphological measurements of blue king crab of the Sea of Okhotsk (2009, 2020)

Table 2. Significance level according to the Shapiro-Wilk test

Table 3. Squared distance of Mahalanobis D_M^2 between centroids of crab samples (lower left corner) and F-levels of distance of their centroids from each other (upper right corner)

Table 4. Squared distance of Mahalanobis between centroids of crab samples (lower left corner) and F-levels of distance of their centroids from each other (upper right corner)

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. Scheme of morphometric measurements of blue king crab

Fig. 2. Areas of sampling for morphometric analysis of blue king crab in 2009 and 2020: 1 – water area near the Big Shantar island., 2 – water area east of Ayan, 3 – water area near Cape Ploskiy, 4 – water area west of Lisyansky peninsula, 5 – water area east of Lisyansky peninsula, 6 – Tauyskaya inlet, 7 – Babushkina bay, 8 – throat Shelikhov bay

Fig. 3. The relationship of morphometric indices from geographic longitude according to data collected in 2020

Fig. 4. The relationship of morphometric indices from geographic longitude according to the data of 2009 and 2020

Fig. 5. Distribution of blue king crab samples in the plane of the first canonical variables. Centroids of samples from plots: 1 – island B. Shantar, 2–3 – combined sample including the site east of the Ayan settlement and the Ploskiy Cape area, 4–5 – the combined sample including the site west of the Lisyansky peninsula and east of the Lisyansky peninsula, 6–7 – the combined sample including the Tauyskaya bay and the Babushkina bay

Fig. 6. 3D graph of morphological differentiation of blue king crab in the northern part of the Sea of Okhotsk. Designations as in Fig. 5