

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 574.587: 574.62

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ ЛОВУШЕК
НА РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ КРАБОВ**

© 2009 г. А.И. Буяновский, А.Ю. Огурцов

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, Москва 107140*

Поступила в редакцию 05.12.2007 г.

Окончательный вариант получен 31.03.2008 г.

Предлагаемая методика оценки влияния ловушек на размерный состав крабов основана на сравнении проб, собранных однотипными и разнотипными ловушками в одних и тех же пространственно-временных интервалах. По сравнению с традиционными методами она позволяет установить статистическое сходство между пробами; она не противоречит логическим ожиданиям; с ее помощью можно выявить устойчиво повторяющееся сходство или различие в размерном составе проб, собранных разными ловушками. Влияние внутрипопуляционной изменчивости размерного состава на его сходство в пробах, собранных одинаковыми ловушками ступенчато увеличивается с увеличением расстояния между ловушками и/или разницы в сроках их постановки.

Сведения о различиях в размерном составе проб, собранных разными орудиями лова, приводятся во многих работах (Никольский, 1974; Слизкин и др., 2001; Балыкин, 2006). Как правило, подобные оценки выполняют путем сравнения усредненных данных, собранных в одном районе в течение определенного промежутка времени. При этом не учитывается, что в пределах одного района или сезона размерный состав проб с разных участков (или в разных временных сериях) может варьировать вследствие существования внутрипопуляционных пространственно-временных группировок (Лебедев, 1946; Буяновский, 2004). Следовательно, прежде чем делать вывод о влиянии орудия лова, необходимо убедиться в отсутствии внутрипопуляционных различий в размерном составе сравниваемых проб. В противном случае, именно эти, объективные, различия можно принять за селективное воздействие орудия сбора проб. Цель данной работы можно сформулировать как разработку методики, позволяющей оценивать влияние орудия лова на размерный состав проб с учетом его внутрипопуляционной изменчивости.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследовали популяции камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) и четырехугольного волосатого краба *Erimacrus isenbeckii* (Brandt, 1848). Материалом послужили пробы, взятые крабовыми ловушками разных типов (табл. 1). Все ловушки были собраны в группы, порядки; каждый порядок объединял несколько десятков ловушек одного типа. Каждая проба представляла собой выборку с одного порядка. Для каждого порядка регистрировали координаты крайних точек, даты постановки и съемки. При подъеме порядка на борт крабов из нескольких ловушек высыпали в одну емкость, и далее у каждого краба определяли пол и измеряли ширину карапакса (ШК) штангенциркулем с точностью до 1 мм. Всего было собрано 6 серий (массивов) проб: 1 массив по камчатскому крабу (восточная Камчатка, пролив Литке,

1996 г.) и 5 массивов по волосатому крабу – у Западного Сахалина (1999 и 2002 гг.), в восточной части зал. Анива (2000 г.) и проливе Лаперуза (2000 и 2002 гг.)¹.

Таблица 1. Материал, использованный для анализа селективности ловушек.

Table 1. Material for analysis of traps selectivity.

Объект	Район	Год (месяцы)	Ловушки					Число проб	J_{cp} (J_{max})
			Тип	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>H</i>		
Камчатский краб	Пролив Литке	1996 (8-10)	K-70A	70	140	55	80	69	54 (130)
			K-70Б					40	47 (85)
			K-30	45	90	32	37	92	56 (82)
Волосатый краб	Западный Сахалин	1999 (10-11)	K-15	45	90	32	37	17	43 (96)
			П-15	60	80	-	25	26	52 (104)
			М-15	30	40	-	15	3	30 (32)
	Сахалин	2002 (4-5)	K-15	45	90	32	37	51	44 (63)
			K-40	55	110	43	50	42	47 (61)
			K-60	55	110	43	50	5	32 (44)
	Залив Анива	2000 (7)	K-60	75	150	55	65	38	39 (65)
			K-30	45	90	32	37	11	44 (52)
	Пролив	2000 (11-12)	K-20	45	90	32	37	3	49 (60)
			K-35	55	110	43	50	87	62 (91)
			K-45	55	110	43	50	7	52 (60)
			K-50	75	150	55	65	8	67 (75)
			K-55	75	150	55	65	12	52 (78)
			K-60	75	150	55	65	15	53 (68)
	Лаперуза	2002 (7-9)	БК-30	55	110	43	50	10	50 (64)
			БК-40	55	110	43	50	16	57 (69)
			БК-50	75	150	55	65	39	50 (65)
			БК-55	75	150	55	65	44	49 (68)
			БК-60	75	150	55	65	116	52 (72)

Примечания: К – конические ловушки; П – большие прямоугольные ловушки для прибрежного лова; М – малые прямоугольные ловушки. Цифры через дефис указывают размер ячеи обтягивающей дель. Параметры ловушек (см): *B* – верхний диаметр, ширина для прямоугольных; *C* – нижний диаметр, длина для прямоугольных; *D* – диаметр входного отверстия; *H* – высота. Для порядков из ловушек K-70: А – расстояние между ловушками 7 м, Б – 20 м. J_{cp} и J_{max} – средний и максимальный объемы выборки.

Notes: K – conic traps; П – large rectangular traps for coastal fisheries; M – small rectangular traps. Values after hyphenate note mesh size. Traps patterns (cm): *B* – upper diameter, width for rectangular traps; *C* – lower diameter, length for rectangular traps; *D* – diameter of entrance hole; *H* – height. For groups of traps K-70: A – distance between traps is equal to 7 m, Б – 20 m. J_{cp} and J_{max} – mean and maximal number of measured specimens per sample.

Дальнейшая обработка материала заключалась в сравнении размерного состава отдельных пар проб. Вначале рассчитывали размах варьирования ШК. Для самок камчатского краба он был равен 115 (от 70 до 185) мм, для самцов – 180 (от 60 до 240) мм. Для самок и самцов волосатого краба – соответственно 58 (от 48 до 106) и 72 (от 50 до 122) мм. Далее результаты промеров группировали в границах определенных размерных классов, отдельно для самок и самцов. При выборе классового промежутка, размерного шага, использовали традиционные, наиболее часто употребляемые разными авторами значения:

¹ Материал по камчатскому крабу был собран сотрудниками Лаборатории прибрежных исследований ВНИРО к.б.н. Д.М.Милютиным и к.б.н. Л.К.Сидоровым. Материал по волосатому крабу 1999 г. был собран сотрудником Лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей ВНИРО к.б. н. С.И. Моисеевым. Остальной материал был собран авторами.

всего по крабам было просмотрено 57 источников (Буяновский, неопубл.). Для камчатского краба при указанном размахе варьирования ШК обычно используют шаг, равный 5 или 10 мм. Поскольку ранее (Буяновский, 2004) для самок использовали шаг 5 мм, а для самцов – 10 мм, то эти значения были оставлены и в данной работе. Для волосатого краба для обоих полов, чаще всего используют шаг 2 мм. Единый размерный ряд каждой пробы представлял собой таблицу из последовательно расположенных частот размерных классов самок и частот размерных классов самцов (Буяновский, 2004).

Внутри каждого массива все пробы сравнивали между собой. Для каждой сравниваемой пары, *испытания*, рассчитывали двухвыборочный критерий согласия Смирнова λ – максимальную разницу между накопленными частотами размерных рядов (Большев, Смирнов, 1965) сравниваемых проб:

$$\lambda_{i,j} = \frac{\max_{k=1}^K |\text{cum } P_{ik} - \text{cum } P_{jk}|}{\sqrt{\frac{J_i + J_j}{J_i \cdot J_j}}}$$

$$\text{cum } p_{ik} = \frac{\sum_{s=1}^k p_{is}}{J_i} \quad \text{cum } p_{jk} = \frac{\sum_{s=1}^k p_{js}}{J_j}$$

где $\text{cum } p_{ik}$ и $\text{cum } p_{jk}$ – кумулятивные частоты k -того размерного класса в i -ой и j -ой пробах, J_i, J_j – объемы выборок.

Пробы сходны, если $\lambda \leq 1,36$ (отсутствие достоверных различий для $\alpha = 0,05$). Для сравнения использовали только пробы объемом выборки не менее 20 экз. (Большев, Смирнов, 1965).

Помимо λ для каждого *испытания* по координатам рассчитывали расстояние между серединами порядков, R (км), и разницу в сроках постановки, T (дни).

Для каждого диапазона значений R и T (см. ниже) считали общее число *испытаний* однотипными ловушками, N , и число испытаний, где было зарегистрировано сходство размерного состава ($\lambda \leq 1,36$), n . Для оценки зависимости степени сходства от R были выбраны диапазоны: $R \leq 0,5$ км, $0,5 < R \leq 1$ км, $1 < R \leq 1,5$ км, $1,5 < R \leq 2$ км, $2 < R \leq 2,5$ км, $2,5 < R \leq 3$ км, $3 < R \leq 4$ км, $4 < R \leq 6$ км, $6 < R \leq 9$ км, $9 < R \leq 15$ км; для всех указанных диапазонов T было ≤ 1 дня. Для оценки зависимости от T были выбраны диапазоны: $T = 0$ дней, $T = 1$ день, $T = 2$ дня, $T = 3$ дня, $T = 4$ дня, $T = 5$ дней, $5 < T \leq 10$ дней, $10 < T \leq 20$ дней, $20 < T \leq 30$ дней, $30 < T \leq 40$ дней, $40 < T \leq 50$ дней; для всех указанных диапазонов R было $\leq 0,5$ км. Значения N_{bc} и n_{bc} , подсчитанные для b -го массива и c -го типа ловушек, суммировали в пределах каждого диапазона, после чего вычисляли степень (долю) сходства $P = n/N$ и ее доверительные границы для $\alpha = 0,05$ (Лакин, 1990).

Для выявления влияния орудия лова на размерный состав проб в каждом массиве выбирали соответствующие пары типов ловушек. Все данные по R группировали с интервалами в 0,1 км для камчатского краба и 0,5 км для волосатого краба; все данные по T группировали с интервалом в 1 день. В пределах каждого такого пространственно-временного интервала считали N_u и n_u для ловушек одного типа и N_d и n_d для ловушек разных типов. Далее рассчитывали доли $P_u = n_u / N_u$ и $P_d = n_d / N_d$.

Нулевая гипотеза H_0 заключалась в сходстве между P_u и P_d . Для ее принятия необходимо 2 условия. Во-первых, различия между долями должны быть недостоверными, и, во-вторых, объем выборки, число *испытаний* N , должен соответствовать выбранной мощности, т.к. в противном случае существует риск ошибки второго рода (Банержи, 2007). Под мощностью в данном примере следует понимать минимальную разницу между долями, для которой необходимо установить достоверность различий: при меньшей разнице можно считать, что различия, пусть и достоверные, находятся в пределах погрешности метода.

Для выбора мощности были проанализированы значения P_u для разных типов ловушек при минимальных значениях R и T ($\leq 0,5$ км и $= 0$ дней соответственно). Средняя величина составила 0,9. Следовательно, можно предположить, что влияние иных причин, не связанных с пространственно-временной изменчивостью, составляет около 10%. Если эту величину использовать в качестве мощности, то она вдвое превысит минимально допустимое значение (20%), рекомендуемое при подобных исследованиях (Банержи, 2007).

Сравнивая P_u и P_d рассчитывали критерий разницы между долями, $t_{\text{доли}}$. Расчет выполняли методом угловых трансформаций с введением поправки Йетса (Лакин, 1990). Поскольку для установления различий необходимо превышение только в одну сторону, P_u над P_d , то в качестве критического использовали $\alpha = 0,05$ для одностороннего критерия t : при числе степеней свободы $k \rightarrow \infty$, $t_{\text{крит.}} = 1,64$.

Для установления факта схождения рассчитывали еще одну величину, $N_{\text{мин.}}$, необходимую для регистрации достоверных различий между P_d и $P_{\text{мин}} = P_d + 0,1$. При $P_d \geq 0,9$ $P_{\text{мин}}$ считали равным 1,0. Значение $N_{\text{мин.}}$ определяли перебором. Для зарегистрированного значения P_d подбирали соответствующее значение $P_{\text{мин}} = P_d + 0,1 = n_{\text{мин}} / N_{\text{мин.}}$, где $N_{\text{мин.}}$ было равно 10^4 . Если при сравнении P_d и $P_{\text{мин}}$ $t_{\text{доли}}$ был $\leq 1,64$, то перебор не выполняли. Если $t_{\text{доли}}$ был $> 1,64$, то $N_{\text{мин.}}$ (и соответственно $n_{\text{мин.}}$, чтобы $P_{\text{мин}}$ оставалось постоянным) уменьшали до тех пор, пока $t_{\text{доли}}$ не оказывался равен с $t_{\text{крит.}}$ для существующего числа степеней свободы k ($= N_{\text{мин.}} + N_d - 2$). Расчетное $N_{\text{мин.}}$ сравнивали с N_u и по результату решали принимать или не принимать H_0 .

Таким образом, сравнивая P_u и P_d , делали следующие альтернативные выводы:

- при $t_{\text{доли}} > t_{\text{крит.}}$ и $P_u - P_d > 0,1$ H_0 отвергали и делали вывод о наличии влияния орудия лова на размерный состав проб;
- при $t_{\text{доли}} > t_{\text{крит.}}$ и $P_u - P_d \leq 0,1$ H_0 принимали и делали вывод, что наблюдаемые различия находятся в пределах погрешности метода, и орудие лова на размерный состав не влияет;
- при $t_{\text{доли}} \leq t_{\text{крит.}}$ и $N_u \geq N_{\text{мин.}}$ H_0 принимали и делали вывод об отсутствии влияния орудия лова на размерный состав;
- при $t_{\text{доли}} \leq t_{\text{крит.}}$ и $N_u < N_{\text{мин.}}$ H_0 не отвергали, но и не принимали вследствие недостаточного объема выборки.

Поскольку при минимальных значениях R и T ($R \leq 0,5$ км для волосатого краба и $R \leq 0,1$ км для камчатского краба; $T=0$ дней для обоих видов) число *испытаний*, как правило, было небольшим, то для его увеличения максимальные значения R и T (далее $R_{\text{макс}}$ и $T_{\text{макс}}$) увеличивали в направлении «вектора наибольшей однородности» при *испытаниях* однотипными ловушками. Так, например, для волосатого краба после расчета P_u для $R \leq 0,5$ и $T=0$ дней, эту долю пересчитывали как для $R \leq 1$ и $T=0$ дней, так и для $R \leq 0,5$ и $T \leq 1$ дня. Из двух расчетных значений выбирали большее. При равенстве долей объединяли все значения

n и N для $R \leq 1$ и $T \leq 1$ дня. Если, например, для $0,5 < R \leq 1$ и $T=0$ N_u или N_d были равны 0, то выбирали альтернативный вариант ($R_{max} \leq 0,5$ и $T_{max} \leq 1$). Если в обоих случаях N_u или N_d было равно 0, то считали, что $R_{max} \leq 1$ и $T_{max} \leq 1$. После выбора одного из двух значений P_u для выбранных R_{max} и T_{max} рассчитывали P_d и проверяли H_0 по вышеописанной методике. При недостаточном числе *испытаний* (отсутствии возможности принять или отвергнуть H_0) процедуру повторяли, увеличивая R_{max} на 0,5 и T_{max} на 1. Для камчатского краба выполняли аналогичную процедуру, увеличивая R на 0,1 км, начиная $R \leq 0,1$ и T – на 1 день, начиная с $T=0$ дней.

Параллельно выполняли сравнение размерного состава «традиционным» методом: усредненный размерный состав проб, собранных одним типом ловушек сравнивали с усредненным размерным составом проб, собранных другим типом ловушек, с помощью критерия согласия λ . Сравнение с помощью других показателей не выполнялось поскольку для полимодального распределения оно не вполне корректно.

Все расчеты выполняли, используя программы «Изменчивость размерного состава. Версия 2.1» (Буяновский, Поляков, 2007) и MS-Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Устойчивость размерного состава. Предлагаемая методика весьма трудоемка, и ее применение оправдано, если сходство размерного состава отдельных проб зависит от расстояния между ними в пространстве и времени. Если такой зависимости нет, то можно ограничиться «традиционным» методом, сопоставляя усредненный размерный состав проб, взятых разными орудиями лова.

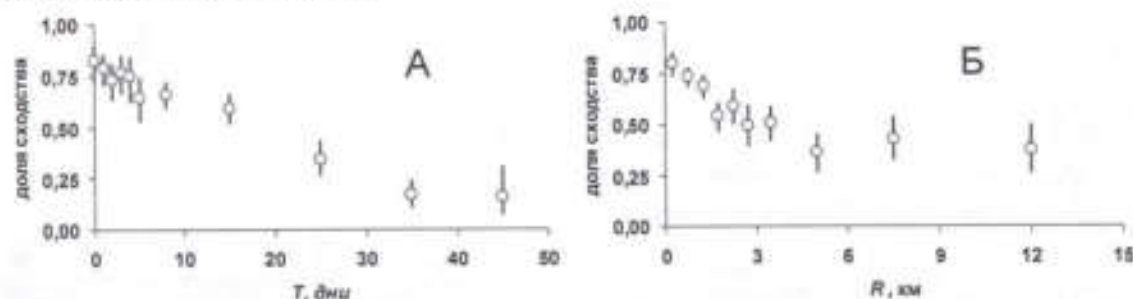


Рис. 1. Зависимость сходства размерного состава проб, собранных однотипными ловушками, от расстояния между ними (А) во времени и (Б) пространстве. По оси абсцисс: А – разница между датами постановки порядков, T ; Б – расстояние между серединами порядков, R . По оси ординат: доля пар проб со сходным размерным составом (P_u). Вертикальные линии ограничивают доверительные интервалы для доли. А: $R \leq 0,5$ км; Б: $T \leq 1$ дня.

Fig. 1. Dependence of size-structure similarity between samples collected by uniform traps from (А) temporal and (Б) spatial intervals. On X-axis: А – difference between dates of traps exposition T , days; Б – distance between traps, R , km. On Y-axis: part of samples pairs with similar size-structure (P_u). Vertical lines show borders of confidence limits for parts. А: $R \leq 0,5$ km; Б: $T \leq 1$ day.

Полученные данные (рис. 1) весьма убедительно показывают, что сходство размерного состава зависит и от разницы в сроках постановки ловушек, и от расстояния между порядками. При малых расстояниях воздействие времени ощущается в меньшей степени, чем воздействие пространства. Условно можно выделить 3 периода: слабого воздействия изменчивости во времени – до 4 дней; умеренного воздействия – от 5 до 20 дней и сильного воздействия – от 20 дней и более. Первый период характеризуется сходством свыше 70%, второй – от 50 до 70%, третий – менее 50%. Та же периодизация применима и

к пространству: слабое воздействие пространственной изменчивости ощущается на расстоянии до 1,5 км, умеренное – до 4 км и сильное – от 4 км и более.

С учетом наблюдаемых различий можно предположить, что применение методики ограничено зоной умеренного воздействия пространственно-временной изменчивости. При больших расстояниях сходство размерного состава, даже при работе однотипными ловушками, оказывается настолько низким, что возникает вопрос, можно ли быть уверенным, что сходство/различие, регистрируемое при работе разнотипными ловушками, обусловлено особенностями конструкции, а не какими-то другими причинами.

Сравнительные оценки. Результаты сравнения размерного состава проб, собранных ловушками одного и разных типов (табл. 2), вполне соответствовали ожиданиям. При малом числе испытаний (например, в проливе Лаперуза в 2000 г. при работе ловушками К-20 и К-45 или К-20 и К-50) отсутствия достоверных различий было недостаточно для констатации схождения, в то время как при большом числе этот вывод имел статистическое подтверждение (там же: при работе ловушками К-20 и К-35).

Минимальное общее число проб, при котором регистрировали сходство, было равно 55 (пролив Лаперуза 2002 г. ловушки К-40 и К-50: табл. 1-2). Максимальное число проб, при котором H_0 не принимали, было равно 29 (западный Сахалин 1999, ловушки К-15 и П-15: табл. 1-2). Отвержение H_0 не зависело от числа проб, которое варьировало от 15 до 210 (рис. 2).

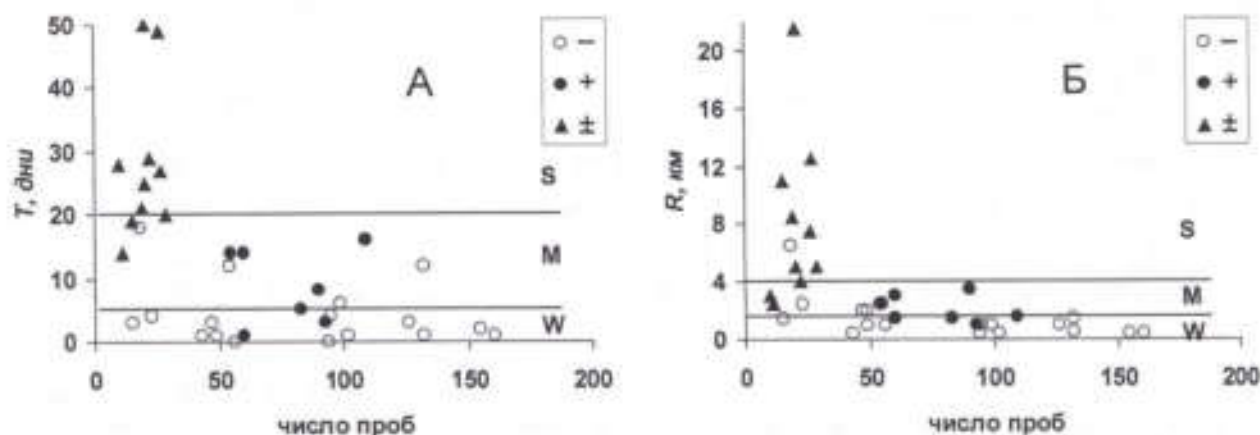


Рис. 2. Зависимость решения о нулевой гипотезе (H_0 , подписи легенды) от общего числа проб, (А) разницы между датами постановки порядков, T , и (Б) расстоянием между серединами порядков, R . Общее число проб взято из таблицы 1 (суммировано для каждой пары сравниваемых типов ловушек), T и R – из таблицы 2. Подписи легенды: – H_0 была отвергнута; + H_0 была принята; \pm H_0 не была принята. Горизонтальные линии разделяют зоны слабого, умеренного и сильного влияния пространственно-временной изменчивости размерного состава на его сходство в сравниваемых пробах (по данным рис. 1).
Fig. 2. Dependence of decision on null-hypothesis (H_0) accept from common samples number (X-axis), (А) difference between dates of traps exposition T , days; (Б) distance between traps, R , km. Common samples number data are got from Table 1 (summed for each pair of the compared trap types), T and R are got from Table 2. Legend symbols: – H_0 was rejected; + H_0 was accepted; \pm H_0 was not accepted. Horizontal lines show areas of weak, moderate and strong effects of spatio-temporal variability of size-structure on its similarity in compared samples (Fig. 1).

Таблица 2. Сравнение размерного состава проб, собранных ловушками одного типа и разных типов.
Table 2. Comparison of size structure in samples collected both by similar and different traps.

Объект/ район /год	Типы ловушек	R_{max} км	T_{max} дни	n_s / N_s (доля n_s)	n_d / N_d (доля n_d)	$t_{max}(N_{min})$	H_0	λ_c
Камчатский край/ Пролит Литке/ 1996	К-30/ К-70А	0,5	1	37/ 46 (0,80)	26/ 42 (0,62)	1,70	–	0,85
	К-30/ К-70Б	0,6	1	28/ 35 (0,80)	2/ 9 (0,22)	2,86	–	0,54
	К-70А/ К-70Б	1,6	16	206/100 (0,49)	51/117 (0,44)	0,74 (183)	+	0,75
Волоситый край/ Запад- ный Саха- лин/ 1999	К-15/П-15	0,5	1	18/ 33 (0,55)	2/ 11 (0,18)	1,83	–	1,36
	К-15/М-15	21,5	50	24/ 32 (0,75)	24/ 30 (0,80)	-0,78(>10 ⁴)	±	0,22
	П-15/М-15	5,0	20	71/159 (0,45)	32/ 73 (0,44)	-0,03(>10 ⁴)	±	1,11
.../.../ 2002	К-15/К-40	1,0	3	86/108 (0,80)	78/101 (0,77)	0,25 (101)	+	0,16
	К-15/К-60	1,0	0	16/ 17 (0,94)	0/ 3 (0,00)	2,71	–	1,74
	К-40/К-60	2,0	3	39/ 59 (0,66)	7/ 18 (0,39)	1,77	–	1,77
.../Залив Алива/ 2000	К-30/К-60	2,0	1	40/ 49 (0,82)	14/ 24 (0,58)	1,80	–	0,58
.../ Пролит Лаперуза/ 2000	К-20/К-35	3,5	8	353/591 (0,60)	48/ 69 (0,70)	-1,76 (274)	+	0,40
	К-20/К-45	3,0	28	4/ 7 (0,57)	0/ 2 (0,00)	1,06(>10 ⁴)	±	1,29
	К-20/К-50	2,5	14	0/ 2 (0,00)	2/ 2 (1,00)	-1,05(>10 ⁴)	±	1,10
	К-20/К-55	11,0	19	9/ 11 (0,82)	6/ 10 (0,60)	0,62(>10 ⁴)	±	0,45
	К-20/К-60	6,5	18	11/ 13 (0,85)	4/ 11 (0,36)	2,06	–	0,83
	К-35/К-45	0,5	0	7/ 7 (1,00)	0/ 4 (0,00)	2,55	–	1,58
	К-35/К-50	1,0	4	96/117 (0,82)	27/ 43 (0,63)	2,25	–	0,75
	К-35/К-55	1,0	6	187/148 (0,79)	41/ 63 (0,65)	2,01	–	0,74
	К-35/К-60	0,5	1	25/ 23 (0,92)	3/ 7 (0,43)	2,17	–	0,95
	К-45/К-50	1,5	3	5/ 5 (1,00)	2/ 8 (0,25)	2,30	–	2,01
	К-45/К-55	8,5	21	6/ 12 (0,50)	3/ 12 (0,25)	0,85(>10 ⁴)	±	1,21
	К-45/К-60	4,0	29	16/ 37 (0,43)	14/ 33 (0,42)	-0,17(>10 ⁴)	±	0,68
	К-50/К-55	5,0	25	6/ 14 (0,43)	8/ 15 (0,53)	-0,94(>10 ⁴)	±	1,40
	К-50/К-60	2,5	4	4/ 7 (0,57)	0/ 11 (0,00)	2,36	–	1,65
	К-55/К-60	12,5	27	58/100 (0,58)	59/ 97 (0,61)	-0,55(221)	±	0,57
.../.../ 2002	К-30/К-40	7,5	49	22/ 46 (0,48)	26/ 40 (0,65)	-1,83(>10 ⁴)	±	0,80
	К-30/К-50	1,0	1	17/ 17 (1,00)	7/ 10 (0,70)	1,76	–	1,89
	К-30/К-55	2,5	12	123/201 (0,61)	50/127 (0,39)	2,31	–	2,08
	К-30/К-60	1,0	3	155/185 (0,84)	17/ 26 (0,65)	1,82	–	1,88
	К-40/К-50	2,5	14	119/205 (0,58)	53/ 75 (0,71)	-2,10(205)	+	1,48
	К-40/К-55	3,0	14	155/246 (0,63)	66/119 (0,55)	1,26(152)	+	1,55
	К-40/К-60	1,5	12	536/741 (0,72)	54/105 (0,51)	4,06	–	1,36
	К-50/К-55	1,5	5	89/129 (0,69)	68/ 91 (0,75)	-1,09(109)	+	0,28
	К-50/К-60	0,5	2	42/ 46 (0,91)	20/ 28 (0,71)	1,88	–	0,22
	К-55/К-60	1,5	1	151/200 (0,76)	125/161(0,78)	-0,60(62)	+	0,33

Примечания: R_{max} – максимальное расстояние между ловушками; T_{max} – максимальная разница в сроках постановки; N_s и N_d – общее число испытаний однотипными и разнотипными ловушками; n_s и n_d – соответствующее число испытаний, где размерный состав был сходен; t_{max} – критерий Стьюдента для 2-х долей; N_{min} – число испытаний, необходимое для установления сходства; H_0 – нулевая гипотеза: – отвергается, + принимается, ± не принимается; λ_c – двухвыборочный критерий согласия Смирнова, рассчитанный при сравнении усредненного размерного состава всех проб из сравниваемых типов ловушек. Жирным шрифтом указываются значения критериев, при которых различия достоверны для $\alpha=0,05$. Объяснения в тексте.

Notes: R_{max} – maximal distance between traps; T_{max} – maximal difference in time of traps set; N_s and N_d – common number trials made by traps of similar type and traps of different types respectively; n_s and n_d – respective number of trials with size-structure similarity; t_{max} – Student's test for comparison of 2 parts; N_{min} – number of trials necessary for similarity determination; H_0 – null-hypothesis: – rejected, + accepted, ± not accepted; λ_c – paired Smirnov's test, calculated through comparison of mean size-structures of all samples related to each type of compared traps. Significant differences for each test ($\alpha=0,05$) marked bold. Details are given in text.

Отвержение нулевой гипотезы происходило, как правило, при слабом влиянии пространственно-временной изменчивости (рис. 1-2): средние значения R_{max} и T_{max} составили 1,5 км и 4 дня соответственно. Принятие нулевой гипотезы, обычно требующее большего числа *испытаний*, происходило чаще при умеренном влиянии: средние значения R_{max} и T_{max} составили 2,7 км и 10 дней соответственно. Непринятие нулевой гипотезы, требующее анализа всех испытаний, происходило при сильном влиянии: средние значения R_{max} и T_{max} составили 8,1 км и 28 дней соответственно. Эти данные в какой-то степени подтверждают сделанное выше предположение, что при больших (пространственно-временных) расстояниях между пробами, невозможно выяснить, связана ли изменчивость их размерного состава с особенностями конструкции орудия лова или с другими факторами.

На основе полученных данных можно предположить, что 50-ти проб, собранных двумя типами ловушек с разницей в сроках не более 20 дней и расстоянием друг от друга не более 4 км, будет достаточно для решения вопроса о наличии влияния орудия лова на размерный состав собираемых проб.

Основным компонентом ловушки, влияющим на размерный состав проб, является размер ячеи обтягивающей дели (далее – *ячей*). Естественно ожидать, что размерный состав в ловушках одинаковой конструкции и с одинаковой ячейей должен быть сходным. Данные по порядкам К-70А и К-70Б (камчатский краб), отличающиеся только расстоянием между ловушками (табл. 1), полностью подтверждают это ожидание (табл. 2).

При сборе проб ловушками одинаковой конструкции следует ожидать, что по мере увеличения ячеи размерный состав проб будет все больше различаться. Например, если размерный состав проб из ловушек 1-го и 3-го типа сходен (номер типа пропорционален ячейе), то размерный состав проб из ловушек 1-2-го и 2-3-го типов тоже должен быть сходен. Если размерный состав проб из ловушек 1-2-го и 2-3-го типа различен, то размерный состав проб из ловушек 1-3-го типов также должен быть различен и т.д. Данные по районам, где использовали несколько типов ловушек сходной (конической) конструкции не противоречат этим логическим ожиданиям, чего нельзя сказать о результатах, полученных «традиционным» методом (табл. 3).

Вместе с тем, регистрация сходства при сборе проб разнотипными ловушками показывает, что далеко не всегда ячей определяет селективность размерного состава. В одних случаях ее определяет конструкция ловушки (в таблице 2 результаты сравнения проб, собранных прямоугольными и коническими ловушками в 1999 г. у западного Сахалина). В других случаях причины отсутствия различий вполне объективны, и связаны с отсутствием в районе (и/или в период) сбора проб особей малых размеров. В качестве примера можно привести данные по ловушкам К-15 и К-40 у западного Сахалина (2002 г.) и по ловушкам К-20 и К-35 в проливе Лаперуза (2000 г.). Сходство размерного состава проб хорошо соответствует схеме функциональной структуры популяции, согласно которой молодь в течение нескольких первых лет обитает отдельно от взрослых особей (Буяновский, 2004). В то же время, вследствие близости размеров взрослых особей волосатого краба (ширина карапакса 70-90 мм) к размерам ячеи, увеличение последних от 40 до 60 мм может заметно влиять на размерный состав сравниваемых проб; для более крупных крабов (например, камчатского) такое увеличение влияния на пробы оказывать не будет.

Таблица 3. Соответствие результатов сравнения проб из 3 типов конических ловушек (по данным таблицы 2) логическим ожиданиям, базирующимся на предположении об увеличении различий с увеличением размера ячеи.

Table 3. Correspondence of comparison results for samples from 3 types of conic traps (on data of Table 2) to logic expectations based on suspect that differences increase with increase of mesh size.

Район, год	Установлено ¹	Логическое ожидание	Отношение к ожиданию методик ²	
			предлагаемой	традиционной
пролив Литке, 1996	K-70A = K70B; K70A ≠ K30	K70B ≠ K30	+	–
Западный Сахалин, 2002	K-15 = K-40; K-40 ≠ K-60	K-15 ≠ K-60	+	+
пролив Лаперуза, 2000 г.	K-20 = K-35; K-35 ≠ K-45	K-20 ≠ K-45	±	–
	K-20 = K-35; K-35 ≠ K-50	K-20 ≠ K-50	±	–
	K-20 = K-35; K-35 ≠ K-55	K-20 ≠ K-55	±	–
	K-20 = K-35; K-35 ≠ K-60	K-20 ≠ K-60	+	–
	K-35 ≠ K-45; K-45 ≠ K-50	K-35 ≠ K-50	+	–
	K-45 ≠ K-50; K-50 ≠ K-60	K-45 ≠ K-60	+	–
пролив Лаперуза, 2002 г.	K-30 ≠ K-50; K-50 = K-55	K-30 ≠ K-55	+	+
	K-30 ≠ K-50; K-50 ≠ K-60	K-30 ≠ K-60	+	+
	K-30 ≠ K-55; K-55 = K-60	K-30 ≠ K-60	+	+
	K-40 = K-55	K-40 = K-50	+	–
		K-50 = K-55	+	–
	K-40 = K-50; K-50 ≠ K-60	K-40 ≠ K-60	+	+

¹ Выбраны только такие примеры, где нулевая гипотеза или отвергнута (≠), или принята (=), а логическое ожидание содержит только один вариант; ² + подтверждает логическое ожидание, ± не противоречит ожиданию, – противоречит ожиданию.

¹ Only those examples chosen if null-hypothesis was either rejected (≠) or accepted (=), and logic expectation had no alternatives; ² + results of comparison support logic expectation; ± not contradict, – contradict expectation.

Сопоставление данных по разным районам и годам позволяет выявить некоторые пары типов ловушек, пробы из которых демонстрируют или устойчивое сходство, или устойчивое различие по размерному составу (табл. 4). Так, ни разу не было отмечено различий при сравнении ловушек ячеей 55 и 60 мм. И, наоборот, при сравнении ловушек K-60 с типами, где ячей меньше 55 мм, сходство не было отмечено ни разу. Единственное противоречие было отмечено для ловушек K-50: при их сравнении с ловушками ячеей 40 мм (пролив Лаперуза, 2002 г.) было отмечено сходство размерного состава, а при их сравнении с ловушками ячеей 45 мм (пролив Лаперуза, 2000 г.) – различие. Возможно, что помимо ячеи на размерный состав проб влияли другие особенности ловушек K-45 (износ дели, состояние входных отверстий, качество приманки), не учтенные при сборе материала. На это указывают и результаты сравнения ловушек K-45 и K-35, где различия также весьма заметны. По сравнению с предлагаемой методикой «традиционный» способ сравнения демонстрирует более противоречивые результаты (табл. 4).

Итак, методика оценки влияния орудия лова на размерный состав, где учитывается его пространственно-временная изменчивость, имеет ряд преимуществ. Во-первых, она позволяет показать не только различия в размерном составе при работе разными орудиями лова, но и его сходство; при малом числе испытаний сходство считается недоказанным. Во-вторых, методика позволяет получать результаты, более адекватные ожидаемым, чем традиционные методы, при которых пространственно-временная изменчивость игнорируется.

В-третьих, несмотря на внутривидовую изменчивость размерного состава, она позволяет выявить орудия лова, для которых размерный состав или устойчиво сходен, или устойчиво различен.

Таблица 4. Статистика сравнения размерного состава проб волосатого краба, собранных ловушками с разным размером ячеи (по данным таблицы 2).

Table 4. Statistics of comparison of size structure of hair crab samples collected by traps with different mesh size (on data of Table 2).

Размер ячеи		Статистика сравнений по методикам				
Исследуемый	Сравниваемые	предлагаемой			традиционной	
		+	±	–	+	–
60	<55	0	1	9	5	5
60	55	1	1	0	2	0
55	<40	0	1	2	2	0
55	40-50	2	2	0	2	2
50	<40	0	1	2	2	1
50	40, 45	1	0	1	0	2
45	<40	0	1	1	1	1
< 40	< 40	2	1	0	3	0

Примечания: + число случаев, когда размерный состав сходен; – число случаев, когда размерный состав отличен; ± число случаев, когда недостаточно данных для принятия решения о сходстве или различии.

Notes: + number of comparisons with similar size-structure; – number of comparisons with different size-structure; ± number of comparisons insufficient for decision on similarity or difference of size-structure.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балыкин П.А. Ихтиоцены западной части Берингова моря: состав, промысловая значимость и состояние запасов. Автореферат дисс. ... докт. биол. наук. М.: ВНИРО, 2006. 50 с.
- Банержи А. Медицинская статистика понятным языком: вводный курс / пер. с англ. под ред. В.П. Леонова. М.: Практическая медицина, 2007. 287 с.
- Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1965. 464 с.
- Буйновский А.И. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двусторчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных. М.: ВНИРО, 2004. 306 с.
- Буйновский А.И., Поляков А.В. Анализ изменчивости размерного состава с помощью программ «Изменчивость размерного состава» и «Картмастер» – новые возможности. Сб.: Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана: Тез. докл. Владивосток: ОИТ ТИНРО-центра, 2007. С. 25-27.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- Лебедев Н.В. Элементарные популяции рыб // Зоологический журнал. 1946. Т. 25. №2. С. 121-134.
- Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб. М.: Пищевая промышленность, 1974. 448 с.
- Слизкин А.Г., Кобликов В.Н., Шагинян Э.Р. Краб-стригун Бэрда *Chionoecetes bairdi* Rathbun северо-западной части Тихого океана: динамика численности, размерный состав и особенности воспроизводства. Сб.: Исслед. биологии промысловых водорослей и морей России. Под ред. Б.Г. Иванова. М.: ВНИРО, 2001. С. 75-91.

ESTIMATION OF EFFECT OF DIFFERENT TRAPS ON CRABS SIZE STRUCTURE

© 2009 y. A.I. Buyanovsky, A.Y. Ogurtsov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow

Original method of estimation of the traps effect on crabs size-structure is based on comparison of the samples collected by similar traps with the samples collected by different traps. Both data should be collected in the same spatio-temporal intervals. By comparison with traditional methods it lets to establish statistic similarity; the method does not contradict to logic expectations; it is possible to find persistent similarity (or dissimilarity) in size-structure of samples collected by different traps. Effect of intrapopulation variability of size structure on its similarity in samples is stepped and it increases with increase of distance between traps and/or difference in dates of their exposition.