

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ
ВНИРО

**ПРИБРЕЖНЫЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

Сборник научных трудов

Москва 1999

К ЭКОЛОГИИ МОРСКОГО ГРЕБЕШКА В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕРИНГОВА МОРЯ

Буяновский А.И.

Морской гребешок является одним из наиболее интенсивно промыслаемых двустворчатых моллюсков. Например, в 1990 г. его суммарный вылов составил 876 636 т (FAO, 1990). Особенно успешно промысел развит в США, Канаде, Японии, Исландии. В морях России гребешков добывают в Баренцевом и Японском морях, а также у Сахалина и Северных Курильских островов. На Дальнем Востоке основное промысловое значение, помимо приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (см., например, «Приморский гребешок», 1986), имеют моллюски рода *Chlamys*: светлый *Ch.albida*, бледно-розовый *Ch.rosealba* и берингоморский *Ch.behringiana* (Мясников, 1992а). Но если биология первых двух видов исследована достаточно подробно (Мясников, Кочнев, 1988; Мясников, 1992 а, б), то о последнем известно значительно меньше: имеются сведения о распространении вида в ареале (Мясников и др, 1992), условиях формирования скоплений и ориентировочном запасе, который на 1989 г. оценивался в 3000 т, и очень приблизительных темпах роста (Мясников, 1992 а).

На основании этих данных берингоморский гребешок был рекомендован к промыслу в режиме контрольного лова. Поскольку подобные работы подразумевают более полное изучение биологии и распределения данного вида, то целью настоящего исследования явилось проведение разведки его скоплений, а также оценка темпов роста и размерно-возрастной структуры популяции.

Материал и методы

Работы были выполнены на судне РС-300 «Невельск» (фирма «Триада») в сентябре – начале октября 1994 г. Было проведено 50 драгировок в Карагинском заливе и в районе м. Олюторский (рис. 1). В качестве орудия лова использовали гребешковую драгу-«этажерку», которая ранее хорошо зарекомендовала себя при работе на Северных Курильских островах. Продолжительность драгировок варьировала от 10 до 15 минут.

На каждой станции определяли массу пустых створок и подсчитывали количество живых моллюсков, из числа которых для дальнейшей обработки брали выборку объемом 20 – 50 экземпляров.

У собранных гребешков измеряли длину, ширину, высоту и массу раковины (нижней створки). Линейные промеры проводили с помощью штангенциркуля, а взвешивание – на электронных весах ВЛКТ-500. Возраст определяли путем подсчета меток на внутренней поверхности лигамента (Золотарев, 1980; Мясников, 1992 б и др.). В ряде случаев удавалось подсчитать годовые кольца на наружной поверхности раковины (Мясников, Кочнев, 1988): при сопоставлении обоих методов результаты были сходными.

Количественные соотношения между возрастом моллюска, высотой, шириной и массой его раковины рассчитывали методом регрессионного анализа. Долю изменчивости зависимой переменной, обусловленной изменчивостью независимой переменной (аргумента), рассчитывали по значению $R^2 = 1 - (RSS/SST)$, где RSS – сумма квадратов отклонений эмпирических значений зависимой переменной от ее расчетных значений, SST – сумма квадратов эмпирических значений.

Для интерпретации наблюдавшейся изменчивости размеров и массы раковины был применен факторный анализ. В него, наряду со значениями высоты, ширины и массы раковины, было введено несколько индексов, позволяющих исключить взаимное влияние этих параметров, а также влияние возраста. Индекс находили путем деления эмпирического значения зависимой переменной на расчетную величину, получаемую из соответствующего уравнения регрессии (табл. 4). Выделение факторов осуществляли методом главных компонент, вращение факторов – согласно стратегии «varimax normalized» (программа (STATISTICA® for Windows, модуль «Факторный анализ»).

С целью выяснения наличия географической изменчивости для всех переменных и индексов, которые были использованы в факторном анализе, был выполнен дисперсионный анализ.

Автор выражает глубокую признательность профессору В.С. Левину (КамчатНИРО), который организовал данный рейс.

Результаты

Пространственное распределение. Район работ можно разбить на 2 участка (рис. 1; табл. 1): восточная часть Карагинского залива (1) и юго-западная часть Корякского берега в районе м. Олюторский (2). Живые гребешки были обнаружены только на трех станциях, две из которых располагались в районе 1 и одна – в районе 2. Их численность варьировала от 20 до 70 экз. Наибольший улов отмечен на южной станции восточнее о. Карагинский, наименьший – в районе м. Олюторский. В этих же районах на 9 станциях были отмечены значительные уловы пустых створок массой от 200 до 250 кг.

Таблица 1. Распределение драгировок по районам и глубинам

Глубины (м) \ Район	до 100	100-109	110-119	120-129	> 130	Всего
1	6	7	8	7	11	39
2	9	0	1	2	0	12
Всего	15	7	9	9	11	51

Все три станции, где были отмечены живые экземпляры, располагались в диапазоне глубин 110 – 119 м. Частота встречаемости живых гребешков на этих изобатах составила свыше 30% (3 из 9 станций, табл. 1). Пустые створки были обнаружены практически на всех глубинах, указанных в таблице.

Морфометрия. Существенные различия в средних размерах (высоте) моллюсков (рис. 2) не позволили сопоставить аллометрические коэффициенты для разных выборок (см., например, Мина, Клевезаль, 1976). Поэтому для общей характеристики соотноше-

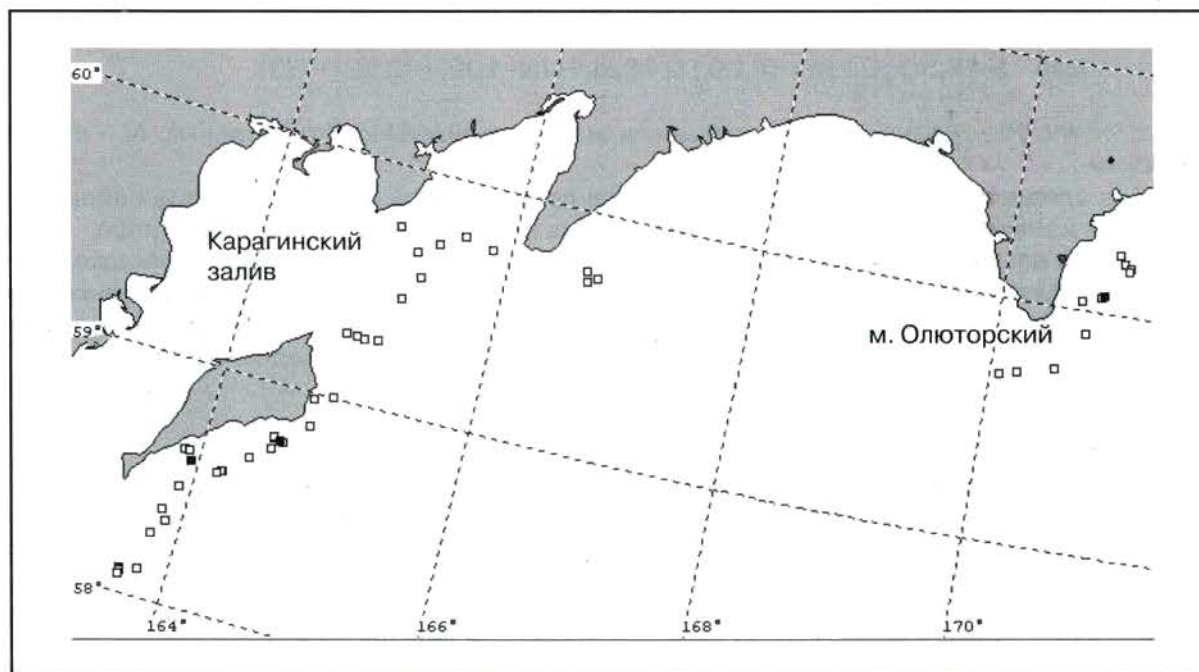


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Черным цветом закрашены станции, где был обнаружен живой гребешок

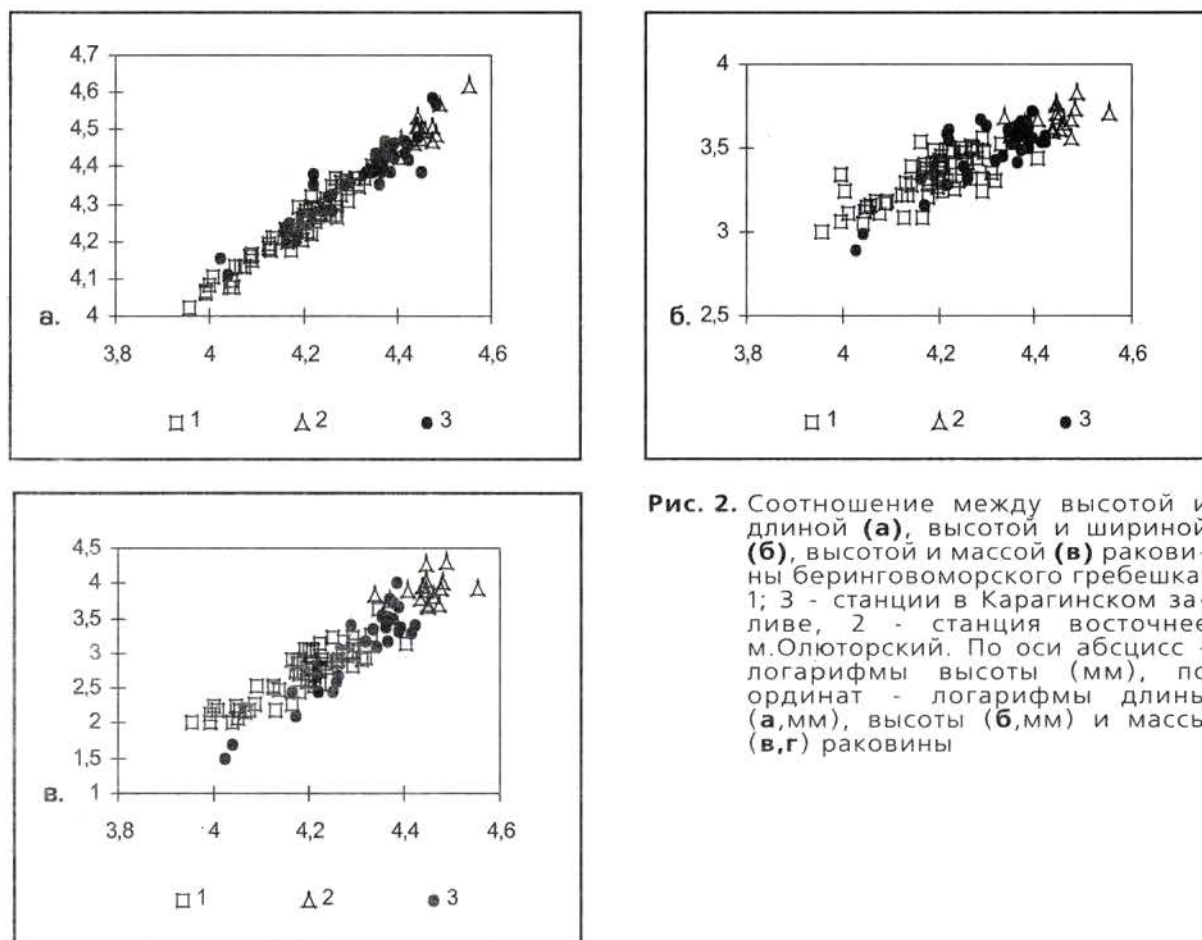


Рис. 2. Соотношение между высотой и длиной (а), высотой и шириной (б), высотой и массой (в) раковины берингоморского гребешка. 1; 3 - станции в Карагинском заливе, 2 - станция восточнее м. Олюторский. По оси абсцисс - логарифмы высоты (мм), по ординат - логарифмы длины (а, мм), высоты (б, мм) и массы (в, г) раковины

ний между основными параметрами данные по трем станциям были объединены, и зависимость между высотой и двумя другими параметрами достаточно адекватно описывалась уравнениями:

$$\ln L = (-0.05 \pm 0.09) + (1.00 \pm 0.02) \ln H \quad (N=127, r=0.97) \quad (1)$$

$$\ln W = (-2.28 \pm 0.31) + (1.32 \pm 0.07) \ln H \quad (N=121, r=0.86) \quad (2),$$

$$\ln M = (-15.50 \pm 0.79) + (4.29 \pm 0.18) \ln H \quad (N=102, r=0.92) \quad (3),$$

где L , H , W , M - длина, высота, ширина и масса раковины соответственно, N - объем выборки.

Как следует из значений коэффициентов корреляции r , ширина раковины обладает большей изменчивостью по отношению к высоте по сравнению с массой и длиной.

Рост и возрастная изменчивость. Поскольку для берингоморского гребешка подсчет наружных колец на раковине затруднен, то о темпах роста можно судить только при сопоставлении размеров особей разного возраста, оцениваемого по количеству меток на лигаменте. Для удобства сравнения темпов роста была выбрана модель уравнения Бергаланфи с допущением, что в нулевой точке возраст равен 0:

$$H = H_{\infty} (1 - \exp[-kt]) \quad (4),$$

где H - высота раковины (мм), t - возраст (годы), H_{∞} и k - коэффициенты.

В Карагинском районе достижение высоты, близкой к предельной (H_{∞} , табл. 2) происходило к 10 - 15 годам, а восточнее м. Олюторский - к 20 - 25 годам: после этих сроков высота раковины с возрастом не менялась. Наибольший возраст составил 35 лет. Таким образом, для берингоморского гребешка основной рост в высоту происходит в течение первой трети жизни в Карагинском районе и несколько дольше - у Корякского берега.

Сходный, асимптотический, характер имел и рост раковины в ширину, хотя, в отличие от высоты, увеличение шло более плавно, и в двух поселениях оно отмечалось в течение всей жизни (рис. 3б).

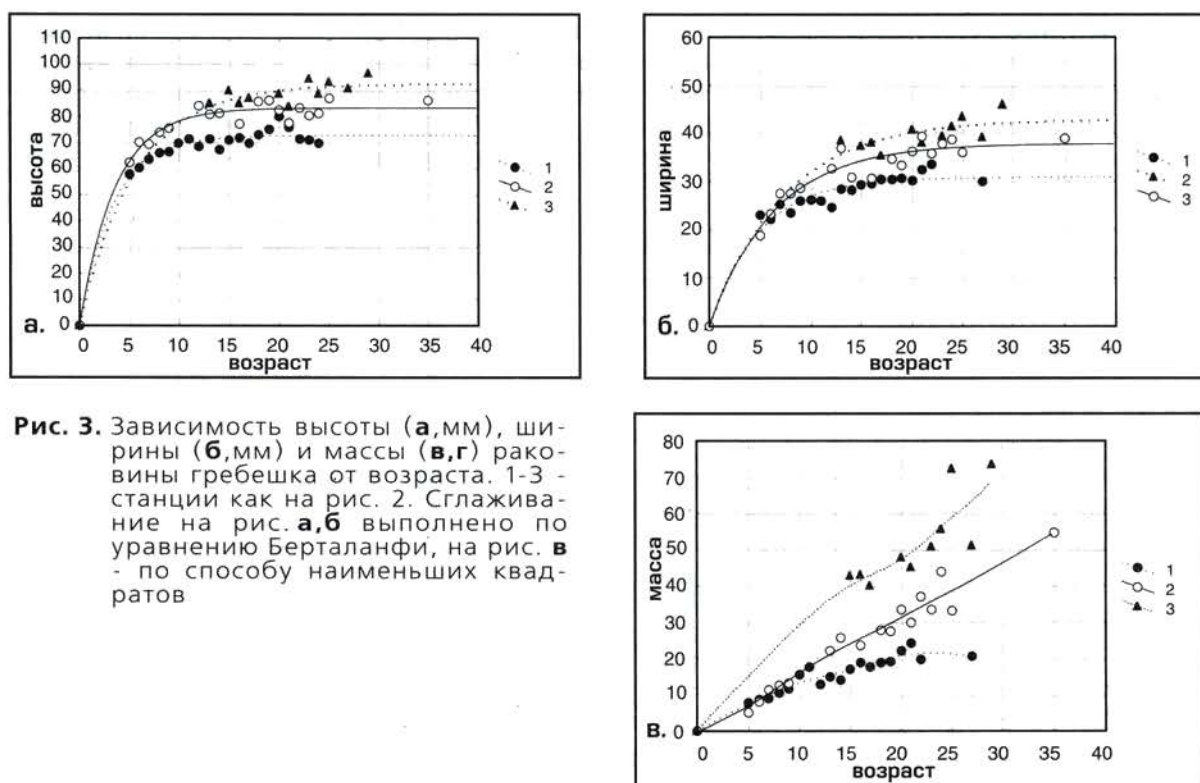


Рис. 3. Зависимость высоты (**а**, мм), ширины (**б**, мм) и массы (**в**, г) раковины гребешка от возраста. 1-3 - станции как на рис. 2. Сглаживание на рис. **а, б** выполнено по уравнению Берталанфи, на рис. **в** - по способу наименьших квадратов

Таблица 2. Параметры уравнения Берталанфи для гребешков из разных поселений

Признак/ поселение	Высота (H)		Ширина (W)	
	H_{∞} , мм	k_H	W_{∞} , мм	k_W
1	72.7	0.30	30.9	0.21
2	83.3	0.28	37.9	0.16
3	92.4	0.18	42.9	0.14

В отличие от линейных параметров масса раковины увеличивалась почти прямо пропорционально возрасту (рис. 3в): наиболее высокие темпы прироста были отмечены для Корякского берега.

Количественная оценка изменчивости. Значения R^2 , рассчитанные для соотношений между возрастом, высотой, шириной и массой раковины (табл. 3) показали более сильное влияние возраста на изменчивость ширины раковины по сравнению с ее высотой. Это позволяет использовать ширину раковины как более надежный «маркер» при определении возрастной структуры поселения и оценке возраста по частотам встречаемости размеров; это особенно важно в условиях контрольного лова, когда у наблюдателя есть возможность обрабатывать массовые выборки, но нет ни времени, ни соответствующих условий (как минимум, бинокулярного микроскопа) для определения индивидуального возраста.

Таблица 3. Уравнения зависимости между высотой (H), шириной (W), массой раковины (M) и возрастом (A) берингоморского гребешка*

Параметры	Уравнение	R^2
$H(A)$	$\ln H = 3.79 + 0.20 \ln A$	0.51
$W(H)$	$\ln W = -2.28 + 1.32 \ln H$	0.74
$W(A)$	$\ln W = 2.52 + 0.33 \ln A$	0.62
$M(W)$	$\ln M = -6.84 + 2.85 \ln W$	0.88
$M(H)$	$\ln M = -15.5 + 4.3 \ln H$	0.85
$M(A)$	$\ln M = 0.16 + 1.05 \ln A$	0.68

* все коэффициенты были достоверны ($\alpha < 0.01$)

Применение факторного анализа позволило выделить 4 фактора, которые обусловили 97% изменчивости всех исследованных параметров, причем, после вращения, нагрузки распределились достаточно равномерно. Первый фактор наилучшим образом коррелировал с метрическими параметрами, второй – с индексами, связанными с шириной раковины, третий – с индексами, связанными с ее массой и четвертый – с индексами, не зависящими от возраста (табл. 4).

Таблица 4. Распределение нагрузок на факторы, обуславливающие изменчивость раковины берингоморского гребешка*

Факторы/ переменные	1	2	3	4	Формула индекса
lnH	0.92	-0.13	-0.12	0.36	-
lnW	0.92	0.34	0.02	0.21	-
lnM	0.96	0.05	0.20	0.20	-
W/H	0.26	0.91	0.24	-0.20	$\ln W / (-2.28 + 1.32 \ln H)$
W/(HA)	0.06	0.95	0.21	0.22	$\ln W / (-1.12 + 0.97 \ln H + 0.14 \ln A)$
M/W	0.22	-0.80	0.54	-0.02	$\ln M / (-6.84 + 2.85 \ln W)$
H/A	0.35	-0.22	-0.19	0.89	$\ln H / (3.79 + 0.20 \ln A)$
W/A	0.28	0.54	0.01	0.79	$\ln W / (2.52 + 0.33 \ln A)$
M/A	0.29	0.07	0.38	0.87	$\ln M / (0.16 + 1.05 \ln A)$
M/H	0.29	0.41	0.80	-0.33	$\ln M / (-15.5 + 4.3 \ln H)$
M/(HA)	-0.01	0.39	0.89	0.23	$\ln M / (-11.72 + 3.15 \ln H + 0.43 \ln A)$
M/HWA	-0.07	-0.25	0.96	0.09	$\ln M / (-10.27 + 1.83 \ln H + 1.29 \ln W + 0.23 \ln A)$
ДИ	0.26	0.27	0.25	0.22	

* А – возраст. В последнем столбце указан алгоритм получения соответствующих индексов; все коэффициенты регрессии достоверны ($\alpha < 0.01$). Курсивом выделены достоверные (> 0.7) значения нагрузок. ДИ – доля общей изменчивости, объясняемая фактором

Результаты однофакторного дисперсионного анализа, в котором оценивалось влияние географической изменчивости (в качестве фактора использовали номер станции) на индексы таблицы 4, были во всех случаях недостоверными.

Обсуждение.

Темпы роста гребешков рода *Chlamys* исследованы достаточно подробно (Денисенко, 1979; Мясников, Кочнев, 1988; Мясников, 1992а, б). Сопоставление полученных результатов с литературными данными показывает, что предельный возраст берингоморского гребешка, достигающий 35 лет, несколько выше, чем у других видов: 28 – 30 лет у светлого гребешка *Ch. albida* (Мясников, Кочнев, 1988), 28 – 29 лет у бледно-розового *Ch. rosealba* (Мясников, 1992); 15 – 16 лет у исландского *Ch. islandica* (Денисенко, 1979). В среднем же, возраст наиболее долгоживущих моллюсков составляет 25 – 28 лет (рис. 3а).

Различие в методах определения возраста не дает возможности прямого сравнения коэффициентов уравнения Берталанфи таблицы 2 с литературными данными, и, поэтому, можно ограничиться только некоторыми аналогиями. По-видимому, так же как и для светлого гребешка, фаза быстрого роста берингоморского заканчивается в 5 – 6 лет и также обусловлена наступлением половозрелости. Вторая фаза, так называемого взрослого, все еще относительно высокого роста достаточно четко ограничена 10 годами и, соответственно, третья фаза так называемого старческого роста начинается после 10 лет (рис. 3а). Таким образом, сроки "переломов" в темпах роста для светлого (Мясников, Кочнев, 1988) и берингоморского гребешков примерно одинаковые. Характерно, что в Карагинском заливе на третьей фазе групповой рост в высоту практически полностью прекращается.

Верхние пределы роста берингоморского гребешка (H, , табл. 2) сходны с таковыми для светлого (84.5 мм), но всегда ниже, чем для бледно-розового (112.5 мм; Мясников, 1992б).

Более высокие темпы роста гребешков из Олюторского залива связаны, по-видимому, с более высокой степенью водообмена, поскольку именно в этом районе проходит главная ветвь Камчатского течения.

Анализ изменчивости раковины (табл. 4) позволяет следующим образом интерпретировать выделенные факторы:

Фактор 1. Связан с сохранением пропорций между высотой, шириной и массой в процессе роста и обусловлен возрастом.

Фактор 4. Связан с сохранением пропорций между указанными параметрами в пределах одного возрастного класса и обусловлен остаточной (не связанной с возрастом) изменчивостью высоты раковины.

Фактор 2. Связан с сохранением пропорций между шириной и массой в пределах одного размера (высоты) и возраста и обусловлен остаточной (не связанной с возрастом и высотой) изменчивостью ширины раковины.

Фактор 3. Связан с нарушением пропорций между массой раковины и линейными параметрами.

Таким образом, по данным факторного анализа можно выделить следующие типы изменчивости: возрастную, внутри возрастного класса, в пределах одного размера и возраста, остаточную. Для расчета соотношений между этими типами были использованы данные таблицы 3. Полученные результаты (табл. 5), в целом, согласуются с данными факторного анализа, и свидетельствуют, во-первых, о приоритете возрастной изменчивости, и, во-вторых, о ее большей роли для ширины и массы по сравнению с высотой (табл. 4). Кроме того, из данных таблицы 5 следует, что роль независимых от высоты и возраста корреляций между шириной и массой настолько мала, что в дальнейшем обсуждении их не следует принимать во внимание.

Таким образом, два из четырех факторов таблицы 4 интерпретируются достаточно отчетливо: первый обусловлен возрастом, четвертый – нормой реакции возрастного класса и различиями в темпах роста в разных поселениях (рис. 3а).

Таблица 5. Соотношение (%) различных типов изменчивости раковины берингово-морского гребешка

Тип	Высота	Ширина	Масса
Возрастная	51	62	68
В пределах возрастного класса	49	12	19
Среди особей одной высоты и возраста	-	26	3
Остаточная	-		12

Труднее объяснить остаточную изменчивость ширины и массы, связанную с двумя другими факторами. Можно с уверенностью утверждать лишь то, что они не связаны с географической изменчивостью (номером станции), о чем свидетельствуют результаты дисперсионного анализа, а обусловлены другими причинами. Например, остаточная изменчивость ширины (фактор 3) может быть обусловлена различным грунтом: так можно ожидать, что на более мягком грунте раковина должна быть более плоской, чем на твердом. И хотя взрослые особи обитают преимущественно на гравийно-галечных грунтах, молодь, как правило, селится на периферии основного скопления и оседает на разные типы грунта (Мясников, 1992 а, б), и поэтому не исключено, что градиенты индексов ширины, обнаруживаемые высокими нагрузками на фактор 3, отражают условия жизни моллюсков в первые годы жизни.

Итак можно выделить следующие особенности, связанные с экологией берингово-морского гребешка.

1. На обследованной территории скопления взрослых особей отмечены в диапазоне глубин 110 – 119 м.

2. Скорость роста и максимальные размеры моллюсков в районе мыса Олюторский выше, чем в Карагинском заливе.

3. Средняя продолжительность жизни берингово-морского гребешка составляет 25 – 28 лет, быстрый рост происходит в течение первых 5 – 6 лет, а после 10 – 15 лет групповой рост в длину практически прекращается. Промысловый размер (6 см) достигается не более, чем в течение 6 лет.

4. Изменчивость формы и массы раковины не связана с географическими факторами, а обусловлена возрастом, различиями в скорости роста в пределах возрастного класса и действием локальных факторов.

Литература

1. Денисенко С.Г. 1979. Некоторые особенности экологии и роста гребешка *Chlamys islandica* (Muller) в Баренцевом море // Моллюски: основные результаты их изучения. – Л.: Наука. – С.82–83.
2. Золотарев В.Н. 1980. Продолжительность жизни двустворчатых моллюсков Японского и Охотского морей // Биология моря, N 6. – С. 3–12.
3. Мина М.В., Клевезаль Г.А. 1976. Рост животных. – М: Наука. – С.1–291.
4. Мясников В.Г. 1992а. Промысловые гребешки рода *Chlamys* (Bivalvia, Pectinidae) умеренных вод северо-западной части Тихого Океана, их распределение, рост и ресурсы // Автореферат ... канд. биол. наук – СПб: Зоологический институт РАН. – С.1–22.
5. Мясников В.Г. 1992б. Биология и ресурсы гребешка *Chlamys rosealbus* в северо-западной части Охотского моря // Промыслово-биологические исследования морских беспозвоночных. – М.: ВНИРО. – С. 116–127.
6. Мясников В.Г., Згуровский К.А., Темных О.С. 1992. Морфологическая дифференциация промысловых гребешков рода *Chlamys* (Bivalvia, Pectinidae) в северо-западной Пацифике // Зоологический журнал, Т.71, N 9. – С.22–32.
7. Мясников В.Г., Кочнев Ю.Р. 1988. Продолжительность жизни, рост, половая структура светлого гребешка *Chlamys albidus* Курильских островов // Морские промысловые беспозвоночные. – М.: ВНИРО. – С.153–166.
8. Приморский гребешок. 1986. – Владивосток: ДВО РАН. – С.1–230.
9. FAO yearbook: Fishery statistics (catches and kindings). 1990. – P.1–70.