

---

---

# ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

---

---

УДК 573.591.4

**В.И. Беляев**

Институт экологии растений и животных УрО РАН,  
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 марта, 202

## **ОПИСАНИЕ ДИНАМИКИ ФОРМЫ ТЕЛА В ОНТОГЕНЕЗЕ ЖИВОТНЫХ ОДНОЙ ВЫБОРКОЙ ОСОБЕЙ (НА ПРИМЕРЕ РЫБ)**

*Проверялась пригодность второй расчетной модели самок и аналогичной модели самцов речного гольяна (*Phoxinus phoxinus* L.) из популяции р. Утка [1] воспроизводить естественную динамику формы тела в онтогенезе особей. Установлено, что расчетные геометрические прогрессии формы тела самок и самцов речного гольяна – вторые математические модели – отражают естественную динамику формы тела – среднестатистическую видовую норму выраженности формы тела у разных по длине тела и полу особей этого вида рыб в данной популяции.*

**Ключевые слова:** *рыбы, математические модели динамики формы тела, понятие нормы выраженности пластического морфологического признака.*

**V.I. Belyaev**

## **DESCRIPTION OF BODY FORM DYNAMICS IN ANIMAL ONTOGENESIS BASED UPON SINGLE SAMPLING (WITH SPECIAL REFERENCE TO FISHES)**

*In given article, we tested the ability to reproduce natural dynamics of body form in the course of individual's ontogenesis, the possibility of application of the second calculated model adopted to females and analogous model for males of minnow (*Phoxinus phoxinus* L.) from the Utca river [1]. It was stated that calculated geometric progressions of body form of males and females of minnow – the second mathematical models, reflect natural dynamics of body form – statistically average specific norm of manifestation of body form in individuals of given fish species of the analyzed population differing in body length and sex belonging.*

**Key words:** *fishes, mathematical models of body form dynamics, the conception of the norm morphological feature.*

При математическом описании роста растений и животных традиционно используют разные математические функции [2, 3]. Основой для вычисления параметров функций служат модель линейной регрессии и метод наименьших квадратов. Поэтому выбор того или иного математического выражения в каждом конкретном случае предполагает определенный, отличный от других, способ преобразования исходных данных [4]. Практика показала, однако, что описание одинаковых исходных данных по росту животных разными математическими выражениями неизбежно приводит к получению разных результатов [5, 6], что в конечном итоге порождает невозможность проведения сравнительного анализа разных случаев роста животных.

Отмеченные препятствия, возникающие при анализе данных, можно устранить, если исключить из обихода биолога использование любых математических функций при описании роста линейных размеров тела и линейных промеров его частей, площади поверхности и массы тела, а также признаков, отражающих размеры внутренних органов животных.

Для этого необходимо сформулировать единую логическую концепцию о принципе роста размеров тела животных и связи значений разных пластических морфологических признаков, после чего на этой единой основе создать адекватную или использовать известную классическую математическую базу для формализации биологических процессов и отдельных явлений.

Известно, например, что мелкие, средние и крупные по размеру тела животных одного вида зрительно похожи друг на друга. Такое зрительное сходство во внешнем облике животных имеет место из-за того, что в процессе роста от мелких до крупных размеров их тел в онтогенезе все линейные расстояния на поверхности тел, площадь поверхности и объем тел животных увеличивались умножительно и примерно в одно число раз.

Адекватное свойство умножительности в ряде числовых значений присуще математическому выражению, не являющемуся математической функцией, именуемому геометрической прогрессией [7]. Выбор геометрической прогрессии (ГП) для оценки особенностей морфологического строения тела рыб обоснован ранее и представлен в работах [8, 9, 10]. Геометрическая прогрессия есть множество, каждый последующий член которого больше предыдущего члена в одно и то же число раз. Сказанное в этом абзаце и определило использование ГП для математического описания динамики роста значений самых разных пластических признаков и формы тела рыб в данной работе.

Величины знаменателей  $q(F'_i)$  ГП динамики значений формы тела самок речного гольяна (*Phoxinus phoxinus* L.) в работе [1] вычислены по выборочным средним геометрическим значениям формы тела в каждом из одиннадцати размерных классов длины тела самок (табл. 1). При обращении к наиболее известным классификациям информативности разных исходных данных, используемых для описания роста животных [2, с. 104-106], видим, что данные из табл.1 в полной мере соответствуют только данным типа (D), а быть названными профильными данными типа (C) могут лишь условно, с большим приближением, так как они сформированы путем ранжирования на классы совокупности значений длины тела большой выборки самок гольяна ( $n = 246$ ), отловленных, в основном, в июле-августе 2004 г. Однако, по мнению авторов разных классификаций, и данные типа (C) «... могут дать лишь общее представление о закономерностях роста отдельных особей» [2, с. 106], так как анализ роста животных в отдельных популяциях вида разными авторами до сих пор проводится по расчетным параметрам разных математических функций, значения которых вычислены методом наименьших квадратов (МНК). Как видим, согласно представлению исследователей середины и второй половины XX в., исходные данные в табл. 1 имеют крайне низкую информативную ценность, чтобы отражать рост гольянов в конкретной популяции вида. Так ли это на самом деле – показано ниже.

В этой работе МНК и другие математические методы параметрической статистики не использованы. Оценка пригодности расчетных геометрических прогрессий – вторых математических моделей динамики формы тела [1] – отражает динамику формы тела самок и самцов речного гольяна в популяции вида, обитающей в р. Утка, проведена по результатам шести трансформаций одной модельной выборки ( $l_{i,2}; F'_{i,2}$ ) самок в системе декартовых координат  $OX$  и  $OY$  и пяти аналогичных трансформаций модельной выборки ( $l_{i,2}; F'_{i,2}$ ) самцов по расчетным ГП самок и самцов, соответственно, на место расположения на рисунке плоскостей  $OX$  и  $OY$  разных выборок ( $l_{i,k}; F'_{i,k}$ ), отражающих линейные размеры длины и формы тела гольянов в разные годы отлова рыб. Воспроизведение картины динамики формы тела по длине тела у самок и самцов речного гольяна выполнено по геометрическим прогрессиям, знаменатели  $q_i$  которых в работе [1] вычислены по соотношениям (3) и (4), а преобразование измеренных значений разных признаков рыб выполнено по соотношениям (2) – (10). Иллюстрация информативности результатов трансформации модельных выборок ( $l_{i,2}; F'_{i,2}$ ) по расчетным ГП, таким образом, является основной задачей предлагаемой читателю работы.

В качестве модели динамики длины тела самок голяна использована геометрическая прогрессия

$$l_{i,k} = l_{i,2} \cdot 1.062719^{\overrightarrow{(n-1)}} . \quad (1)$$

Описание динамики формы тела самок модельной выборки выполнено по второй математической модели [1] – геометрической прогрессии

$$\widehat{F}'_{i,2} = F'_{i,2} \cdot 1.069382^{\overrightarrow{(n-1)}} . \quad (2)$$

Значение знаменателя  $q(l_i)$  геометрической прогрессии

$$l_{i,k} = l_{i,2} \cdot 1.05552^{\overrightarrow{(n-1)}} \quad (3)$$

- модели динамики длины тела самцов речного голяна, вычислено по ранжированному на размерные классы ряду значений длины тела двухсот самцов после завершения формирования выборки самцов в 2006 г. Для описания динамики формы тела самцов рассчитана и использована здесь вторая модель, как и у самок – геометрическая прогрессия

$$F'_{i,2} \widehat{=} F'_{i,2} \cdot 1.06297^{\overrightarrow{(n-1)}} . \quad (4)$$

Последовательность преобразования измеренных значений разных признаков: перевод в масштаб длины тела, вычисление значений знаменателей  $q(\widehat{y}_i)$  геометрических прогрессий динамики прямых и обратных величин признаков - подробно изложена в работе [1]. Итог вычислений  $q(\widehat{y}_i)$  для отражения динамики  $y_i$  разных признаков  $Y$  и формы тела самок голяна по первой и второй моделям представлен в табл. 1.

На отрезке времени с 2006 по 2011 гг. в августе каждого года на одном и том же участке русла верхнего течения р. Утка отлавливались выборки самок и самцов голяна (по 25 особей в выборке). Длина тела самок в выборках в разные годы колебалась от 4,29 до 8,27 см, самцов – от 4,21 до 7,81 см. Район проведения исследований указан ранее [1].

Особей в каждой выборке ранжировали по длине тела, после чего значения  $y_i$  всех признаков  $Y$  переводили в масштаб длины тела по модельным отношениям значений длины тела и разных признаков  $Y$  в модельных выборках самок и самцов (приложение). После завершения процедуры перевода в масштаб длины тела по  $y_i$  значениям признаков, для которых видовые константы  $[q(y_i) < q(l_i)]$  (например, табл. 1), вычислялись  $y'_i$  – обратные значения  $y_i$ , по (10) и далее – значения формы тела  $F'_{i,k}$  по (1) для десяти признаков  $Y$  [1]. Ранжированные по  $l_i$  ряды  $(l_{i,2}; F'_{i,2})$  и  $(l_{i,k}; F'_{i,k})$  выстраивались параллельно друг другу, после чего для каждой пары сопряженных  $l_{i,2}$  и  $l_{i,k}$  самок и самцов по (1) и (3) из этой работы вычислялось, соответственно полу, значение  $\overrightarrow{(n-1)}$ . Затем по ГП(2) и, соответственно, ГП(4) вычислялось  $\widehat{F}'_{i,2}$  самок и самцов. В работе [1] процедура вычисления  $\overrightarrow{(n-1)}$  и  $\widehat{F}'_{i,2}$  проводилась по готовым соотношениям (5) и (7). Далее для каждой отдельной выборки  $l_{i,k}$  вычислялась выборка разностей  $(\ln F'_{i,2} - \ln F'_{i,k})$ , положительных или отрицательных по знаку, которые ранжировали по величине, после чего проводилась оценка сходства или различия между  $F'_{i,2}$  и  $F'_{i,k}$  в данной выборке по парному критерию Вилкоксона. Результаты этой оценки в выборках самок голяна разных лет отлова сведены в табл. 2, в выборках самцов – в табл. 3.

Таблица 1  
 Расчет значений знаменателей  $q_i$  ГП разных признаков и формы тела по ранжированным сопряженным рядам выборок-ных средних геометрических значений одинадцати признаков самок голяна объединенной выборки ( $n = 246$ )

Table 1  
 Calculation of Values of dominators  $q_i$  of GP of different features and body form according to ranged correlated rows of singled out average geometric meanings of eleven females in united sample ( $n = 246$ )

№ выборки п/п	Признаки, см											$\tilde{F}_{10,к}$	$\tilde{q}''$	$n$ особей								
	$\tilde{1}'^*$	$\tilde{2}'$	$\tilde{3}'$	$\tilde{4}'$	$\tilde{5}'$	$\tilde{6}'$	$\tilde{7}'$	$\tilde{8}'$	$\tilde{9}'$	$\tilde{10}'$	$\tilde{11}'$											
1	2,8405	2,7677	2,9241	2,8870	2,8332	2,8350	2,8068	2,8524	2,7577	2,6996	2,7697	2,8126	2,7946	2,8477	2,8286	2,8026	29					
2	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	3,2516	25					
3	3,7629	3,7235	3,8023	3,7291	3,7064	3,7558	3,7721	3,7789	3,8069	3,7183	3,9360	3,7724	3,7971	3,8203	3,7471	3,7875	23					
4	3,2678	4,2281	4,4570	4,2062	4,2134	4,2822	4,3260	4,2485	4,3055	4,3052	4,5518	4,3111	4,3302	4,3228	4,2871	4,3387	28					
5	4,8424	4,9940	5,1832	4,7553	4,7108	4,8686	4,9349	4,8004	5,3058	5,2579	5,4874	5,0237	4,9310	4,9777	4,8848	5,0786	19					
6	5,2463	5,4068	5,9162	5,1548	5,1483	5,3077	5,3960	5,1476	5,7254	5,6816	5,9503	5,4755	5,3394	5,3462	5,3469	5,5366	20					
7	5,7842	6,0183	6,7193	5,6086	5,6695	5,8524	5,9239	5,7380	6,5063	6,2473	6,7584	6,0908	5,9653	5,9012	5,8308	6,1630	21					
8	6,2857	6,5512	7,1408	6,0291	6,1616	6,3564	6,5439	6,1695	7,0852	7,0264	7,3797	6,6289	6,5532	6,4123	6,4041	6,7362	22					
9	6,7819	7,0423	7,6637	6,3766	6,5977	6,7697	6,9927	6,8107	7,6722	7,3653	7,8708	7,1001	7,2130	6,9712	6,7532	7,2218	21					
10	7,1458	7,5780	7,7579	6,6265	6,9092	7,1910	7,5109	7,0768	8,4207	8,1887	8,4308	7,5453	7,7058	7,3905	7,2154	7,7267	23					
11	7,7316	8,2044	8,3434	7,0400	7,3967	7,7428	8,1405	7,7208	9,0336	8,8273	9,1678	8,1342	8,4911	8,0817	7,7424	8,3642	15					
$\tilde{X}_i^{***}$	5,0228	5,1392	5,4159	4,8671	4,9223	5,0436	5,1370	4,9967	5,4264	5,3274	5,5692	5,1796	5,1834	5,1254	5,0490	5,2389						
$R_1^{****}$	3,7261	3,7149	3,8402	3,7072	3,6831	3,7298	3,7433	3,7225	3,7879	3,7472	3,8853	3,7557	3,7451	3,7696	3,7297	3,7690						
$R_2^{****}$	6,4420	6,7351	7,2128	6,1065	6,2680	6,4856	6,6873	6,3858	7,3216	7,1426	7,5179	6,7707	6,7959	6,6208	6,4986	6,8932						
$q_i$	1,0627	1,0683	1,0725	1,0570	1,0609	1,0634	1,0666	1,0618	1,0761	1,0743	1,0760	1,0677	1,0684	1,0646	1,0636	1,0694						

Примечание. Цифровые обозначения пластических признаков самок в данной таблице такие же, как у признаков самок в табл. ПП; символ ' означает, что значение признака представлено в масштабе длины тела (масштабе модели ДИВО [10]), символ '' – обратные значения признаков, вычислены по (10) в работе [1];  $\tilde{F}_{10,к}$  – средние геометрические значения формы тела для вычисления  $q_i$  первой модели динамики формы тела [1];  $\tilde{F}_{10,к}''$  – средние геометрические значения формы тела для вычисления  $q_i$  второй модели динамики формы тела [1]; \* – средние геометрические значения разных признаков в каждом отдельном классе длины тела самок голяна (в масштабе длины тела); \*\* – среднее геометрическое значение всего ряда чисел; \*\*\* – реперная точка  $R_1$  – среднее геометрическое значение левой части всего ряда чисел [9]; \*\*\*\* – реперная точка  $R_2$  – среднее геометрическое значение правой части всего ряда чисел [9]; значение  $q_i$  ГП разных признаков вычислены по (3) из работы [1] с  $n = 10$ .

Таблица 2

**Сумма рангов (+) и (-) парного критерия Вилкоксона  
в выборках самок голяна разных лет отлова в р. Утка**

Table 2

**Rank – sum (+) and (-) paired test Wilcoxon in the samples  
of minnow females of different years of sampling from the Utca river**

Знак $\Sigma$ рангов	Суммы рангов разностей ( $\ln \hat{F}'_{i,2} - \ln F'_{i,k}$ ) в разные годы						$\Sigma(\Sigma)$
	2006	2007	2009*	2009**	2010	2011	
+	194	170	181	173	247	180	1148
-	131	155	144	152	78	145	802
<i>n</i> пар	25	25	25	25	25	25	150

Примечание. \* – «мелкие» по длине тела самки; \*\* – «крупные» по длине тела самки.

Знак (+) суммы рангов в таблицах означает, что суммы трансформированных значений  $\hat{F}'_{i,2}$  модельной выборки самок и(или) самцов в среднем больше по величине сумм сопряженных по  $l_{i,k}$  значений  $F'_{i,k}$ . Знак (-) отражает обратную картину.

Оценка различий между  $\hat{F}'_{i,2}$  и  $F'_{i,k}$  при помощи парного критерия Вилкоксона [3, табл. 21П] показала на полное их отсутствие во всех шести парных сравнениях выборок самок в табл. 2 и четырех парных сравнениях выборок самцов в табл. 3.

Таблица 3

**Сумма рангов (+) и (-) парного критерия Вилкоксона в выборках самцов голяна  
разных лет отлова в р. Утка**

Table 3

**Rank - sum (+) and (-) paired test Wilcoxon in the samples of minnow males  
of different years of sampling from the Utca river**

Знак $\Sigma$ рангов	Суммы рангов разностей ( $\ln \hat{F}'_{i,2} - \ln F'_{i,k}$ ) в разные годы					$\Sigma(\Sigma)$
	2007	2009*	2009**	2010	2011	
+	218	244	166	284	190	1102
-	107	81	159	41	135	523
<i>n</i> пар	25	25	25	25	25	125

Примечание. \* – «мелкие» по длине тела самцы; \*\* – «крупные» по длине тела самцы.

Достоверные, на 1%-м уровне значимости, различия по форме тела обнаружены у самцов, отловленных в 2010 г. По отношению к совокупности ( $l_{i,2}$ ;  $\hat{F}'_{i,2}$ ) значения ( $l_{i,k}$ ;  $F'_{i,k}$ ) выборок самок и самцов голяна отлова 2010 г. «просели» по транспозиции. Подобное «проседание» данных видно и у мелких по длине тела самцов в пробе 2009 г. (различия не достоверны).

Причины возникновения различий между  $\hat{F}'_{i,2}$  и  $F'_{i,k}$  проанализированы и заключаются в следующем. В летнее время 2010 г. на территории центральной части Европейской России, Среднем Урале и Зауралье отмечено выпадение аномально низкого количества атмосферных осадков на фоне аномально высоких температур воздуха в нижних слоях атмосферы. Значительно сократился объем поверхностного стока воды в р. Утка. В некоторых местах русло обмелело и представляло собой цепь мелководных плесов, соединенных друг с другом слабым ручьем.

К августу месяцу 2010 г. самки и особенно самцы голяна не набрали массу тела, свойственную особям этого вида рыб в конце периода летней межени и летних температур среды обитания в годы с благоприятными климатическими характеристиками. Недобор массы тела привел к снижению у рыб линейных размеров таких признаков, как макси-

мальная высота и максимальная толщина тела. Таким образом, из-за дефицита массы тела к концу лета 2010 г. у рыб сформировалась более прогонистая, чем обычно, форма тела.

Итак, на отрезке времени жизни с 2004 по 2011 гг. направление динамики значений формы тела, вычисленных по совокупности значений десяти пластических признаков, в онтогенезе самок и самцов речного голяна в р. Утка в целом оставалось неизменным от года к году. За этот период времени были промерены 932 голяна с длиной тела от 3,01 см до 8,27 см в разных выборках, что отражает практически весь диапазон значений длины и видовой формы тела у молоди и половозрелых голянов, обитающих в р. Утка.

Отсутствие различий между  $F'_{i,k}$  и  $\hat{F}'_{i,2}$  в десяти случаях из одиннадцати парных сравнений выборок ( $\ln \hat{F}'_{i,2} - \ln F'_{i,k}$ ) убеждает нас в том, что ГП(2) и ГП(4), которым ранее присвоен статус вторых математических моделей динамики формы тела самок и самцов голяна в онтогенезе особей, несмотря на то, что значения их знаменателей  $q(F'_{i,2})$  вычислены по условно профильным данным типа (С) (см. табл. 1), пригодны описывать естественную динамику всего диапазона значений формы тела самок и самцов голяна, обитающих в р. Утка, если  $l_{i,2}$  модельной выборки ( $l_{i,2}; F'_{i,2}$ ) самок или  $l_{i,2}$  аналогичной выборки самцов трансформировать по ГП(1) или ГП(3) соответственно.

С другой стороны, ГП(2) и ГП(4) следует называть математическими моделями, которые отражают норму выраженности формы тела у разных по длине тела самок и самцов речного голяна в условиях верхнего течения р. Утка. Норма выраженности любого пластического признака, таким образом, в моем представлении есть его определенная величина у разных по длине тела особей вида, которая в конкретных условиях среды обитания особей воспроизводится и поддерживается в популяции вида от года к году «под контролем естественного отбора».

Термин «норма выраженности размера пластического признака» позаимствован у академика АН СССР С.С. Шварца при общении с ним автора статьи в первые годы работы в Институте экологии растений и животных в г. Свердловске (ныне г. Екатеринбург). Автор надеется на то, что по крайней мере в первом приближении ответил на вопрос С.С. Шварца: «Что представляет собой понятие «норма выраженности морфологического признака?»».

Акцентирую внимание читателя на сказанном выше. Геометрические прогрессии (1) и (2), (3) и (4) могут быть использованы для установления сходства и различий по форме тела самок и самцов речного голяна, обитающих в разных популяциях вида. Иллюстрация трансформации ( $l_{i,2}; F'_{i,2}$ ) на выборки ( $l_{i,k}; F'_{i,k}$ ) рыб разных лет отлова – основа метода проведения сравнительного анализа такого типа. Очевидно, что для достижения желаемого результата необходимо использовать только выборки значений ( $l_{i,2}; F'_{i,2}$ ), т.е. значения признаков модельных выборок самок и самцов речного голяна из р. Утка. При этом для оценки морфологической определенности формы тела голянов в той или другой популяции вида достаточно, как видим, примерно на одном отрезке времени календарного года отловить для анализа и промерить всего одну выборку половозрелых самок и аналогичную выборку самцов.

Ясно при этом, что для проведения сравнительного межпопуляционного анализа набор пластических признаков, призванных отражать форму тела рыб и других животных, может быть каким угодно, но всегда одинаковым по числу и составу признаков, значения которых, в свою очередь, должны быть представлены в однородных и одного масштаба единицах измерения. Для этого желательно, чтобы набор пластических признаков был оговорен предварительно на форуме научной общественности, хотя бы на уровне тематической научной лаборатории. Последнее позволит исключить неизбежное разнообразие в вариантах выбора признаков разными исследователями и тем самым предотвратит нестыковку результатов разных исследований видовой динамики формы тела животных, проведенных в разных частях ареала вида.

Таблица 1П

**Измеренные значения пластических признаков самок речного голяна  
из р. Утка в модельной выборке особей (2004 г.,  $n = 25$ ), см**

№ п/п	Признаки, см										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,01	0,6526	0,13	0,68	1,37	1,84	1,16	1,17	0,48	0,33	0,20
2	3,05	0,6542	0,14	0,66	1,37	1,90	1,24	1,15	0,49	0,36	0,16
3	3,05	0,6811	0,13	0,65	1,41	1,92	1,27	1,13	0,48	0,37	0,19
4	3,05	0,6840	0,16	0,70	1,45	1,90	1,20	1,15	0,50	0,32	0,19
5	3,06	0,6495	0,15	0,68	1,40	1,87	1,19	1,19	0,50	0,32	0,17
6	3,09	0,7159	0,13	0,66	1,48	1,98	1,32	1,11	0,47	0,37	0,18
7	3,09	0,6739	0,14	0,69	1,41	1,91	1,22	1,18	0,48	0,35	0,19
8	3,12	0,6604	0,15	0,69	1,48	1,94	1,25	1,18	0,46	0,32	0,18
9	3,13	0,6896	0,14	0,74	1,44	1,95	1,21	1,18	0,50	0,37	0,18
10	3,15	0,7230	0,18	0,73	1,50	2,00	1,27	1,15	0,48	0,39	0,22
11	3,19	0,7306	0,21	0,78	1,50	2,03	1,25	1,16	0,55	0,40	0,21
12	3,24	0,7708	0,19	0,75	1,49	2,00	1,25	1,24	0,52	0,44	0,22
13	3,28	0,7007	0,14	0,71	1,55	2,11	1,40	1,17	0,52	0,37	0,20
14	3,30	0,7368	0,14	0,72	1,49	2,06	1,34	1,24	0,53	0,35	0,21
15	3,31	0,7617	0,20	0,80	1,60	2,11	1,31	1,20	0,57	0,40	0,21
16	3,35	0,7489	0,18	0,79	1,55	2,07	1,28	1,28	0,59	0,39	0,22
17	3,36	0,7477	0,16	0,77	1,55	2,13	1,36	1,23	0,54	0,40	0,19
18	3,40	0,7405	0,14	0,77	1,53	2,11	1,34	1,29	0,55	0,31	0,22
19	3,41	0,7802	0,18	0,76	1,62	2,19	1,43	1,22	0,61	0,41	0,21
20	3,42	0,7249	0,20	0,78	1,59	2,15	1,37	1,24	0,52	0,36	0,20
21	3,45	0,8000	0,19	0,77	1,65	2,20	1,43	1,25	0,55	0,45	0,23
22	3,46	0,7835	0,16	0,77	1,62	2,21	1,44	1,25	0,59	0,42	0,23
23	3,46	0,7319	0,19	0,80	1,58	2,20	1,40	1,26	0,50	0,38	0,22
24	3,48	0,8330	0,17	0,76	1,65	2,24	1,48	1,24	0,63	0,47	0,25
25	3,48	0,7691	0,16	0,78	1,55	2,16	1,38	1,32	0,57	0,41	0,22

Примечание. 1 – длина тела промысловая, от кончика рыла до конца чешуйного покрова  $l$ ; 2 – условная масса тела  $Q$ ; 3 – длина рыла  $aO$ ; 4 – длина головы слева  $lC$ ; 5 – расстояние до брюшного плавника  $aV$ ; 6 – расстояние до анального плавника  $aA$ ; 7 – линейный размер брюшного отдела  $aA-lC$ ; 8 – длина хвостового стебля  $l-aA$ ; 9 – максимальная высота тела  $H$  в основании брюшного плавника; 10 – максимальная толщина тела  $B$ ; 11 – минимальная высота тела в шейке хвостового стебля  $h$ .

Условная масса тела самок голяна в табл. 1П и самцов голяна в табл. 2П представлена в сантиметрах; для перевода в граммы требуется любое табличное значение условной массы тела возвести в куб [1, 10].

Если значение условной массы тела  $Q$  (см) [10] животного или любого другого физического тела возвести в квадрат и умножить на число шесть, то получим площадь поверхности куба, равную  $6Q^2$ , с размерностью сантиметр в квадрате. Тогда  $\sqrt{6Q^2} = Q \sqrt{6}$  – сторона квадрата есть линейное выражение (в см) площади поверхности тела данного животного или любого другого физического тела и, следовательно, должна быть поименована как условная площадь поверхности. Видно, что условная площадь поверхности физического тела больше его условной массы в  $\sqrt{6}$  раз.

Таблица 2

**Измеренные значения пластических признаков самцов речного голяна  
из р. Утка в модельной выборке особей (2006 г., n=25), см**

№ п/п	Признаки, см										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	3,03	0,7034	0,17	0,76	1,44	1,96	1,20	1,07	0,49	0,38	0,21
2	3,04	0,6753	0,17	0,71	1,41	1,88	1,17	1,16	0,49	0,35	0,20
3	3,05	0,6724	0,16	0,70	1,41	1,90	1,20	1,15	0,46	0,35	0,20
4	3,05	0,6753	0,16	0,70	1,38	1,89	1,19	1,16	0,53	0,31	0,18
5	3,07	0,6840	0,14	0,70	1,41	1,94	1,24	1,13	0,47	0,37	0,20
6	3,10	0,6664	0,14	0,70	1,39	1,90	1,20	1,20	0,50	0,35	0,19
7	3,11	0,6790	0,16	0,71	1,38	1,99	1,27	1,12	0,50	0,34	0,19
8	3,14	0,6818	0,16	0,71	1,44	1,94	1,23	1,20	0,52	0,34	0,17
9	3,14	0,6581	0,19	0,75	1,47	1,94	1,19	1,20	0,49	0,34	0,18
10	3,16	0,6973	0,18	0,71	1,41	1,91	1,20	1,25	0,49	0,37	0,22
11	3,19	0,7133	0,13	0,71	1,47	2,01	1,30	1,18	0,52	0,37	0,19
12	3,20	0,6882	0,21	0,77	1,50	2,04	1,27	1,16	0,48	0,32	0,20
13	3,20	0,6952	0,15	0,70	1,45	1,96	1,26	1,24	0,49	0,34	0,21
14	3,20	0,7153	0,15	0,71	1,43	2,00	1,29	1,20	0,52	0,38	0,21
15	3,24	0,7054	0,16	0,71	1,44	2,01	1,30	1,23	0,51	0,35	0,21
16	3,27	0,7477	0,20	0,79	1,54	2,13	1,34	1,14	0,54	0,37	0,22
17	3,27	0,7635	0,14	0,73	1,47	2,05	1,32	1,22	0,58	0,41	0,23
18	3,28	0,6910	0,18	0,75	1,44	2,00	1,25	1,28	0,51	0,34	0,20
19	3,32	0,7606	0,14	0,79	1,49	2,08	1,29	1,24	0,55	0,40	0,23
20	3,34	0,7047	0,15	0,73	1,48	2,05	1,32	1,29	0,52	0,36	0,20
21	3,40	0,7140	0,18	0,77	1,49	2,08	1,31	1,32	0,55	0,34	0,21
22	3,44	0,7429	0,18	0,78	1,55	2,17	1,39	1,27	0,52	0,36	0,21
23	3,48	0,7797	0,17	0,79	1,51	2,15	1,36	1,33	0,59	0,39	0,23
24	3,49	0,8010	0,18	0,79	1,59	2,19	1,40	1,30	0,61	0,44	0,25
25	3,49	0,7312	0,19	0,81	1,54	2,15	1,34	1,34	0,52	0,33	0,22

Примечание. Цифровые обозначения пластических признаков самцов в данной таблице такие же, как у признаков самок в табл. 1П.

Модельные отношения между выборочной средней геометрической длиной тела и выборочными средними геометрическими значениями всех других признаков самок в модельной выборке особей. Цифровое обозначение признаков соответствует их словесному названию в таблице исходных данных самок.

$$\bar{1}/2 = 4.490178; \bar{1}/3 = 20.245796; \bar{1}/4 = 4.429446; \bar{1}/5 = 2.152074; \bar{1}/6 = 1.591035; \bar{1}/7 = 2.484595; \bar{1}/8 = 2.696056; \bar{1}/9 = 6.190219; \bar{1}/10 = 8.644018; \bar{1}/11 = 16.023801.$$

Модельные отношения между выборочной средней геометрической длиной тела и выборочными средними геометрическими значениями всех других признаков самок в модельной выборке особей:

$$\bar{1}/2 = 4.55344; \bar{1}/3 = 19.50431; \bar{1}/4 = 4.37071; \bar{1}/5 = 2.20851; \bar{1}/6 = 1.60542; \bar{1}/7 = 2.53828; \bar{1}/8 = 2.65375; \bar{1}/9 = 6.23960; \bar{1}/10 = 8.99674; \bar{1}/11 = 15.66007.$$

Расчет значений заменателя  $q$  геометрических прогрессий рядов средних геометрических значений  $\bar{x}_{i,k}, \bar{y}_{i,k}, \bar{F}_{i,k}$  самок речного голяна приведен в табл. 1 текста статьи. При  $n = 10$  в соотношении (3) [1] имеем:  $q(1) = 1.062719; q(2) = 1.068343; q(3) = 1.072548; q(4) = 1.057019; q(5) = 1.06086; q(6) = 1.063398; q(7) = 1.066595; q(8) = 1.061799; q(9) = 1.075972; q(10) = 1.074305; q(11) = 1.076099; q(\bar{F}_{i,k}) = 1.067672$  (первая модель);  $q(4) = 1.068449$  (обратные величины, см. текст);  $q(5) = 1.064583$  (обратные величины);  $q(8) = 1.063640$  (обратные величины);  $q(\bar{F}_{i,k}) = 1.069382$  (вторая модель,  $n = 10$ , по прямым и обратным величинам признакам).

Расчетные значения заменателей геометрических прогрессий  $q$  рядов средних геометрических значений признаков  $\bar{x}_{i,k}, \bar{y}_{i,k}, \bar{F}_{i,k}$  самок речного голяна, вычисленные для интервала средних значений длины тела от  $\bar{2}.88$  до  $\bar{6}.82$  см. При  $n=10$  в соотношении (3) [1] имеем:  $q(1) = 1.05552; q(2) = 1.06235; q(3) = 1.06155; q(4) = 1.05082; q(5) = 1.05132; q(6) = 1.05392; q(7) = 1.05566; q(8) = 1.05814; q(9) = 1.07267; q(10) = 1.06912; q(11) = 1.07333; q(\bar{F}_{i,k}) = 1.06086$  (первая модель);  $q(4) = 1.06023$  (обратные величины);  $q(5) = 1.05973$  (обратные величины);  $q(8) = 1.05711$  (обратные величины);  $q(\bar{F}_{i,k}) = 1.06297$  (вторая модель,  $n = 10$ , по прямым и обратным величинам признакам).

Видим, что пришло время создавать на базе Интернета банки первичных данных, состоящие из модельных выборок измеренных значений некоторого числа пластических признаков  $Y$  и длины тела  $X$  особей популяции конкретного вида животных, модельных отношений  $x_i / y_i$  значений признаков в модельных выборках, расчетных величин знаменателей геометрических прогрессий – моделей динамики значений длины тела  $X$ , отдельных признаков  $Y$  и формы тела  $F_i$  для самок и самцов из отдельных популяций вида.

Все перечисленные выше необходимые исходные данные для организации и проведения исследований по оценке динамики формы тела самок и самцов речного голяна в разных частях ареала вида помещены в приложении.

### Список литературы

1. Беляев В.И. Использование геометрической прогрессии  $y_i / x_i$  для оценки половых различий во внешнем облике животных (на примере рыб) // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2012. – Т. 25. – С. 23-35.
2. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. – М.: Наука, 1976. – 292 с.
3. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М., 1984. – 424 с.
4. Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н. Биометрия. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. – 264 с.
5. Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 408 с.
6. Беляев В.И. Степень соответствия экспоненциального и степенного уравнений для описания роста молоди карпа в длину // Количественные методы в экологии позвоночных. – Свердловск: УНЦАН СССР, 1983. – С. 127-133.
7. Бронштейн В.И., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М.: Гос. изд-во технико-теорет. лит-ры, 1953. – 608 с.
8. Беляев В.И. Оценка функциональных отношений биологических признаков животных в выборочных базах данных (на примере рыб) // Проблемы отдаленных эколого-генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв. – Екатеринбург, 2000. – С. 88-98.
9. Беляев В.И. Принцип связи двух переменных в алгоритмах оценки функциональных отношений биологических признаков животных (на примере рыб) // Сибирский эколог. ж. – 2001. – № 5. – С. 637-643.
10. Беляев В.И., Русанов В.В. Отражение статики и динамики формы тела животных при помощи модели двумерного изометрического виртуального облика (на примере рыб) // Вест. Тюменского гос. ун-та. – Тюмень. – 2005. – № 5. – С. 202-212.

**Сведения об авторе:** Беляев Владимир Иванович, e-mail: belyaevur@rambler.ru.

УДК 639.3 : 593.953

**Г.Г. Калинина, В.В. Евдокимов, И.В. Матросова**Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГАМЕТ И ИХ ПОТЕНЦИЙ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СВЕТОМ НА МОРСКОГО ЕЖА  
*STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS***

*Проведено исследование влияния монохроматического света на половой процесс серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в контролируемых условиях. Масса гонад морских ежей, объем ацинусов, рост и созревание гамет свидетельствовали о том, что красный и зеленый свет на фоне температурной стимуляции оказывает определенное воздействие на половой процесс морских ежей, причем его проявление на процессы оо- и сперматогенеза различно, красный свет стимулирует, а зеленый угнетает, что отражается на морфофункциональных показателях.*

**Ключевые слова:** морской еж, гаметы, свет, половой процесс.

**G.G. Kalinina, V.V. Evdokimov, I.V. Matrosova****MORPHOFUNCTIONAL ESTIMATE OF GAMETS AND THEM POTENTIONS  
WHEN INFLUENCE LIGHT ON THE GREY SEA URCHINS  
*STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS***

*Research of influence monochromatical light on the grey sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* sexual process in artificial conditions were conducted. Weight sea urchins gonad, volume of acinuses, growth and maturing of gametes, testified that red and green light, on a background of temperature stimulation, renders the certain influence on sexual process of sea urchins, and its display on processes oo-and spermatogenesis variously, red light stimulates, and green oppresses, that is reflected on morphofunctional parameters.*

**Key words:** sea urchin, gamets, light, sex process.

**Введение**

Исследования проводили на морском еже *Strongylocentrotus intermedius*. Мы использовали определенные зоны спектров света, исходя из анализа собственных данных [1]. Выбранный свет соответствует местам обитания морских ежей в естественных условиях (от 300 до 800 нм). Для определения морфофункциональной оценки гамет и их потенций у ежей мы использовали стандартные абсорбционные светофильтры: ЗС-2, который поглощает все спектры света, кроме зеленого (495-550 нм), и КС-11, который поглощает все спектры света, кроме красного (675-770 нм). Красный свет мы условно обозначаем 720 нм, зеленый свет – 520 нм.

**Объекты и методы исследований**

Эксперименты проводились с использованием метода температурной стимуляции [2]. Этот метод удобен для экспериментального изучения регуляторных механизмов роста и созревания гамет морских ежей при промышленном их воспроизводстве, так как позволяет в любое время года иметь в достаточном количестве зрелые гаметы, которые можно использовать для различных экспериментальных исследований, а также для получения спата в хозяйствах марикультуры. Он относится к современным мировым биотехнологиям в области марикультуры.

Метод стимуляции гаметогенеза морских ежей заключался в том, что в сжатые сроки в лабораторных условиях воспроизводился ход изменения температуры воды естественной среды. Рассчитывалась сумма градусодней, необходимая для созревания гамет у животных с учетом сезона года.

Весной гонадный индекс и объем половых клеток находятся в линейной зависимости от температуры воды:

$$T = 803 \cdot 10^{-7} \cdot V - 5,9; \quad T = 1,99 \cdot G - 29,15,$$

где  $T$  – температура;  $V$  – объем клеток;  $G$  – гонадный индекс.

С помощью формул зависимости величины гонадного индекса и размера половых клеток от суммы температур определяли количество градусодней, полученных морскими ежами в море и необходимых для созревания половых клеток в искусственных условиях. Для этого измеряли температуру воды в период взятия животных из моря. Сумму градусодней рассчитывали по формуле

$$D = d (t - t_0),$$

где  $D$  – сумма градусодней;  $d$  – время, сут;  $t$  – температура окружающей среды;  $t_0$  – критическая температура.

Стимуляция гаметогенеза морского ежа включала 3 периода:

1. Адаптация к искусственной среде при температуре, соответствующей температуре воды в море.
2. Адаптация гаметогенеза – сжатое воспроизведение естественного хода температур, при котором созревают гонады.
3. Завершение гаметогенеза с помощью устойчивых температур (зависит от уровня развития гонады).

Исходная температура в емкостях с производителями задавалась в зависимости от зрелости гонады и температуры воды в море в момент взятия морского ежа.

При активации гаметогенеза температуру воды доводили до 14-16 °С и поддерживали на таком уровне три недели. Далее температуру поднимали до нерестовой (18-21 °С).

Период завершения гаметогенеза составлял 7 сут.

Эксперименты проводили в весенний период, когда ежи находились на стадии пролиферации – первая стадия, в течение трех лет. Всего поставлено 6 опытов, в которых исследовано 1440 серых морских ежей.

Морских ежей размером 60-80 мм отлавливали в море, перевозили в лабораторию и помещали в аквариумы с той же температурой воды, что и в естественных условиях, для прохождения адаптации. В воде с этой температурой ежей выдерживали 1-2 сут, после чего производили медленное повышение температуры на 1-2 °С. Время, в течение которого животные находились при заданной температуре, зависело от их состояния. Если ежи интенсивно работали амбулакральными ножками, активно передвигались, имели упругие иглы, значит, адаптация происходила успешно, и температуру повышали, если этого не наблюдалось, температуру оставляли прежней. После адаптации животных помещали в опыт.

В аквариумы помещалось по 30 животных. Три аквариума были полностью затемнены, в два из них подавался свет определенного спектра. Третий оставался затемненным и служил контролем для определения воздействия тепловых лучей. Один аквариум оставался незатемненным.

В незатемненном аквариуме животные подвергались температурной стимуляции при освещении белым светом, это мы принимали за контроль. В первом, затемненном аква-

риуме, ежей на фоне температурной стимуляции подвергали воздействию светом с длиной волны 720 нм, применяя светофильтр марки «КС-11». Во втором, затемненном аквариуме, животных на фоне температурной стимуляции освещали светом с длиной волны 520 нм, используя для этого светофильтр марки «ЗС-2». В третьем, затемненном аквариуме, ежи находились без освещения, только под воздействием температурной стимуляции.

Для исключения влияния ультрафиолетового света животных содержали в стеклянных аквариумах, поскольку стекло не пропускает ультрафиолетовый свет.

Воздействие тепловых волн мы пытались анализировать, используя для этой цели затемненные аквариумы, где содержали животных при постоянной температуре воды.

На протяжении всего эксперимента источником света в аквариумах, где анализировался красный и зеленый свет, была электрическая лампа (25 Вт), освещенность достигалась с помощью электронного реле регулятора (ЭРМ) и составляла 20 лк. Нужную температуру во всех аквариумах устанавливали по контактному электротермометру и поддерживали с помощью реле регулятора автоматически. Аэрацию воды производили посредством микрокомпрессоров МК-1. В качестве корма использовали водоросли: ламинария японская *Laminaria japonica*, ульва фенестрата *Ulva fenestrata*, тихокарпус косматый *Tichocarpus crinitus*, грацилярия бородавчатая *Gracilaria verrucosa*. Водоросли подавали ежам в равных количествах во все аквариумы одновременно.

Опыты по выявлению воздействия света на репродуктивный процесс морских ежей на фоне температурной стимуляции проводили параллельно с опытами без температурной стимуляции для определения только светового влияния. Для этого морских ежей помещали в аналогичные условия в такие же аквариумы и содержали при постоянной температуре воды, адекватной той, что и в естественных условиях моря в этот весенний период.

Стадии развития гонады морского ежа определяли по шкале, предложенной Ю.С. Хотимченко с соавторами [3].

Перед помещением животных в эксперимент для исследования использовали гонады от 10 самок и 10 самцов, при промежуточных наблюдениях из каждого аквариума брали по 5 особей обоего пола, оставшихся животных вскрывали в конце эксперимента. В начале опыта, на промежуточном этапе (через 15 сут после начала эксперимента), и в конце опыта (через 30 сут) у ежей определяли тургор, цвет и массу гонад, после чего для микроскопического изучения из половой железы вырезали кусочки ткани размером 5x5 мм, которые фиксировали в жидкости Буэна и 10%-м растворе нейтрального формалина. По общепринятой гистологической методике полученный материал заливали в парафин [4]. Срезы толщиной 7 мкм окрашивали железным гематоксилином и гематоксилином Эрлиха с докраской 0,5%-м раствором эозина. Для оценки состояния гонад определяли средний объем ацинусов, половых клеток, их ядер и ядрышек по формуле эллипсоида:  $V = \pi/6 \times A \times B^2$ , где  $A$  – большой,  $B$  – малый диаметры.

Качественные изменения в гонадах самок определяли по наличию в ацинусах половых клеток различных стадий развития. Для этого все половые клетки были разделены на пристеночные, свободнолежащие ооциты и половые клетки, готовые к вымету.

У самцов выделяли зоны размножения, роста, формирования и зону, незанятую половыми клетками. Используются критерии достоверности различий при уровне значимости  $P = 0,01$ . Все полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики [5].

В конце эксперимента определяли плодовитость у морских ежей по методу С.Н. Яковлева [6]. Для подсчета яйцеклеток у самок после измерения диаметра панциря целиком удаляли яичники, определяли их объем в мерном цилиндре с морской водой и фильтровали через газ. Полученную суспензию, состоящую почти целиком из гамет, доводили до 100 мл и под биноклем в камере Богорова подсчитывали количество яйцеклеток, содержащихся в 1 мл конечной суспензии. Затем определяли общее количество яйцеклеток, содержащихся в яичниках одной самки.

С помощью эмбриональных экспериментов определяли полноценность полученных гамет. Для того чтобы судить, насколько потенции гамет животных отличаются при формировании в гонадах морских ежей после воздействия на животных красным и зеленым светом, мы прослеживали ранний онтогенез, ориентируясь на стадии развития. Определяли наступление стадий развития, закладку органов, долю аномалий. Развитие ежей прослеживали до плутеуса I стадии.

Изучение раннего онтогенеза морского ежа проводили следующим образом. Половые продукты от половозрелых морских ежей получали у самок введением в перивисцеральную полость 0,5 мл 0,5 М раствора KCl. У самцов железу извлекали из перивисцеральной полости в чашку Петри; концентрированную сперму забирали микропипеткой. Осеменивание проводили в следующем порядке. Яйца, суспензированные в морской воде, оседали, затем большая часть воды сливалась. Каплю «сухой» спермы разводили 5 мл морской воды. Разбавленную сперму смешивали с яйцеклетками. Через 1-2 мин суспензию разбавляли в 15 раз морской водой и после оседания яйцеклеток воду заменяли новой. Дополнительно зиготы промывали два раза свежей морской водой.

Осеменивание яйцеклеток и последующую инкубацию зародышей проводили при температуре 19 °С. Развитие зигот до плутеуса I стадии происходило в морской воде, профильтрованной через бумажный фильтр.

В процессе опытов морская вода имела следующие показатели: рН 8,4-7,95; концентрация кислорода 12,4-9,9 мг/л; соленость 33-30‰.

Полученные гистологические препараты изучались и фотографировались в проходящем свете при различном увеличении (9 x 10, 8 x 20, 8 x 40, 9 x 100) на микроскопе «Olympus» ВНТ с использованием Olympus Photomicrographic System Model PM-10 AD и цифровой фотокамеры «Digital camera» C-2020 ZOOM.

Математическую обработку данных, полученных в результате исследований, проводили на персональном компьютере IBM PC/AT с использованием электронных таблиц Microsoft Excel.

## Результаты

В результате проведенных исследований нами было установлено воздействие света с длиной волны 720 нм и 520 нм на половой процесс морских ежей. Изучение воздействия света при постоянной температуре +4 °С позволило установить, что свет 720 нм положительно действует на репродуктивный процесс. Это выражается в нарастании массы гонады на  $2,0 \pm 0,3$  г, увеличении числа пристеночных ооцитов на 20 % и свободнолежащих ооцитов вдвое в сравнении с контролем. Свет с длиной волны 520 нм оказывает негативное воздействие на гонадогенез морских ежей. Это выражается в уменьшении объема ацинусов в 1,5 раза, в уменьшении сперматоцитов на 10 % в сравнении с контролем.

На фоне температурной стимуляции отмечается, что исследуемые длины волн оказывают различное воздействие на половые железы морских ежей в соответствии с законом Вант-Гоффа-Аррениуса, т.е. скорость ферментативных реакций при повышении температуры на 1 °С возрастает на 9,6 %, что соответствует  $Q_{10} = 2$ .

Критерием оценки нормального развития репродуктивных органов морских ежей при световой стимуляции являлись изменения массы гонады, размер ацинусов и количество в них клеточных элементов. Их удобно сопоставить с соответствующими параметрами гонад животных, обитающих в естественных условиях.

### *Масса гонад*

Средняя масса зрелой гонады у морского ежа  $25,0 \pm 0,5$  г. При воздействии светом 720 нм на фоне температурной стимуляции происходит закономерное увеличение массы на ста-

тистически достоверную величину. Нарастание массы гонад у животных зависит от длительности температурной стимуляции, от ее исходного состояния и влияния световой волны.

### ***Размеры ацинусов***

У животных вместе с массой гонад в ходе экспериментов увеличиваются объемы ацинусов. Они при световом воздействии на фоне температурной стимуляции изменяются на статистически достоверную величину ( $P < 0,001$ ).

### ***Рост ооцитов и изменение клеточного состава гонад***

Для того чтобы судить о качественных изменениях в гонаде самок, исследовались следующие гаметы.

Пристеночные ооциты – это клетки, преобладающие в начале опыта. В ходе эксперимента число их уменьшается и резко сокращается в конце опыта.

Число свободнолежащих ооцитов увеличивается в ходе опытов. Часть их в ходе экспериментов подвергается резорбции с образованием трофического субстрата, т.е. наблюдается то же, что происходит и в процессе естественного гаметогенеза. Разница заключается в том, что резорбция выросших клеток при воздействии красным и зеленым светом на фоне температурной стимуляции регистрируется на коротком отрезке времени и носит более выраженный характер. Число свободнолежащих ооцитов заметно увеличивается на промежуточных этапах и сокращается к концу опытов.

В конце опытов преобладают зрелые яйцеклетки. Наглядным показателем прогрессирующего развития гонады следует считать закономерное увеличение средних объемов клеток, постоянство ядерно-плазменных, ядрышко-ядерных отношений на протяжении роста ооцитов и уменьшение ядерно-плазменного коэффициента в зрелых яйцеклетках.

### ***Изменение клеточного состава в ацинусах самцов***

При сперматогенезе у морского ежа дифференцировка гамет в ацинусах идет от периферии к центру. На базальной мембране располагаются сперматогонии, образуя зону размножения. За зоной размножения располагается зона роста, которая представлена сперматоцитами I и II порядка. Далее в центре ацинусов сперматиды и спермии образуют зону формирования. Зрелость железы определяется двумя показателями: величиной зоны формирования и плотностью распределения в них клеточных элементов. В процессе светового воздействия на фоне температурной стимуляции происходит активация сперматогенеза. Прежде всего, заметно расширяется зона роста и формирования, к концу опытов зрелость гонад увеличивается. При этом следует отметить, что животные, содержащиеся под воздействием света с длиной волны 520 нм, в конце опытов не содержат выраженной зоны формирования.

Таким образом, масса гонад морских ежей, объем ацинусов, рост и созревание гамет свидетельствуют о том, что красный и зеленый свет на фоне температурной стимуляции оказывает определенное воздействие на половой процесс морских ежей, причем его проявление на процессы оо- и сперматогенеза различно, красный свет стимулирует, а зеленый угнетает, что отражается на морфофункциональных показателях.

Проведенные исследования по определению плодовитости у морских ежей, находящихся под воздействием монохроматического света на фоне температурной стимуляции, преследовали одну цель: показать, влияет ли свет определенной длины волны на формирование гамет. Для решения поставленной задачи определяли плодовитость у самок морских ежей на преднерестовой стадии.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наименьшая плодовитость –  $23,0 \pm 1,7$  млн яйцеклеток – у ежей из опыта, где животные содержались под воздействием зеленого света, наибольшая –  $30,1 \pm 1,9$  млн яйцеклеток - при освещении ежей красным светом.

### **Эмбриологические наблюдения**

В процессе экспериментальных исследований установлено, что гаметы, полученные у ежей после содержания их под воздействием красного и зеленого света, обладают различной потенциальной возможностью. Это выражается в выживаемости эмбрионов в процессе прослеженного раннего онтогенеза. Минимальная доля отклонений от нормального развития (8 %) наблюдается у эмбрионов из гамет, полученных от ежей, содержавшихся при освещении светом длиной волны 720 нм. Максимальная доля аномалий (30 %) в ходе раннего онтогенеза у животных при воздействии на них светом 520 нм. Все это свидетельствует о том, что потенции гамет у морских ежей, сформировавшиеся под воздействием красного света, реализуются у организмов наиболее полно.

### **Заключение**

Проведенные экспериментальные исследования на морских ежах позволили установить, что в процессе светового воздействия на фоне температурной стимуляции у них происходит достоверное увеличение веса гонады, размеров ацинусов, созревание половых гамет, т.е. наблюдается комплекс прогрессивных формативных изменений.

Учитывая ведущее значение женского гонадогенеза, в первую очередь необходимо было доказать полноценность «искусственно полученных» яйцеклеток. Для этого использовались цитологические, морфометрические и эмбриологические методы исследования. При эмбриологических методах определялась равная потентность как яиц, так и спермиев.

Наглядным показателем нормального развития яйцеклеток следует считать закономерное увеличение их средних объемов, постоянство ядерно-плазменных отношений на протяжении роста ооцитов и резкое уменьшение этого показателя после редукционных делений в зрелых яйцеклетках.

Большую роль в плане доказательства полноценности полученных гамет играет эмбриологический метод. Поэтому каждый опыт заканчивался оплодотворением половых клеток и изучением раннего онтогенеза морских ежей вплоть до образования малого плутеуса. Во всех наблюдениях оплодотворение происходило одновременно, дробление начиналось с закладки меридиональных борозд, характеризовалось равномерностью и синхронностью. В результате дробления формировались бластула, гастрюла, призма, плутеус. Отклонений от нормального развития наблюдалось не более чем при изучении дробящихся клеток, созревающих в естественных условиях.

Таким образом, морфологическое, морфометрическое и эмбриологическое изучение половых клеток, полученных в эксперименте со световой стимуляцией, доказывает их равноценность с яйцеклетками, сформированными в естественных условиях. Следует отметить, что исследуемые длины волн оказывают различное воздействие на половые железы морских ежей.

Полученные нами данные указывают на то, что свет не только определенным образом действует на репродуктивный процесс морского ежа, но его воздействие на процессы оо- и сперматогенеза различно.

Свет с длиной волны 720 нм активизирует развитие гонад. Об этом свидетельствуют увеличение таких показателей, как масса гонад, число половых клеток в ацинусах. У ежей увеличивается плодовитость, повышается жизнестойкость эмбрионов. Полученные нами результаты согласуются с литературными данными других авторов, отмечающих положительное действие тепловых лучей на развитие организма [7, 8].

Свет с длиной волны 520 нм тормозит развитие гонад морских ежей, т.е. снижает содержание оогониев и сперматогониев, но при этом не нарушается структура клеток.

Световые сигналы поступают в клетки морских ежей через сложный сенсорно-секреторный комплекс, находящийся на поверхности подий и иридофоры морских ежей, и служат, по-видимому, рефлектором кожных фоторецепторов [9]. Посредником между световым воздействием из окружающей среды и половым процессом морских ежей является нервная система. Ее нейроны секретируют разнообразные биологически активные вещества (биогенные моноамины, нейропептиды), которые доставляются к гонаде гуморальным путем и аксональным транспортом. Мешенью для нейропептидов считаются вспомогательные (фоликулярные) клетки, способные продуцировать стероидные гормоны [3].

Половые стероидные гормоны в семенниках ежей ускоряют пролиферацию гониев, созревание сперматоцитов II, формирование сперматид и спермиев, а в яичниках - пролиферацию гониев, цито- и трофоплазматический рост за счет активации синтетических процессов как в половой железе, так и в самом ооците.

Мы полагаем, что свет 720 нм, по всей видимости, активизирует выработку стероидных гормонов, поскольку в наших опытах отмечается увеличение аналогичных параметров половой железы. В сравнении с контролем: масса гонады больше на  $2,0 \pm 0,3$  г, количество пристеночных ооцитов - на 4 %, свободнолежащих ооцитов - на 50 %, зрелых гамет - на 8 %.

В семенниках количество сперматоцитов почти вдвое больше, чем в контроле, а зона формирования полностью занимает ацинус.

Плодовитость в опытах при освещении светом 720 нм увеличивается на  $3,0 \pm 0,2$  млн в сравнении с контролем. Действие красного и зеленого света на жизнедеятельность морских ежей в конечном итоге отражается на жизнестойкости эмбрионов, которые развиваются из гамет, обладающих различной потенциальной возможностью. Это объясняется, по всей видимости, тем, что согласно литературным данным [3] формирующиеся в ооците пептидергическая и стероидергическая системы сохраняются после его созревания и начинают функционировать в раннем эмбриогенезе, осуществляя регуляцию развития.

Совершенно очевидно, что исследование размножения морских ежей, при воздействии на них определенными световыми волнами в комплексе с другими экологическими факторами, важно для изучения морфофункциональной оценки гамет и продукционных возможностей этих животных при воспроизводстве их в искусственных и естественных условиях.

Проведенные нами исследования позволяют ответить на вопрос, который стоит перед морскими хозяйствами и от правильного ответа на который зависит успешное развитие прибрежного рыболовства. Для мореводов необходимо знать, какая стадия жизненного цикла промыслового объекта (в данном случае морского ежа) лимитирует формирование запасов и какие мероприятия при этом следует проводить. Согласно литературным данным [7, 8] основными лимитирующими факторами являются: 1) развитие гонад; 2) гибель личинок; 3) выживаемость молоди. Мы считаем, что первый фактор является основополагающим, т.е. количество полноценных гамет, формирующихся у морских ежей, в значительной мере определяет успешное развитие прибрежного рыболовства. Проведенное нами исследование позволяет рекомендовать получение в контролируемых условиях жизнестойкой молоди из гамет морских ежей, которые на фоне температурной стимуляции подвергаются воздействию светом 720 нм. Полученная молодь из гамет от производителей, подвергшихся воздействию красным светом на фоне температурной стимуляции, обладающая повышенной жизнестойкостью, в дальнейшем может выращиваться с применением различных биотехнологий при донном и садковом воспроизводстве в морских хозяйствах.

### Список литературы

1. Калинина Г.Г., Евдокимов В.В., Матросова И.В. Влияние монохроматического света на половой процесс серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы II Междунар. науч.-техн. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012.
2. Евдокимов В.В., Бирюкова И.В., Евдокимов А.В. Воздействие света с различной длиной волны на гаметогенез черного морского ежа (*Strongylocentrotus nudus*) // Морфология. – 2001. – Т. 120, № 6. – С. 75-79.
3. Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих. – М.: Наука, 1993. – 168 с.
4. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии с гистологической техникой. – М.: Медицина, 1989.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 184 с.
6. Яковлев С.Н. Плодовитость морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* и методы ее оценки // Биол. моря. – 1987. – № 5. – С. 46-52.
7. Евдокимов В.В. Изучение размножения морских ежей в условиях марикультуры в ТИНРО-Центре // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 141. – С. 284-295.
8. Константинов А.С., Пушкарь В.Я., Аверьянова О.В. Влияние колебаний абиотических факторов на метаболизм некоторых гидробионтов // Изв. АН. Сер. биол. – 2003. – № 6. – С. 728-734.
9. Deridovich I.I., Motavkin P.A., Evdokimov V.V. et al. Marine biotechnology. Vol. 1. Endocrinology and Reproduction. New Delhi; Calcutta: Oxford & IBN Publishing Co. PVT. LTD, 1998. P. 1-78.

**Сведения об авторах:** Калинина Галина Георгиевна, кандидат биологических наук, профессор;

Евдокимов Владимир Васильевич, доктор биологических наук, профессор,  
e-mail:evdokimov@tinro.ru;

Матросова Инга Владимировна, кандидат биологических наук, доцент,  
e-mail:ingam@rbcmail.ru.

УДК 594.524.11

**И.М. Мирабдуллаев<sup>1</sup>, А.Р. Кузметов<sup>2</sup>, Р.С. Уразова<sup>3</sup>, Х.Х. Абдиназаров<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Институт зоологии АН Республики Узбекистан,  
100095, г. Ташкент, ул. А. Ниязова, д. 1<sup>2</sup>Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,  
100174, г. Ташкент, Вузгородок НУУ<sup>3</sup>Самаркандский государственный университет им. Алишера Навои,  
140104, Университетский бул., д. 15<sup>4</sup>Кокандский государственный педагогический институт им. Муками,  
г. Коканд, ул. Истамбул, д. 23**ЦИКЛОПЫ ПОДСЕМЕЙСТВА *CYCLOPINAЕ* (*CRUSTACEA*, *COPEPODA*)  
ФАУНЫ УЗБЕКИСТАНА**

*Впервые разработаны определительные таблицы и даны краткие описания видов циклопов родов *Apocyclops*, *Metacyclops*, *Microcyclops*, *Cryptocyclops* фауны Узбекистана.*

**Ключевые слова:** *циклопы, подсемейство *Cyclopinae*, Узбекистан, определительные таблицы.*

**I.M. Mirabdullaev, A.R. Kuzmetov, R.S. Urazova, H.H. Abdinazarov  
CYCLOPINAЕ (*CRUSTACEA*, *COPEPODA*) OF UZBEKISTAN: GENERA  
*METACYCLOPS*, *APOCYCLOPS*, *MICROCYCLOPS* AND *CRYPTOCYCLOPS***

*Determinative keys and short descriptions of species of genera *Apocyclops*, *Metacyclops*, *Microcyclops*, *Cryptocyclops* of the fauna of Uzbekistan have been developed for the first time.*

**Key words:** *cyclops, subfamily *Cyclopinae*, Republik of Uzbekistan, determinative keys.*

Одной из актуальных проблем в Узбекистане является эффективный мониторинг экосистем, в том числе водных. Важным компонентом водных экосистем являются веслоногие ракообразные циклопы. Циклопы обитают практически во всех типах водных экосистем, входят в состав планктона, бентоса, перифитона, нейстона, населяют различные биотопы, в том числе грунтовые воды. Значение циклопов в водоемах определяется их значительной численностью и многообразием связей с другими элементами экосистем.

Видовая диагностика циклопов Центральной Азии представляет большую проблему, поскольку имеющиеся определительные руководства либо сильно устарели, либо относятся к другим регионам, что тормозит прогресс в гидробиологических исследованиях. Ниже мы приводим определительные ключи видов родов *Apocyclops*, *Metacyclops*, *Microcyclops* и *Cryptocyclops*. Данная работа продолжает предшествующие публикации по определению циклопов Узбекистана (Мирабдуллаев и др., 2009, 2011), является первой в Узбекистане и Центральной Азии в целом и будет полезна в процессе обучения студентов вузов.

**Род *Apocyclops* (Lindberg, 1942)**

*Apocyclops dengizicus* (Lepeschkin, 1900) – единственный представитель рода в Узбекистане, обитатель соленых водоемов. Длина тела 950-1350 мкм. Последний абдоминальный сегмент и фуркальные ветви несут короткие ряды небольших шипиков. Задняя сторона последнего абдоминального сегмента с группами небольших зубчиков на его вентральной стороне. *L/W* фурки 5-8. Антеннулы 11-членистые. Третий членик антенны несет 10 щетинок. Соединительная пластинка *P4* с 4 рядами шипиков. Внутренняя сторона базиподита *P4* без сетул. Широкий свободный членик *P5* со сравнительно коротким внутренним шипом и длинной внешней щетинкой.

**Род *Metacyclops* (Kiefer, 1927)**

*Metacyclops minutus* (Claus, 1863) – единственный представитель рода в Узбекистане, обитатель мелких и временных водоемов. Длина тела 765-980 мкм. *L/W* фурки 3,0-4,5. *Ti* в 1,6-2,0 раза короче *Te*. Антеннулы 11-членистые, короткие. Базиподит *P1* без внутренней щетинки. Базальный членик *P5* слит с торакальным сегментом и несет мощную длинную щетинку, свободный членик с длинной апикальной щетинкой и внутренним субапикальным шипом.

**Род *Microcyclops* (Claus, 1893)**

*Microcyclops rechtyae* (Lindberg, 1960). Длина тела 740-900 мкм. Задний край анального сомита несет ряд спикул одинакового размера на вентральной, латеральной и дорзальной сторонах. *L/W* фурки 3,6-4,3. Основания *Me* без вооружения, *Te* – со спикулами. Антеннулы 12-члениковые. Внутренняя когтевидная щетинка максилл несет 2-3 крепких шипа на внутреннем крае (табл. 1).

*Microcyclops pachyspina* (Lindberg, 1937). Длина тела 700-930 мкм. Шипики заднего края последнего абдоменального сегмента одинакового размера. *L/W* фурки 3,1-3,8. Антеннулы 12-члениковые. Третий членик эндоподита антенн несет 6 щетинок. Соединительные пластинки *P1-P4* без орнамента. Внутренние края базиподитов *P1-P3* несут сетулы, края *P4* несут короткие шипики. Внутренний шип *Enp2P4* почти вдвое короче членика и в 1,5-2,0 раза длиннее внешнего шипа.

*Microcyclops rubellus* (Lilljeborg, 1901). Длина тела 550-750 мкм. Анальный сегмент несет по 9-12 крупных шипиков по заднему вентральному краю и по 5-6 крошечных шипиков латерально. Длина фуркальных ветвей в 2,8-3,3 раза больше их ширины. Внутренний шип *Enp2P4* в 1,5 раза длиннее внешнего и почти вдвое короче длины самого членика. Внутренние края базиподитов *P4* несут сетулы.

*Microcyclops karvei* (Kiefer et Moorthy, 1935). Длина тела 690-775 мкм. Каудальный край анального сегмента со многими шипиками одинакового размера. *L/W* фурки 2,7-3,2. Основания *Te* и *Me* с шипиками. Третий членик антенн несет 6, редко 7 щетинок. Внутренние края базиподитов *P1-P4* несут сетулы. Внутренний шип *P4Enp2* в 1,7-2,0 раза длиннее внешнего шипа.

*Microcyclops afghanicus* (Lindberg, 1948). Известен из Афганистана, Казахстана, Монголии, возможны находки в Узбекистане.

Таблица 1

**Ключ для определения видов рода *Microcyclops* фауны Центральной Азии**

Table 1

**The determinative keys of species of genera *Microcyclops* in Central Asia**

№ п/п	Признаки	Виды
1	Соединительная пластинка <i>P4</i> с разорванным рядом тонких длинных шипиков, внутренний край базиса <i>P4</i> несет короткие толстые спикулы, <i>3A2</i> несет 8-9 щетинок	<i>M. rechtyae</i>
	Соединительные пластинки без орнамента	2
2	Внутренние края базисов <i>P4</i> несут короткие толстые спикулы; <i>3A2</i> несет 6 щетинок; внутренний апикальный шип <i>Enp2P4</i> толстый	<i>M. pachyspina</i>
–	Внутренние края базисов <i>P4</i> несут сетулы; внутренний апикальный шип <i>Enp2P4</i> тонкий	3
3	Антеннулы 9-10-членистые; <i>3A2</i> несет 6-7 щетинок	<i>M. karvei</i>
	Антеннулы 11-членистые; <i>3A2</i> несет 7 щетинок	<i>M. afghanicus</i>
	Антеннулы 12-членистые; <i>3A2</i> несет 8-9 щетинок	<i>M. rubellus</i>

Род *Cryptocyclops* (Sars, 1927)

*Cryptocyclops cf. linjanticus* (Kiefer, 1928). Длина тела 600-775 мкм. Длина фуркальных ветвей в 2,7-3,5 раза больше их ширины. Антеннулы 11-членистые, короткие. Соединительные пластинки плавательных ног голые. Внутренние края базисов *P3-P4* несут шипики. Соединительная пластинка *P4* широкая и короткая. Коксоподит *P4* с короткой щетинкой на внутреннем дистальном углу. Длина *Enp2P4* в 2,2-2,4 превышает его ширину. Внутренний апикальный шип *Enp2P4* в 2,9-4,3 раза длиннее наружного шипа (табл. 2).

*Cryptocyclops bicolor* (Sars, 1863). Длина тела 550-800 мкм. Длина фуркальных ветвей в 3,3-4,7 раза больше их ширины. В остальном строение аналогично предыдущему виду.

Таблица 2

Ключ для определения видов рода *Cryptocyclops* фауны Центральной Азии

Table 2

The determinative keys of species of genera *Cryptocyclops* in Central Asia

Признаки	Виды
Длина апикального шипа последнего членика экзоподита <i>P3</i> составляет менее 0,60 длины членика	<i>C. cf. linjanticus</i>
Длина апикального шипа последнего членика экзоподита <i>P3</i> составляет более 0,65 длины членика	<i>C. bicolor</i>

## Список литературы

1. Мирабдуллаев И.М., Абдурахимова А.Н., Уразова Р.С. Циклопы подсемейств *Halicyclopinae* и *Eucyclopinae* (*Crustacea, Copepoda, Cyclopoida*) фауны Узбекистана // Актуальные проблемы современной зоологии. – Ташкент, 2009. – С. 36-39.

2. Мирабдуллаев И.М., Абдурахимова А.Н., Уразова Р.С. Циклопы подсемейства *Cyclopinae* (*Crustacea, Copepoda, Cyclopoida*) фауны Узбекистана. 1. Роды *Cyclops*, *Diacyclops*, *Acanthocyclops*, *Megacyclops* // Актуальные проблемы изучения и сохранения животного мира Узбекистана. – Ташкент, 2011. – С. 63-65.

**Сведения об авторах:** Мирабдуллаев Искандер Мирбатирович, доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом водной зоологии, e-mail: iskandar@tps.uz;

Кузметов Абдулахмет Раимбердиевич, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: kuzmetov6108@rambler.ru;

Уразова Р.С., ассистент;

Абдиназаров Х.Х., ассистент.

УДК 639.2.053.7

**С.Ю. Синельников, И.Н. Марин**Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
107140, 119019, г. Москва, Ленинский проспект, 33**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ФАУНЫ ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ РОССИИ  
КАК ОДНОГО ИЗ ОСНОВНЫХ МОРСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

*Процессы вселения видов и изменения их ареалов происходят во всех морях России и требуют особого изучения, так как современное состояние региональных фаун имеет высокое теоретическое и хозяйственное значение. В рамках работ по грантам Президента МК 7747.2010.4 и МК-1235.2012.4 нами была проведена ревизия состава региональных фаун морей России. Было установлено, что за последние годы ряд видов десятиногих ракообразных существенно сдвинули границы своих ареалов на север в Японском море и часть видов из Приморья были вселены в Черное море и Понто-Каспийский бассейн, возможно, с балластными водами транспортных судов.*

**Ключевые слова:** фауна, десятиногие ракообразные, биологические ресурсы.

**S.Yu. Sinelnikov, I.N. Marin****DECAPODS FAUNA INVENTORY IN RUSSIA  
AS ONE OF THE MAIN MARINE BIOLOGICAL RESOURCES**

*The processes of species invasion and habitat changes occur in all seas of Russia and require specific investigation, since the current state of regional faunas is of a high theoretical and economic importance. Within the scope of President Grants no. MK 7747.2010.4 and no. MK-1235.2012.4 we have checked out regional faunas composition in the seas of Russia. It was determined that the number of decapods species have recently relocated their habitat to the north of Japan Sea and some species were inhabited into the Black Sea and Ponto-Caspian basin probably together with ballast water of transport vessels.*

**Key words:** fauna, decapods, biological resources.

**Введение**

В течение последних трех десятилетий зарегистрированы активные процессы расселения видов и изменения состава региональных фаун многих животных, включая морских беспозвоночных. Во многих регионах эти процессы носят массовый характер и угрожают нативным морским экосистемам. Среди морских беспозвоночных десятиногие ракообразные являются крупными хищниками, порой видами-эдификаторами, обладают значительным расселительным потенциалом и являются одним из примеров видов-вселенцев. Наиболее яркие примеры – это вселение камчатского краба *Paralithodes camtchaticus* в Баренцево море, активная миграция китайского мохнаторукого краба *Eriocheir sinensis* в окраинные моря (Каспийское, Черное, Балтийское и Японское) и вселение пресноводных хищных креветок рода *Macrobrachium* в Понто-Каспийский бассейн. Всего за последние годы в морях России зарегистрировано более 30 ранее неотмечаемых видов десятиногих ракообразных, специально или случайно интродуцированных из других акваторий.

Общее число ныне живущих десятиногих ракообразных свыше 12700 видов, что приблизительно в полтора раза больше всех видов птиц и в 3 раза больше, чем амфибий. Десятиногие ракообразные распространены чрезвычайно широко, населяя все моря и океаны от Арктики и до Антарктиды, от уреза воды до абиссальных глубин. Тем не менее подавляющее большинство десятиногих ракообразных обитает в области морского мелководья, особенно велико их разнообразие в тропиках. На данный момент в фауне России отмечено более 260 видов десятиногих ракообразных, распределенных по 11 морям, относящимся к

разным биогеографическим зонам. Эти ракообразные являются важными компонентами всех морских экосистем от литорали до батимальных глубин, и их разнообразие отражает многие экологические параметры морских сообществ.

Благодаря хозяйственной деятельности человека и естественным колебаниям границ ареалов состав региональных фаун многих морей России существенно изменился за последние 50-70 лет. Изучение регионального разнообразия десятиногих ракообразных с применением современных методов позволят провести ревизию и инвентаризацию современного состояния региональных фаун. Анализ экологии и ареалов распространения отдельных видов позволит предложить рекомендации по сохранению разнообразия нативной фауны этих животных в фауне России и выработать меры, препятствующие распространению видов-вселенцев. Наибольшее внимание региональному разнообразию декапод фауны России уделялось в 30-50-х гг. XX в., что привело к созданию ряда полезных хорошо иллюстрируемых изданий. Тогда были опубликованы региональные и общие фаунистические работы, позволяющие быстро идентифицировать собранных животных в любом регионе в пределах фауны бывшего СССР. Однако на данный момент большая часть этих работ существенно устарела по ряду причин, перечисленных ниже. Стоит отметить, что с тех пор подготовлено лишь две обзорные работы по биоразнообразию десятиногих ракообразных российского Севера [1, 2] – обе являются кандидатскими диссертациями, доступными только специалистам. В 2004 г. опубликован список десятиногих ракообразных Украины [3], где отмечены виды, обитающие в Черном море. Большая часть современных публикаций посвящена биологии отдельных промысловых видов, тогда как о разнообразии и биологии остальных видов можно судить только по отрывочным данным, которые не дают представления о региональном разнообразии группы. Используемые списки видов в основном базируются на ранее опубликованных данных, полученных более полувека назад [4, 5, 6, 7, 8]. Однако за последние десятилетия произошли существенные изменения в составе региональных фаун десятиногих ракообразных морей России. В настоящее время усилился процесс миграции и вселения морских беспозвоночных в моря России из других бассейнов, а в результате искусственной акклиматизации чужеродных видов в новых местообитаниях активно изменяются морские экосистемы и вытесняются виды, обитавшие в них ранее. Таким образом, современное состояние региональных фаун имеет высокое теоретическое и хозяйственное значение.

## Результаты

В 2009-2011 гг. нами была проведена ревизия состава региональных фаун морей России, в частности Баренцева, Балтийского Черного и Японского морей. Было установлено, что за последние годы ряд видов десятиногих ракообразных существенно сдвинул границы своих ареалов на север в Японском море и часть видов из Приморья были вселены в Черное море и Понто-Каспийский бассейн, возможно, с балластными водами транспортных судов. Так, мелкие литоральные раки-отшельники *Diogenes nitidimanus* и *Pagurus minutus*, ранее лишь единично отмечаемые в средней части зал. Петра Великого [8], на данный момент являются наиболее массовыми видами раков-отшельников на литорали в северной части зал. Петра Великого. В 2011 г. в водах зал. Посыет и южной части зал. Петра Великого впервые отмечены тропические креветки *Lyasmata vittata* [9]. Данный вид широко распространен в Индийском и Тихом океанах; встречается вдоль восточного побережья африканского континента и материкового побережья Китая, на Филиппинах, в Японии, Индонезии, Австралии и вдоль северного побережья Новой Зеландии. Есть предположение, что во многие области, особенно в крайние северные и южные районы ареала, этот вид мог быть занесен вместе с балластными водами транспортных судов. В 2010 г. впервые в фауне России отмечен симбиотический краб *Sestrostoma balssi*, который также широко рас-

пространен в тропических водах западной части Тихого океана [9]. В 2010 г. впервые зарегистрировано присутствие дальневосточных видов – краба *Hemigrapsus sanguineus* и креветок *Palaemon macrodactylus* – в водах Черного моря. На данный момент известно лишь одно нахождение обоих видов, но, возможно, эти виды смогут образовать стабильные популяции в новой акватории. Полученные данные позволили установить, что ряд видов из фауны региона был описан неоднократно, например, *Areopaguristes nigroapiculus* известен также под названиями *Clibanarius hirsutimanus* и *Clibanarius sachalinicus* [6, 7]. *Diogenes penicillatus*, описанный Макаровым (1938) по единственному экземпляру, был определен ошибочно, и данный экземпляр, скорее всего, относится к виду *Diogenes nitidimanus*, широко распространенному в зал. Петра Великого. В зал. Восток обнаружен новый вид для фауны России – *Pagurus parvispina*, обитающий на глубине 80-100 м [10]. Впервые получены фотографии прямохвостого рака-отшельника *Discorsopagurus mcLaughlinae*, обитающего в трубках полихеты *Sabellaria* sp. В Приморье за полтора месяца обследования рек, впадающих в акваторию зал. Петра Великого, нами не было обнаружено ни одного речного рака рода *Cambaroides*, которые ранее были массовы в исследуемых реках. Скорее всего, причина вымирания – это строительство дорог вдоль моря, которое сильно загрязняет и разрушает нативные экосистемы.

Если есть постоянные наблюдения за выбранным районом, то можно объективно оценивать происходящие в нем изменения по видовому составу фауны. Такая работа была проведена нами в районе станции «Восток» ИБМ ДВО РАН, что позволило уточнить состав видов раков-отшельников, а также обнаружить представителей нового семейства *Varunidae*, ранее для России не отмеченного. Впервые для фауны на основании личинок было отмечено 4 вида раков-отшельников и 2 вида каридных креветок. Совместно с коллегами из ИБМ собран материал по личинкам раков-отшельников Японского моря для сравнения ДНК личинок и взрослых особей из музейных коллекций. Таким образом, были получены новые данные, позволившие начать ревизию фауны раков-отшельников Японского моря. В дальнейшем возможно изучение биоразнообразия этой группы с помощью молекулярно-генетического исследования взрослых особей и планктонных личинок. Полученные данные будут обобщены и опубликованы в отдельном томе в серии «Биота российских вод Японского моря», издаваемой Институтом биологии моря.

В результате работ получены новые данные по инвентаризации фауны России: обнаружено 2 новых для науки вида (+ род, новый для Японского моря); найдено 5 видов, новых для морей России (Японское море); подтверждено наличие (вселение) 3 видов в Черном море и 3 видов на Дальнем Востоке.

Работа поддержана грантом Президента МК-1235.2012.4. и грантом РФФИ 12-04-00540-а, 12-04-10017-к.

### Список литературы

1. Соколов В.И. Десятиногие ракообразные (*Crustacea Decapoda*) евразийских морей Полярного бассейна: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. – М., 2001. – 248 с.
2. Бандурин К.В. Креветки (*Crustacea, Decapoda, Natantia*) северной части Охотского моря. Распространение, биология и перспективы промыслового использования: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. – М., 2007. – 218 с.
3. Макаров В.В. Аномуга. Фауна СССР. Ракообразные. – М.; Л., 1938. – Т. 10, вып. 3. – 377 с.
4. Кобякова З. И. Десятиногие раки Охотского и Японского морей // Уч. зап. ЛГУ. – 1937. – Т. 15. – С. 93-154.
5. Кобякова З.И. Отряд десятиногие раки (*Decapoda*) // Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССР. – М.;Л., 1955. – С. 146-157.

6. Кобякова З.И. Закономерности распределения десятиногих раков (*Decapoda*) в районе Южного Сахалина // Тр. проблемных и тематических совещаний. Третья конф. по исследованию фауны дальневосточных морей / под ред. Н.Б. Ломакиной. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1956. – Вып. VI. – С. 47-64.

7. Кобякова З.И. Закономерности распределения десятиногих раков в районе Южного Сахалина // Исследование дальневосточных морей. – 1967. – Т. 5 (13). – С. 16-21.

8. Виноградов Л.Г. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 33. – 280 с.

9. Марин И.Н., Корн О.М., Корниенко Е.С. Новый для фауны России симбиотический краб *Sestrostoma balssi* (Shen, 1932) (Varunidae: Gaeticinae) из залива Восток Японского моря // Биол. – 2011. – Т. 37, № 6. – С. 483-485.

10. Марин И.Н., Корн О.М., Корниенко Е.С. Раки-отшельники *Pagurus parvispina* Komai, 1997 и *Discorsopagurus mcLaughlinae* Komai, 1995 (Decapoda: Anomura: Paguridae) – новые виды для фауны российских вод Японского моря // Биол. моря. – 2012. – Т. 38, № 3. – С. 257-259.

**Сведения об авторах:** Синельников Сергей Юрьевич, соискатель,  
sinelnikoff@yandex.ru;

Марин Иван Николаевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник.