

---

---

# ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

---

---

УДК 53

**Е.Н. Бауло**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ СПЕКТРОВ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ПРОБОЕ НА ПОВЕРХНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

*Представлены результаты исследований динамики спектров при лазерном пробое на поверхности морской воды на временном интервале от 0 до 30 мкс. Зарегистрированы линии поглощения атомарного водорода в области 375-390 нм. Для исследования временной динамики интенсивности были взяты молекулярные полосы CN и OH и резонансные дублеты Na, Ca и Mg, для последних исследовалась временная динамика отношения интенсивности линий к фону.*

**Ключевые слова:** морская вода, лазерная искровая спектроскопия, чувствительность метода, молекулярные полосы, резонансные дублеты.

**E.N. Baulo**

## THE RESEARCH OF TIME DYNAMICS OF SPECTRUM IN LASER BREAKDOWN ON AN AQUEOUS SURFACE

*The presented results of research of dynamic of spectrum in laser breakdown on an aqueous surface on time interval from 0 to 30 msc. Absorption lines of atomic hydrogen are recorded in range of 375-390 nm. Molecular bands CN and OH and resonance doublet Na, Ca and Mg were used to research time dynamics of intensity. Time dynamics of signal-to-background ratio was researched for the resonance doublets.*

**Key words:** surface, laser breakdown, doublet, signal-to-background.

Первые работы по использованию лазерной искровой спектроскопии (ЛИС) для исследования элементного состава водных сред стали появляться в конце 80-х гг. прошлого столетия [1, 2]. ЛИС основан на возбуждении лазерной искры на поверхности твёрдых тел, жидкости или в газе и последующем исследовании спектрального состава излучения лазерной плазмы, исходящего из области лазерного пробоя. Измерение интенсивности узких эмиссионных линий элементов, присутствующих в области пробоя, и последующее сравнение с соответствующими калибровками позволяют проводить измерение концентрации элементов в исследуемых образцах. Многочисленные достоинства этого метода хорошо известны [3], основные из них: отсутствие прямого контакта с исследуемым образцом (возможность проведения дистанционных измерений [4]), отсутствие необходимости предварительной подготовки пробы, возможность проведения анализа вне зависимости от агрегатного состояния вещества и одновременная регистрация большого числа элементов, экспрессность метода, высокая степень автоматизации. Необходимо отметить, что чувствительность ЛИС по обнаружению концентрации элементов зависит от регистрируемого элемента (минимально обнаружимые

концентрации (МОК) для различных элементов могут значительно различаться), а также от способа возбуждения лазерной искры и метода регистрации эмиссионных линий элементов лазерной плазмы.

Лазерная искровая спектроскопия является удобным и оперативным методом спектрального анализа и активно используется при исследовании элементного состава жидкостей, в частности морской воды [5-11]. Важным фактором, определяющим чувствительность ЛИС, является отношение интенсивности линии к фону (peak-to background ratio, signal-to-background ratio – *SBR*), которое существенно зависит от таких параметров регистрирующей аппаратуры, как время задержки регистрации спектра относительно лазерного импульса  $t_d$  и время регистрации спектра  $t_g$ . Известно, что в течение первых сотен наносекунд в спектре плазмы регистрируется интенсивное излучение сплошного фона и мультиплетов азота и кислорода, затем в течение нескольких сот наносекунд сплошной фон быстро спадает, исчезает большая часть мультиплетов и появляются эмиссионные линии элементов. Величины  $t_d$  и  $t_g$  имеют существенный разброс и зависят от исследуемого элемента, длины волны лазерного излучения, энергии излучения и других экспериментальных параметров [6].

Как правило, величины  $t_d$  и  $t_g$  находятся в пределах нескольких микросекунд, при этом основной вклад в излучение плазмы вносит сплошной спектр, излучения ионов и атомов. Однако на временном интервале порядка 10 мкс регистрируется излучение молекулярных полос [6, 7]. В настоящей работе приведены результаты исследования динамики сплошного спектра, эмиссионных линий Na, Mg, Ca и молекул OH, CN на временном интервале  $0 \leq t_d \leq 30$  мкс, проведено сравнение с ранее полученными результатами. Выбор Na, Mg, Ca обусловлен тем, что эти элементы входят в макросостав морской воды, средняя концентрация [Na] = 10,7 г/кг, [Mg] = 1,3 г/кг, [Ca] = 0,4 г/кг [12, 13].

Для исследований использовалась экспериментальная установка, описанная в работе [14]. Излучение Nd:YAG лазера ( $\lambda = 1064$  нм, энергия в импульсе 0,3 Дж) фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 15 см в кювету объемом 200 мл, плотность мощности лазерного излучения на поверхности воды составляла величину  $\sim 5 \cdot 10^{10}$  Вт/см<sup>2</sup>. Использовались следующие параметры оптического многоканального анализатора: время регистрации  $t_g = 0,5$  мкс, полуширина аппаратной функции 0,5 нм. Исследования проводились в спектральных диапазонах, в которых наблюдаются наиболее интенсивные линии Mg II 279,6, Ca II 393,4 и Na I 589,0 нм.

На рис. 1 представлены мгновенные спектры пробы на поверхности морской воды с различными задержками  $t_d$  относительно лазерного импульса.

Значение спектрального разрешения в наших экспериментах не позволяло разрешить дублеты Mg и Na, они представлены на графиках единичными спектральными линиями. С увеличением  $t_d$  сплошной спектр быстро спадает и возрастает контраст линейчатого спектра, появляются молекулярные линии.

При  $t_d = 0$  мкс излучение плазмы в основном представлено сплошным спектром. На его фоне выделяются мультиплеты кислорода и азота (на рис. 1 показаны только интенсивные мультиплеты азота), слабые линии неразрешимого дублета Mg II 279,6 и 280,3 нм, очень слабый дублет Na на левом крыле мультиплета Na II 594 нм и линии поглощения на переходах бальмеровской серии водорода 377 и 380 нм. Большая часть мультиплетов азота и кислорода и линии поглощения водорода полностью исчезают через 1 мкс. При  $t_d = 0,5$  мкс появляются линии CN (колебательная структура перехода не разрешается), дублеты Ca II 393,4 и 396,8, Na I 589,0 и 589,6 нм. При  $t_d = 6$  мкс появляется очень слабая полоса OH (см. рис. 1, г), интенсивность полосы CN значительно уменьшается, линии Mg, Ca и Na остаются достаточно интенсивными.

На рис. 2 представлена временная зависимость интенсивности сплошного спектра для  $\lambda = 279,6, 393,4$  и  $589$  нм. Интенсивность сплошного спектра на этих длинах волн – результат интерполяции с использованием значений спектральных интенсивностей за пределами крыльев линий Mg, Ca и Na соответственно.

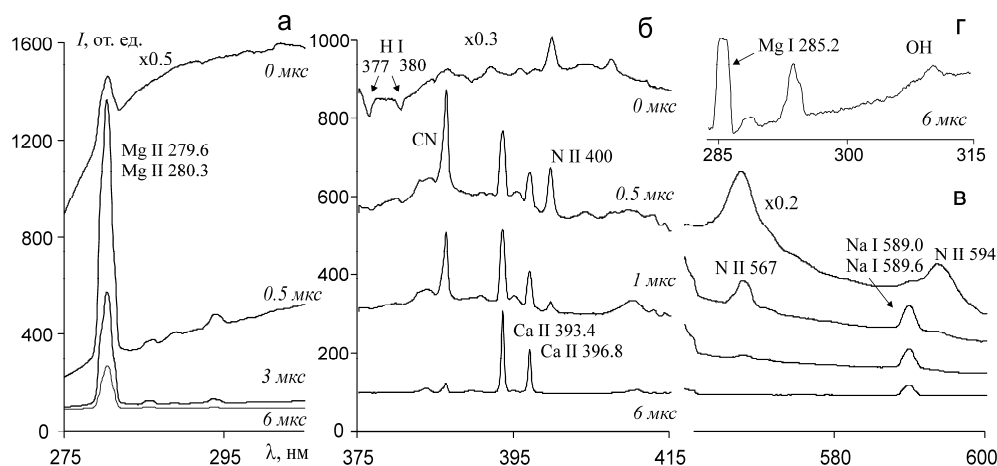


Рис. 1. Мгновенные спектры излучения лазерной плазмы. Для  $t_d = 0$  нс интенсивность излучения получена умножением на соответствующий коэффициент. Величины задержек и интенсивностей одинаковы для а, б, в, г – регистрация ОН при  $t_d = 6$  мкс  
Fig. 1. Instantaneous emission spectrums of laser plasma. Emission intensity for  $t_d = 0$  was obtained by multiplying by proper coefficient. Delays are the same for а, б, в, г – registration of ОН at  $t_d = 6$  msc

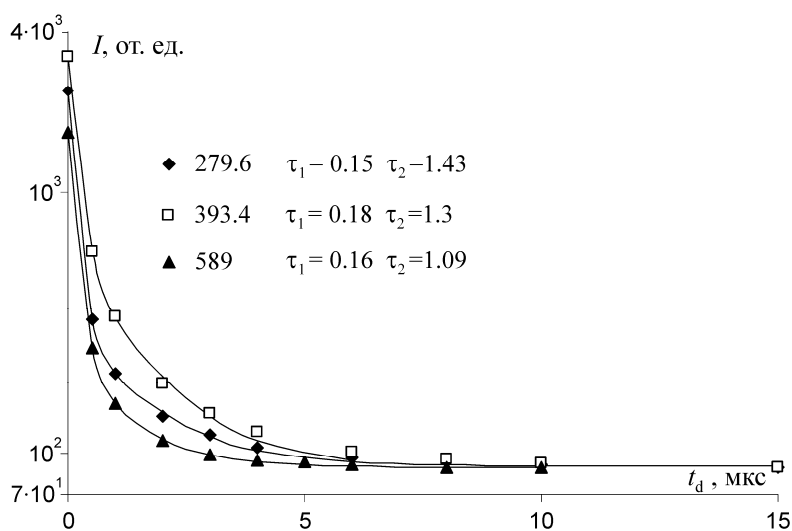


Рис. 2. Временная зависимость интенсивности сплошного спектра  
Fig. 2. Time dependence of continuous spectrum intensity

Как правило, на временном интервале в несколько микросекунд спад интенсивности сплошного спектра аппроксимируется зависимостью

$$a \exp(-t_d / \tau), \quad (1)$$

где  $\tau$  – характерное время спада интенсивности. В нашем случае при  $0 \leq t_d \leq 30$  мкс зависимость имеет следующий вид:

$$a_1 \exp(-t_d / \tau_1) + a_2 \exp(-t_d / \tau_2) + b, \quad (2)$$

т.е. затухание сплошного спектра описывается двумя характерными временами  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , величины которых указаны на рис. 2.

Для трех длин волн при  $t_d \geq 15$  мкс интенсивность сплошного спектра имеет практически одинаковое значение, определяемое свободным членом  $b$ , равным фону ПЗС-камеры, по этой причине график на рис. 2 ограничен этим временем. Как видно, при  $t_d = 0,5$  мкс интенсивность сплошного спектра для трех длин волн уменьшается почти на порядок. Для  $\lambda = 279,6$  нм значение  $I(t_d = 0)/e$  достигается через 0,19 мкс, для  $\lambda = 393,4$  нм – через 0,24 мкс, для  $\lambda = 589$  нм – через 0,21 мкс и 0,56 мкс. Хотя характерные времена имеют близкие значения (см. рис. 2), наиболее быстро сплошной фон спадает в УФ-области для  $\lambda = 279,6$  нм, наиболее медленно – для  $\lambda = 393,4$  нм. Таким образом, при  $t_d = 0$ ,  $t_g = 1000$  мкс (интегральный по времени спектр) максимум сплошного спектра будет в области 400 нм, что практически совпадает с результатом работы [15], в которой максимум интенсивности сплошного фона зарегистрирован в области 450 нм.

Для данных экспериментальных условий сплошной спектр определяется тормозным излучением и рекомбинацией электронов с ионами и зависит от электронной плотности и температуры. При пробое мощным лазерным импульсом плотность электронов на фронте волны ионизации может достигать критических величин [16] ( $\sim 10^{21}$  см<sup>3</sup> для  $\lambda = 1064$  нм). При  $t_d = 0,5$  мкс преобладают процессы рекомбинации, электронная плотность снижается до  $\sim 10^{18}$  см<sup>-3</sup>, а при  $t_d = 10$  мкс – до величины  $\sim 10^{16}$  см<sup>-3</sup> [7-10]. Существенное влияние на электронную плотность и температуру плазмы при  $0 \leq t_d \leq 30$  мкс оказывает распространение области пробоя.

Временная зависимость интенсивностей линий атомов и молекулярных полос показана на рис. 3. В работе [9] рассмотрена динамика интенсивности линий ионов Mg и Ca и атомарной линии Mg, показано, что временная зависимость интенсивности линии ионов от максимального значения аппроксимируется зависимостью вида (1), атома – зависимостью вида

$$(a_1 + a_2) \exp(-t_d / \tau) - a_3 \exp(-2t_d / \tau), \quad (3)$$

для ионных и атомарных линий  $\tau$  – характерное время спада электронной плотности. В нашем случае спад интенсивности линии Ca также аппроксимируется зависимостью вида (1), Na и Mg – зависимостью вида (2) ( $b = 0$ ), которая сходна с (3), так как отсутствуют точки на рис.3, соответствующие возрастанию интенсивности Na до значения максимума, т.е.  $a_3 = 0$ . Отметим, что характерные времена  $\tau(\text{Ca})$  и  $\tau_2(\text{Mg})$  практически совпадают. В отличие от [9] характерные времена для всех линий имеют разные значения (рис. 3). Соотношение концентраций Na:Mg:Ca в морской воде – 27:3:1. Очевидно, что большая разница концентраций и большое значение  $t_d$  приводят к разным значениям характерных времен.

Для Mg и Na максимальное значение интенсивности линии  $I_{\max}$  соответствует  $t_d = 0,5$  мкс, для Ca –  $t_d = 3$  мкс. Для Mg значение  $I_{\max}/e$  достигается через 3,5 мкс, для Ca – через 10 мкс, для Na – через 6,8 мкс, т.е. при  $3 \leq t_d \leq 10$  мкс линия иона Ca затухает так же, как атомарная линия Na при  $0,5 \leq t_d \leq 7$  мкс, далее линия Na затухает медленнее линий ионов (рис. 3). При увеличении времени регистрации до 10 мкс линии Ca и Mg наблюдаются на почти одинаковом временном промежутке: Ca до  $t_d = 70$  мкс, дублет Mg до  $t_d = 80$  мкс, при этом интенсивности OH и Mg сравниваются, Na регистрируется до  $t_d = 300$  мкс.

Динамика молекулярных полос существенно отличается от динамики линий атомов и ионов (рис. 3, временная зависимость интенсивности полос аппроксимировалась зависимостью (2) при  $b = 0$ ). Для CN наблюдается резкий спад интенсивности, значение  $I_{\max}/e$  достигается через 1,8 мкс, характерное время  $\tau_1$  является наименьшим из приведенных. Соотношение интенсивностей  $I_{\max}(\text{CN}) / I_{\max}(\text{OH}) \approx 200$ , характерных времен  $\tau_2(\text{OH})/\tau_2(\text{CN}) \approx 12$ . Медленный спад интенсивности ОН и резкий спад интенсивности CN объясняется также тем, что в интенсивность полосы ОН вносят вклад атомы кислорода воздуха (такой вывод сделан в работе [7]), в нашем случае концентрация углерода в атмосфере и морской воде намного меньше концентрации кислорода.  $I_{\max}$  для ОН наблюдается при  $t_d = 6$  мкс, что совпадает с результатами работы [7].

Отношение интенсивности линии к фону для Na, Ca, Mg представлено на рис. 4.

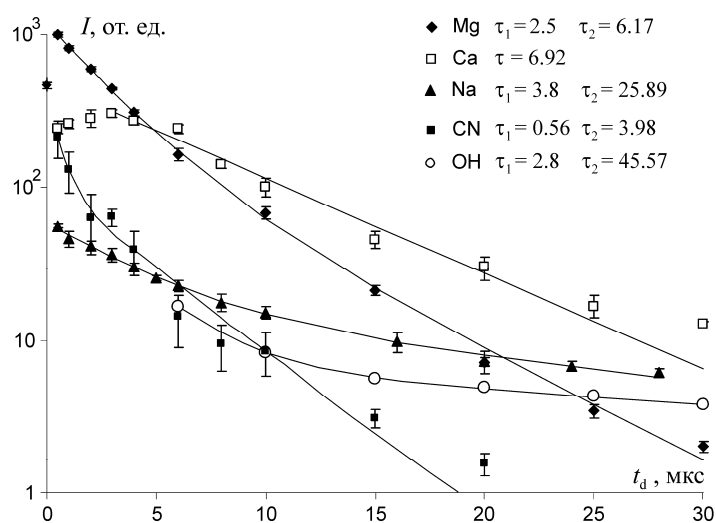


Рис. 3. Временная зависимость интенсивностей линий атомов и молекул.

Интенсивность представлена в логарифмическом масштабе

Fig. 3. Time dependence of intensity of atomic and molecular spectral lines. Intensity is presented in logarithmic scale

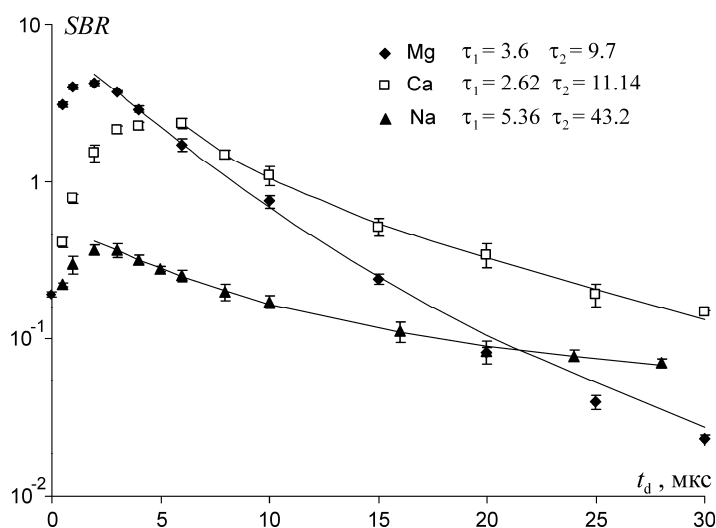


Рис. 4. Временная зависимость отношения интенсивности линии к интенсивности сплошного спектра (SBR)

Fig. 4. Time dependence of signal-to-background ratio (SBR)

Спад  $SBR$  от точки максимального значения аппроксимируется зависимостью (2) при  $b = 0$ , максимальное значение  $SBR_{\max}$  для Mg и Na наблюдается при  $t_d = 2$  мкс, для Ca – при  $t_d = 6$  мкс. Характерные времена спада Ca и Mg имеют близкие значения. Максимум сплошного спектра регистрируется при  $t_d = 0$  мкс, а  $I_{\max}$  для Mg и Na – при  $t_d = 0,5$  мкс, для Ca – при  $t_d = 3$  мкс, т.е.  $SBR_{\max}$  наблюдается при больших задержках относительно лазерного импульса. Для Mg значение  $SBR_{\max}/e$  достигается через 6,4 мкс, для Ca – через 11,2 мкс, для Na – через 12,5 мкс. Таким образом, величина отношения интенсивности к фону затухает медленнее интенсивности линий в результате быстрого спада интенсивности сплошного спектра. В отличие от интенсивности линии величина  $SBR$  для Na затухает медленнее, чем для ионов Ca и Mg на всем временном интервале, самый быстрый спад наблюдается у  $SBR(Mg)$ .  $SBR_{\max}$  для Ca и Mg на порядок больше, чем у Na, хотя его концентрация больше. В работе [8] показано, что при превышении концентрации NaCl в жидкости свыше 0,1 % существенным становится влияние самопоглощения резонансного дублета Na I.

Соотношение пределов обнаружения элементов можно оценить, используя интегральное по времени  $SBR$  (площадь под кривой, описывающей зависимость от времени) при  $t_d = 0,5$  мкс,  $t_g = 30$  мкс. Для Mg получаем 26, для Ca – 25, для Na – 4,5 (с учетом коэффициента, учитывающего самопоглощение для концентрации Na = 10,7 г/кг из работы [8], получаем 15). Таким образом, минимально обнаружимые концентрации Ca и Mg ниже, чем Na. Для повышения чувствительности обнаружения Na можно использовать свободную генерацию лазерного излучения, интенсивность которой будет наиболее эффективна для возбуждения атомарных линий с низким потенциалом возбуждения, как Na, и большое время регистрации  $t_g$ . В работе [5] использовался лазерный импульс сложной временной формы – до 8 гигантских импульсов на фоне свободой генерации,  $t_g = 1000$  мкс. Хотя для магния использовалась линия Mg I 285,2 нм, получены близкие по величине пределы обнаружения: для Mg –  $7 \cdot 10^{-4}$ , для Ca –  $9 \cdot 10^{-4}$ , для Na –  $1,1 \cdot 10^{-3}$  г/л.

В данной работе проведено исследование временной зависимости интенсивности сплошного спектра, линий Na, Mg, Ca и молекулярных полос OH и CN, а также отношения интенсивности линий к фону на временном промежутке до 30 мкс. В области 375-390 нм зарегистрированы интенсивные линии поглощения H I и полосы CN, которые могут исказить результаты спектрального анализа морской воды и элементов загрязнителей, так как в этой области находятся интенсивные линии Cl II 386, Fe I 386, Ba I 388.9, Pb I 374 нм. Показано, что временная зависимость отношения интенсивности линий к фону, интенсивности сплошного спектра, линий Na, Mg и молекулярных полос аппроксимируется экспоненциальной зависимостью с двумя характерными временами, интенсивности линии Ca – с одним характерным временем. При задержке регистрации относительно лазерного импульса  $\sim 1$  мкс и времени регистрации  $\sim 30$  мкс возможно ожидать близких по величине значений МОК для резонансных дублетов ионов Ca и Mg.

Использование различных схем метода ЛИС: многоимпульсное возбуждение лазерной плазмы, пространственная и временная селекции эмиссионных линий от непрерывного излучения лазерной плазмы – позволяет к настоящему времени проводить измерения концентрации элементов, содержащихся в водных растворах на уровне  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  г/л. Однако даже такая величина МОК позволяет использовать ЛИС в самых различных экологических приложениях. Этот метод перспективно используется для экспресс-мониторинга загрязнения водных акваторий и особенно процессов накопления элементов-загрязнителей клетками фитопланктона.

## Список литературы

1. Букин О.А. Использование спектроскопии лазерной искры для анализа элементного состава водных сред [Текст] / О.А. Букин, А.Н. Павлов, Н.В. Сушилов и др. // Журнал прикладной спектроскопии. – 1990. – Т. 3, № 5. – С. 736-738.
2. Прохоров А.М. Исследование возможности дистанционного определения содержания железа в морской воде по эмиссионному спектру лазерного пробоя [Текст] / А.М. Прохоров, Д.В. Власов, Д.Ю. Ципенюк и др. // Журнал прикладной спектроскопии. – 1991. – Т. 55, № 2. – С. 313-314.
3. Rusak D.A., Castle B.C., Smith B.W., Winefordner J.D. Recent trends and future of laser-induced plasma spectroscopy // Trends in analytical chemistry. – 1998. – Vol. 17, № 8+9. – P. 453-460.
4. Прохоров А.М. Дистанционный элементный анализ состава морской воды по эмиссионному спектру лазерной плазмы [Текст] / А.М. Прохоров, Д.В. Власов, Д.Ю. Ципенюк и др. // Оптика атмосферы и океана. – 1994. – Т. 4, № 4. – С. 445-446.
5. Букин О.А. Использование лазерной искровой спектроскопии с многоимпульсным возбуждением плазмы для мониторинга качества морской воды и состояния фитопланктона [Текст] / О.А. Букин, А.В. Алексеев, А.А. Ильин и др. // Оптика атмосферы и океана. – 2003. – Т. 16, № 1. – С. 26-32.
6. Berman L.M., Wolf P.J. Laser-induced breakdown spectroscopy of liquids: aqueous solutions of nickel and chlorinated hydrocarbons // Applied Spectroscopy. – 1998. – Vol. 52, № 3. – P. 438-443.
7. Adamson M., Padmanabhan A., Godfrey G.J., Rehse S.J. Laser-induced breakdown spectroscopy at a water/gas interface: A study of bath gas-dependent molecular species // Spectrochim. Acta Part B. – 2007. – Vol. 62. – P. 1348-1360.
8. Hannachi R., Boussaïdi S., Teulet P., Taieb G., Cressault Y., Gleizes A., Lakhdar B.Z. Spectroscopic analysis of a laser-induced NaCl-water plasma. The influence of self-absorption // Appl. Phys. A. – 2008. – Vol. 92. – P. 933-937.
9. Ahmed J.B., Lakhdar Z.B., Taieb G. Kinetics of laser induced plasma on an aqueous surface // Laser Chemistry. – 2002. – Vol. 20(2-4). – P. 123-134.
10. Charfi B., Harith M.A. Panoramic laser-induced breakdown spectrometry of water // Spectrochim. Acta Part B. – 2002. – Vol. 57. – P. 1141-1153.
11. Fichet P., Mauchien P., Wagner J., Moulin C. Quantitative elemental determination in water and oil by laser-induced breakdown spectroscopy // Analytica Chimica Acta. – 2001. – Vol. 429. – P. 269-278.
12. Очкин В.Н. Спектроскопия низкотемпературной плазмы [Текст]. – М.: Физматлит, 2006. – 472 с.
13. Океанология. Химия океана. Т. 1. Химия вод океана [Текст] / под ред. О.К. Боровского. – М.: Наука, 1979. – 518 с.
14. Букин О.А. Взаимодействие лазерных плазм при оптическом пробое в нормальной атмосфере [Текст] / О.А. Букин, А.А. Ильин, Ю.Н. Кульчин и др. // Квант. электрон. – 2006. – Т. 36, № 6. – С. 553-556.
15. Букин О.А. Определение макросостава морской воды методом лазерной искровой спектроскопии [Текст] / О.А. Букин, Ю.А. Зинин, Э.А. Свириденков и др. // Оптика атмосферы и океана. – 1992. – Т. 5, № 11. – С. 1213-1216.
16. Гальбурт В.А. Нестационарные явления при сверхзвуковом распространении оптического пробоя в газах [Текст] / В.А. Гальбурт, О.А. Рябов // Квант. электрон. – 1989. – Т. 16, № 10. – С. 2141-2149.

**Сведения об авторе:** Бауло Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент, e-mail: bauloelena@mail.ru.

УДК 591.3+594.1

**В.И. Ковалева**

Владивостокский государственный медицинский университет  
690600, г. Владивосток, пр. Острякова, 2

### **СПЕРМИОГЕНЕЗ ТРАВЯНОГО ШРИМСА *PANDALUS LATIROSTRIS***

*Исследована репродуктивная система самцов травяного шримса *Pandalus latirostris*. Показано, что в ходе этого процесса формирование акросомного материала имеет характерные особенности, присущие данному виду. Сперматозоид травяного шримса относится к безжгутиковым спермиям, с копьевидной акросомой, в центре которой проходит центральный канал.*

**Ключевые слова:** креветка, спермиогенез, репродуктивная система.

**V.I. Kovaleva**

### **SPERMIOGENEZ GRASSY SHRIMSA *PANDALUS LATIROSTRIS***

*The reproductive system of males grassy shrimp *Pandalus latirostris* is investigated. It is shown that during this process formation of acrosomal material has the prominent features inherent in the given kind. Spermatozoid grassy shrimp concerns to beakless spermia, with spear-shaped acrosome in which centre passes the central channel.*

**Key words:** the shrimp, spermiogenesis, reproductive system.

Креветки рода *Pandalus* Leach, 1814 широко распространены в Мировом океане и имеют важное коммерческое значение. Они населяют придонные слои воды. Это хорошо плавающие креветки, обитающие преимущественно в зарослях морских водорослей или населяющие сложные биоценозы мшанок, гидроидов и губок. К этому роду относят более 20 видов (Komai, 1999). Наиболее характерным видом рода считается *P. latirostris* Rathbun, 1902 (= *P. kessleri* Czerniavskii, 1878 (*nomen nudum*)). Этот вид наиболее обычен в Японском море, где вылавливается в больших количествах. Исследования закономерности гаметогенеза этих животных представляют теоретический и практический интерес.

Травяной шримс – протандрический гермафродит: на втором году жизни он достигает половой зрелости и функционирует как самец, а в начале третьего года жизни становится самкой. Ранее нами было изучено состояние половых желез у самцов и самок травяного чилима *P. latirostris* в разные месяцы года. Показано, что в бухте Восток и проливе Старка зал. Петра Великого гаметогенез идёт с января по август, нерест происходит в конце августа–сентябре (Ковалёва, 1982, 2009, 2010).

Несмотря на важные промысловые значения травяного шримса, его гаметогенез мало изучен. Целью настоящей работы было изучить последовательные этапы сперматогенеза и спермиогенеза, развитие акросомы и морфологию зрелых сперматозоидов у травяного шримса.

Травяного шримса *Pandalus latirostris* (Subphylum Crustacea, Class: Malacostraca, Order: Decapoda, Infraorder: Caridea, Family: Pandalidae) вылавливали в прол. Старка и в бухте Восток зал. Петра Великого Японского моря. Исследовали животных длиной от 30 до 130 мм. Измерение проводили от основания глаза до конца тельсона с точностью до 1 мм. Кусочки гонад фиксировали в 4%-м формалине и смеси Буэна. После заливки в парафин срезы толщиной 5 мкм окрашивали гематоксилином – эозином и ге-



матоксилином по Гейденгайду. РНК выявляли галлоцианином, белки – прочным зелёным. Для выявления гликогена и полисахаридов применяли методы МакМануса и Шабодаша. Кислые полисахариды определяли методом Хейле.

Для электронно-микроскопического исследования кусочки гонад фиксировали 2,5%-м раствором глутарового альдегида на 0,1 % М фосфатном буфере, рН 7,8, содержащем 0,5 % нейтрального формалина и 17 % сахарозы, при 4 °С в течение 2 ч. Дофиксировали 1%-м раствором четырёхокси осмия на фосфатном буфере, содержащем 27 % сахарозы, в течение одного часа. Материал заключали в эпон-812. Срезы контрастировали 2%-м раствором уранилацетата и просматривали в электронном микроскопе EM-100 В.

Мужская репродуктивная система травяного шримса представлена парными семенниками, имеющими бисексуальное строение. Снаружи гонады покрыты перитонеальным эпителием, затем следует соединительно-тканый слой, внутри семенник выслан зачатковым эпителием.

Структурной и функциональной единицей семенника является фолликул. Стенка фолликула состоит из двух слоёв. Наружный соединительный слой включает гладкие мышечные клетки. Внутренний слой состоит из вспомогательных (фолликулярных клеток). Развитие половых клеток происходит в фолликуле. Семенник содержит как мужские, так и женские половые клетки.

Сперматогенез можно разделить на следующие стадии: размножение, рост, созревание и формирование. На первой стадии наблюдаются энергичные митотические деления, в результате которых появляется большое количество сперматогоний, после стадии размножения следует стадия роста. Сперматогонии прекращают делиться и переходят в сперматоциты I. У травяного шримса они увеличиваются в объёме, а их ядро проходит длинную профазу, в течение которой совершается конъюгация гомологичных хромосом и кроссинговер. На стадии созревания происходит деление сперматоцитов I, которые образуют по два сперматоцита II, из которых возникают четыре гаплоидных клетки – сперматиды. На четвёртой стадии – формирование – сперматиды претерпевают сложные процессы превращения в сперматозоиды.

Сперматогонии – диплоидные клетки семенника. Диаметр сперматогоний 17 мкм, ядра 10 мкм. Овальной или округлой формы ядро имеет одно или два ядрышка. Под электронным микроскопом ядро умеренной плотности, лишено компактного хроматина, заполнено фибриллами и небольшими глобулами. Ядрышко не имеет точных границ. Цитоплазма узким ободком окружает ядро и содержит много рибосом в виде полисом. Округлой и вытянутой формы митохондрии разбросаны по всей цитоплазме или расположены полярно ядру. Эндоплазматический ретикулум представлен цистернами и каналами гладких мембран, связанных с ядерной оболочкой. Комплекс Гольджи локализуется около ядра и состоит из вытянутых ламелл и связанных пузырьков.

#### *Сперматоциты I*

Интерфазные сперматоциты I имеют овальную форму и по размеру крупнее сперматогоний. Цитоплазма сперматоцитов I содержит большое количество рибосом и митохондрий округлой формы. Эндоплазматический ретикулум значительно развит по сравнению с предыдущей стадией, в основном гладкий, иногда встречаются элементы шероховатой сети. Каналами и цистернами он связан с перенуклиарным пространством и клеточной мембраной около ядерной мембраны. Первое митотическое деление характеризуется высокой синхронностью, в результате образуются сперматоциты II.

#### *Сперматоциты II*

Объём сперматоцитов II уменьшается. В цитоплазме присутствуют такие же структуры, как и на предыдущей стадии. Уменьшается количество рибосом, преобладает гладкий эндоплазматический ретикулум и округлой формы митохондрии. Перед эквационным делением хромосомы спирализуются, укорачиваются.

### Сперматиды

После митотического деления образуются четыре сперматиды с гаплоидными ядрами. Во время спермиогенеза фолликулярные клетки выступают в семенниковый просвет, образуют фолликулярную строму, контактирующую с развивающимися сперматидами. Спермиогенез креветки можно условно разделить на пять стадий (рис. 1).

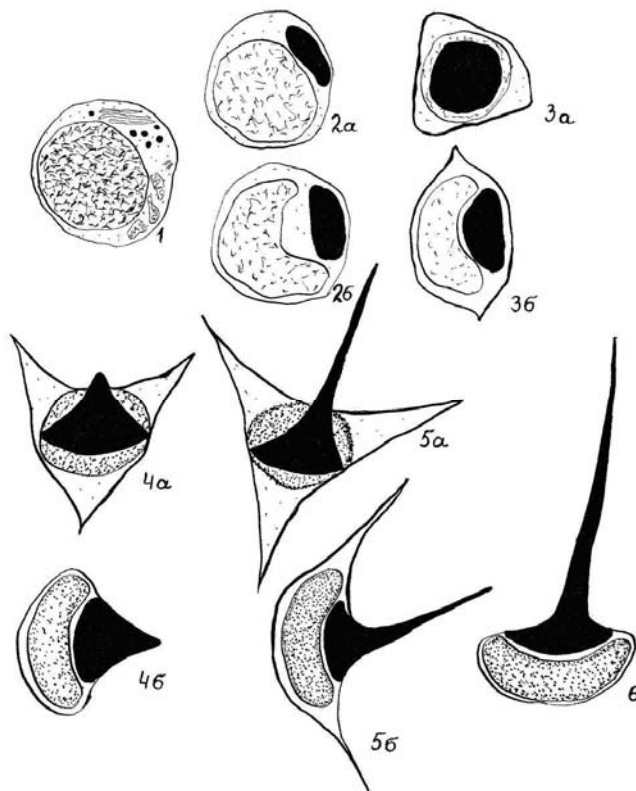


Рис. 1. Схема спермиогенеза травяного шримса: I – I стадия; 2а, б – II стадия; 3а, б – III стадия; 4а, б – IV стадия; 5а, б – V стадия; 6 – сперматозоид; а – поперечный срез; б – продольный срез  
Fig. 1. The scheme spermatogenesis grassy shrimps: I – stage; 2а, б – II stage; 3а, б – III stage; 4а, б – IV stage; 5а, б – V stage; 6 – spermatozoid; а – cross-section cut; б – longitudinal cut

I стадия. Дифференциация ранней сперматиды начинается с морфогенеза ядерного материала и синтеза проакросомных пузырьков. В ранней сперматиде плотное ядро располагается полярно. В цитоплазме много митохондрий, полисом, одна центриоль и хорошо развит аппарат Гольджи (рис. 2, а). Реакция Фельгина и окраска на суммарные белки положительна.

II стадия. Плотность ядра уменьшается. Однако выход ядерного материала не обнаруживается. На продольном срезе ядро имеет округлую форму, на поперечном отмечается выпячивание ядерной оболочки в ядро. Проакросомные пузырьки, сливаясь, образуют эллипсоидную проакросомную вакуоль (рис. 2, б). Исчезает аппарат Гольджи, элементы эндоплазматического ретикулума, центриоль, значительно снижается количество полисом и митохондрий.

III стадия. Продолжается морфогенез ядра. Фельген – положительные ядра сперматид приобретают бобовидную форму. Эллипсоидная проакросомная вакуоль мигрирует к выпячиванию ядерной мембраны и погружается в неё. Изменяется форма клетки. На поперечном срезе она имеет прямоугольную форму (см. рис. 1, 3а, б). Таким образом, намечаются три направления будущей элиминации цитоплазмы.

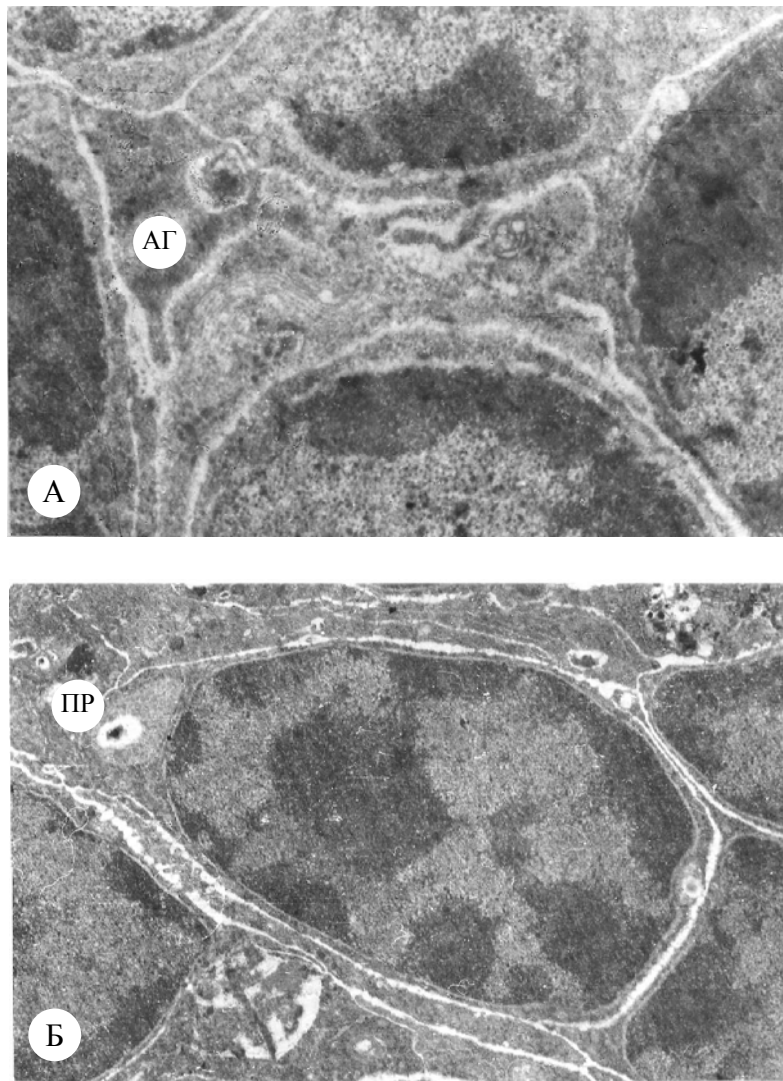


Рис. 2. Ранние сперматиды травяного шримса: А – I стадия; Б – II стадия.  
 Обозначение: АГ – аппарат Гольджи; ПР – проакросомная вакуоль; ув. а – 1600 х; б – 1500 х  
 Fig. 2. Early spermatids grassy shrimps: А – the first stage; Б – the second stage.  
 Designation: АГ – the device Goldgi; ПР – proakrosomnaya vakyol; ув. а – 1600 х; б – 1500 х

IV стадия. Уменьшается плотность ядра. Начинается активное преобразование проакросомной вакуоли. Она приобретает конусовидную форму, нижним своим основанием покрывая большую часть ядра. Цитоплазматические выросты, появившиеся на предыдущей стадии, удлиняются (см. рис. 1, 4а, б).

V стадия. Продолжается выпячивание проакросомы. Мембраны проакросомы и клетки сливаются в одну. Проакросома принимает вид сильно заостренной пики (см. рис. 1, 5а, б). В центре проакросомной пики проходит канал. На поперечном срезе он заполнен электронно-плотным материалом белково-полисахаридной природы (рис. 3). Цитоплазматические выросты начинает частично элиминировать. К концу стадии длина акросомы достигает около 32 мкм. Цитоплазма полностью исчезает.

В результате спермиогенеза образуется сперматозоид особого типа без жгутика (рис. 4). Пикообразная акросома длиной 28-32 мкм покрывает бобовидное ядро со слабой ШИК-положительной реакцией. Субакросомное пространство типично для большинства сперматозоидов, у спермиев креветки *P. latirostris* нет.

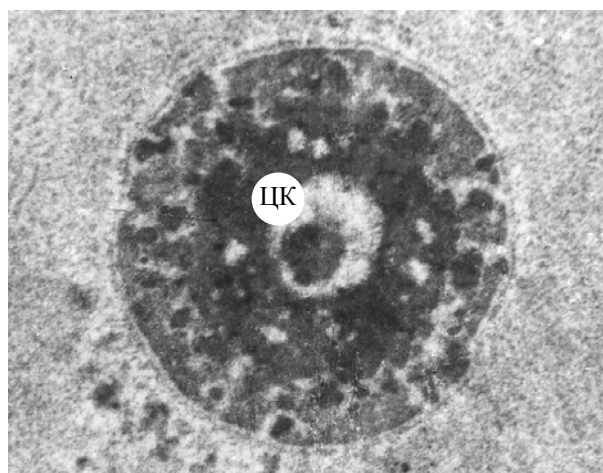


Рис 3. Поперечный срез акросомы. Ув. 36 000 х. Обозначение: ЦК – центральный канал  
Fig. 3. A cross-section cut akrosom. Ув. 36 000 х. Designation: the ЦК – the central channel

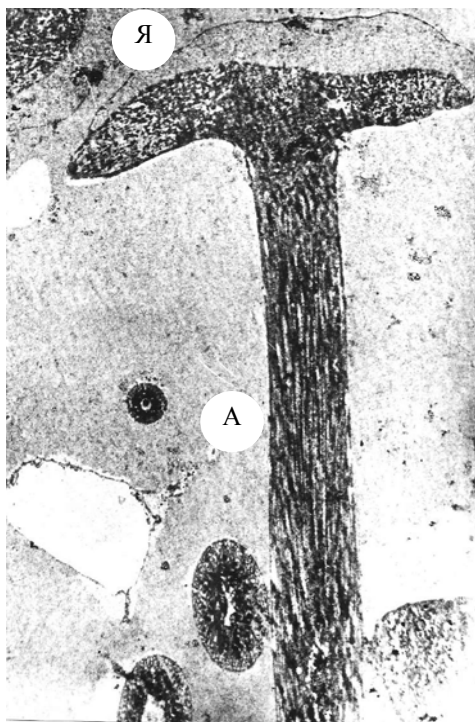


Рис. 4. Сперматозоид травяного шримса. Ув. 20 000 х. Обозначение: А – акросома; Я – ядро  
Fig. 4. Spermatozoid grassy shrimс. Ув. 20 000 х. Designation: А – akrosom; Я – kernel

Ракообразные – это самый многочисленный таксон морских животных после моллюсков. Из них десятиногие раки всегда привлекали внимание исследователей своими aberrantными спермиями. По спермиям десятиногих раков опубликовано много работ, в том числе несколько крупных монографий (Кольцов, 1905; Jamieson, Tudge, 2000). Чилимы относятся к семейству *Pandalidae*, которое входит в инфраотряд креветок *Caridea*. Сперматогенез и сперматозоиды изучены у нескольких видов из этого инфраотряда. Обзор этих работ дан Джемисоном и Тоджем (Jamieson, Tudge, 2000). Спермии креветок (*Caridea*) характеризуются особенностями, свойственными представителям подотряда *Dendrobranchiata* (Medina, 1995). К ним относятся: 1 – полностью отсутствует ядерная оболочка; 2 – нитчатый хроматин; 3 – отсутствие центриолей; 4 – отсутствие радиальных (звездчатых) рук.

Несмотря на многочисленные работы по спермиям креветок, представители семейства чилимов (*Pandalidae*) изучены слабо.

Морфология сперматогенеза: сперматогонии и сперматоциты травяного шримса имеют много общего с другими животными (Рузен-Ранге, 1980). Известно, что у креветки *Crandon septemspinosa* (Arsenault et al., 1980) сперматоциты заканчивают мейоз без цитотомии.

Однако у исследованной нами креветки *P. latorostris* наличие цитоплазматических мостиков мы не наблюдали.

Происхождение проакросомы безжгутиковых сперматозоидов у ракообразных пока не ясно. Среди предшественников проакросомы называют аппарат Гольджи (Reger, 1970), митохондрии, производные ядра и пузырьки эндоплазматического ретикулума (Langreth, 1969) гладкого и шероховатого (Moses, Chevallier, Cusse, 1975; Anderson, Ellis, 1967;

Arsenault et al., 1979). У многих животных (Burgos, Favcett, 1955; Cameron, Fogal, 1969; Reger, 1970) акросома развивается из одной акросомной гранулы, в которой формируется (Moses, 1961a,b; Vasusumi et al., 1961; Anderson et al., 1967; Lengreth, 1969) центральный канал для выделения ядерного материала во время акросомной реакции (Brown, 1966).

Процесс редукции цитоплазмы для поздних стадий спермиогенеза у ракообразных подробно не описан. Anderson, Ellis (1967) предполагает, что остаточная цитоплазма сперматид у рака отбрасывается, а затем поглощается фолликулярными клетками. У креветки *C. septemspinosa* цитоплазма преобразуется в слоистые структуры (Arsenault et al., 1979, 1980). Подобные мембранные комплексы наблюдались у различных беспозвоночных (Vasusumi, 1974).

Таким образом, спермиогенез у креветки *P. latirostris* отличается от других видов отсутствием синцитиальной связи между спермиогенными клетками, своеобразием элиминации цитоплазмы и ее органоидов, особенностями морфогенеза акросомы и формирования субакросомного материала. Разрыв оболочки ядра является обычным для спермиогенеза многих десятиногих ракообразных (Anderson et al., 1969; Reger, 1970). Смешивающее содержимое ядра и цитоплазмы вызывает образование спермиоплазмы.

После вымета сперматозоидов в гонадах происходит дегенерация семяпроводов и резорбция оставшихся мужских половых клеток, в которой активное участие принимают фолликулярные клетки. Сперматогенез прекращается полностью. Наступает инверсия пола. Оставшийся после нереста небольшой запас зародышевых клеток развивается как ооциты. Размер исследованных животных в этот период достигает 75-85 мм. Гонады начинают развиваться как яичники, в них присутствуют только женские половые клетки.

### Список литературы

1. Ковалева В.И. Репродуктивный цикл у травяного шримса из залива Петра Великого [Текст] // Биол. моря. – 1982. – № 5. – С. 65-67.
2. Ковалева В.И. Сезонное изменение репродуктивной биологии травяного шримса *Pandalus latirostris* [Текст] / В.И. Ковалева // Научные тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2009. – № 21. – Т. 1. – С. 40-44.
3. Ковалева В.И. Морфология сперматогенеза травяного шримса *Pandalus latirostris* [Текст] / В.И. Ковалева // Научные тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – № 22. – Т. 1. – С. 32-37.
4. Adivodi K.G., Adivodi R.G. Endocrine control of reproduction in decapod Crustacea. – Biol. – 1970. – P. 121-165.
5. Anderson W.A., Ellis R.A. Cytodifferentiation of the crayfish spermatozoon, acrosome formation, transformation of mitochondria and development of microtubules. – Z. Zellforsch. Microsk. Anat, 1967. – Vol. 77. – P. 80-94.
6. Anderson W.A., Weissman A., Ellis R.A. Cytodifferentiation during spermiogenesis in lumbricus terrestris. – J. Cell Biol., 1967. – Vol. 32, № 1. – P. 11-26.
7. Arsenault A.L., Clattonburg R.E., Odenese P.H. Spermiogenesis in the shrimp, *Crangon septemspinosa*. – Say. Can. J. Zool., 1979. – Vol. 57. – P. 486-498.
8. Arsenault A.L., Clattonburg R.E., Odenese P.H. Further observations on spermatogenesis in the shrimp, *Crangon septemspinosa*. A mechanism for cytoplasmic reduction. – Say. Can. J. Zool. – 1980. – Vol. 58, #4. – P. 497-506.
9. Brown G.G. Ultrastructural studies of sperm morphology and sperm- egg interaction in the decapod *Callinectes sapidus*. – J. Ultrastruct. Res, 1966. – Vol. 14. – P. 425-440.

10. Charniaux-Cotton H. La glande androgene de quelques Crustaeils Defapodes et particulièrement de *Lysmata sedicaudata*, espece a hermaphrodisme proterandrique fonetionnel. – C.R. Acad. Sci., Paris, 1958. – Vol. 246 – P. 2817-2819.
11. Charniaux-Cotton H. Physiologie de la gonade de *Lysmata seticauda*, (Crevvette d hermaphrodisme proterandrique) chez les individus normaux et les femelles masculinsees. – C.R. Acad. Sci., Paris, 1961. – Vol. 253. – P. 199-201.
12. Cameron M.L., Fogal W.H. The development and structure of the acrsome in the sperm of *lumbricus terrestris* L. – Can. J. Zool. – 1963. – Vol. 41. – P. 753-761.
13. Komai T.A. revision of the genus *Pandalus* (Crustacea: Decapoda: Caridea: Pandalidae) // Journal of Natural History. – 1999. – Vol. 33. – P. 1265-1372.
14. Langreth S.G. Spermogenesis in caneer crabs. – J. Cell. Biol. – 1969. – Vol. 43. – P. 575-603.
15. Medina A. Spermatozoal ultrastructure in Dendrobranchiata (Crustacea, Decapoda): Taxonomic and phylogenetic considerations I I Advances in spermatozoal phylogeny and taxonomy (ed. B.G.B. Jamieson, J Ausio, J.-L. Justine). Memories du Museum National d'Histtoire Naturelle. Paris, France, 1995. – Vol. 166. – P. 231-242.
16. Moses M.J. Spermogenesis in the crayfish (*Procambarus clarkii*). I. Structural characterization of the mature sperm. – J. Biophys. Biochem. Cytol., 1961a. – Vol. 9. – P. 222-228.
17. Moses M.J. Spermogenesis in the crayfish (*Procambarus clarkii*). II. Description stages. – J. Biophys. Biochem. Cytol., 1961b. – Vol. 10. – P. 301-333.
18. Reger J.F. Studies on the fino structure of spermatids and spermatozoa of the crab, *Pinnizia*. – J. Morphol., 1970. – Vol. 132. – P. 89-100.
19. Yasuzumi G. Electron microscope studies on spermogenesis in various animal species. – Int. Rev. Cytol., 1974. – Vol. 37. – P. 53-119.
20. Yasuzumi G., Kaye G.I., Pappas G.D., Yamamoto H., Taubo T. Nuclear and cytoplasmic differentiation in developing sperm of the crayfish, *Cambaroides japonicus*. – Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat., 1961. – Vol. 53.– P. 141-158.
21. Рузен-Ранге Э. Сперматогенез у животных. – М.: Мир, 1980. – 255 с.
22. Medina Antonio. The atypical sperm morphologis of *Aristeuse antennatus* and *Aristaeomorpha foliacea* and their phylogenetic significance // Mem. Mus. nat. hist. Natur. Zool. – 1995. – Vol. 166. – P. 243-250.
23. Medina Antonio. Spermatozoal ultrastructure in Dendrobranchiata // Mem. Mus. nat. hist. Natur. Zool. – 1995. – Vol. 166. – P. 231-242.

**Сведения об авторе:** Ковалева Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, доцент.

УДК 574.52

**С.Е. Лескова, И.Г. Рыбникова**Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ПОЛУЧЕНИЕ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКОГО ПЕТУШКА  
*RUDITAPES PHILIPPINARUM* В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Экспериментальная работа проводилась на базе Научно-производственного департамента марикультуры (зал. Петра Великого, Славянский зал., бухта Северная). По экспериментальным данным описана биотехнология получения личинок и молоди тихоокеанского петушка в заводских условиях.*

**Ключевые слова:** тихоокеанский петушок, искусственное разведение, стимуляция, личиночное развитие.

**S.E. Leskova, I.G. Rybnikova****JUVENILES BREEDING OF *RUDITAPES PHILIPPINARUM*  
IN PLANT CONDITIONS**

*Experimental work was conducted on the base of Scientific and Production Department of Mariculture (Peter the Great Bay, Slavyanskiy Gulf, Severnaya Bay). Biotechnology of larvae and juveniles breeding of *Ruditapes philippinarum* in plant conditions was described in accordance with experimental data.*

**Key words:** *Ruditapes philippinarum*, artificial culture, stimulation, larval evolution.

**Введение**

Разведение венерид – новая отрасль в России. Основной источник получения молоди петушка – это искусственное разведение путем выращивания личинок в заводских условиях. Выращивают петушков также в устричных клерах и парках, на дне и в садках, которые устанавливают в толще воды или вкапывают в дно. Тихоокеанский петушок растет быстрее европейского, менее требователен к условиям содержания, поэтому его предпочитают при культивировании [1].

Промысловый двустворчатый моллюск *Ruditapes philippinarum* широко распространен в мелководных бухтах зал. Петра Великого, где до середины 1930-х гг. существовал его промысел [2, 3]. Общий запас в зал. Петра Великого может составлять порядка 400 т, а в водах северного Приморья – 50 т.

Вдоль побережья Дальнего Востока нерест рудитапеса проходит с начала июля до середины августа при температуре воды 18-20 °С. В возрасте одного года рудитапес имеет размеры 10-15 мм, в двухлетнем – 16-30 мм, в трехлетнем – 30-35 мм. Половозрелыми особи становятся на 3-4-м году жизни. Товарным принято считать рудитапеса размером 35-40 мм.

Целью данной работы являлось изучение развития и получение молоди петушка тихоокеанского в заводских условиях.

**Объект и методы исследований**

Экспериментальная работа проводилась в летний период (июль-август) 2010 г. на базе Научно-производственного департамента марикультуры (зал. Петра Великого, Славянский зал., бухта Северная). Производители для данной работы были собраны в зал. Посъета (бухта Новгородская) вручную и с помощью специального сачка с мел-

кой ячеей на глубине от 0,5 до 1,5 м. Моллюски перевозились в лабораторию в специальной таре без воды. Состояние репродуктивной системы моллюсков оценивалось под микроскопом по временным препаратам (мазкам) из половых желез. В адаптационный период производители содержались в емкостях объемом 300 л, при температуре 16-18 °С, с постоянным аэрированием воды. Для получения половых продуктов применялся температурный метод стимуляции. Личинки содержались в емкостях объемом 30 л при температуре 23-24 °С. В период развития моллюска контролировались условия содержания: кислородный режим, соленость, обновление воды, плотность содержания личинок. Со стадии велигер начали кормление личинок одноклеточными водорослями. Одноклеточные водоросли содержались и культивировались в заводских условиях. В процессе развития регистрировали время перехода от одной стадии к другой, когда более 50 % эмбрионов или личинок достигали следующей стадии, описывали их внешнюю морфологию и поведение.

### Результаты и их обсуждение

В настоящее время известно два способа получения потомства рудитапеса. Во-первых, выращивание потомства из яйцеклеток, полученных искусственной стимуляцией и доведенных до стадии оседания личинок на субстрат. Во-вторых, сбор молоди в естественных условиях на специальные коллекторы, выставленные в море. В условиях Приморья более приемлем первый способ получения потомства.

Биотехнология культивирования рудитапеса в искусственных условиях включает следующие этапы:



*Ruditapes philippinarum* –  
петушок тихоокеанский

1. *Отлов производителей.* 3-4-летние особи рудитапеса размером 30-40 мм, добытые из грунта, в количестве не менее 15 экземпляров перевозятся в лабораторию. Моллюсков тщательно промывают под проточной водой от ила. Моллюски, выбранные в качестве производителей, должны быть активными (передвигаются по дну при помощи ноги), реагировать на раздражение мантии (створки моллюска должны захлопываться). Неактивные особи отбраковываются.

2. *Стимуляция нереста.* Прошедших адаптацию производителей рудитапеса помещают в сосуды (1 экз. на 1 л воды) и подвергают стимуляции.

Методы стимуляции. *Температурный* – моллюсков извлекают из воды и сушат от 6 до 10 ч (в зависимости от размеров). Во время сушки в помещении должна быть высокая влажность воздуха. После сушки моллюсков заливают водой, температура воды должна быть на 3 °С выше обычной нерестовой, и оставляют на 30-60 мин. *Химический* – при стимуляции нереста применяют химические реагенты ( $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  или  $\text{H}_2\text{O}_2$ ).  $\text{H}_2\text{O}_2$  добавляют в воду 4 моль/л, в этот раствор опускают моллюсков на 15-60 мин.  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  разбавляют в воде 30 моль/л и опускают в приготовленный раствор моллюсков на 15-20 мин.

Производители, не приступившие к нересту в течение 3-5 ч, отбраковываются. Моллюсков, начавших нереститься, переносят в другие нерестовые сосуды, заполненные морской водой с температурой, соответствующей температуре нереста, где они продолжают нереститься. После окончания нереста моллюсков удаляют, а полученную суспензию яйцеклеток и спермы используют для оплодотворения.



3. *Оплодотворение.* Перед оплодотворением суспензию яйцеклеток и спермы необходимо промыть от обрывков тканей гонад, процеживая ее через капроновое сито (размер ячеек 125 мкм). После оплодотворения оплодотворенные яйцеклетки опускаются на дно, в верхнем слое воды остаются неоплодотворенные или поврежденные яйцеклетки – их удаляют с помощью сифона (сливают верхний слой воды).

4. *Содержание эмбрионов.* Оплодотворенные яйцеклетки (рис. 1, а) плотностью 100 тыс. шт./мл необходимо поместить в чистые сосуды с плоским дном и закругленными углами (лучше использовать круглые емкости). Плотность определяется следующим образом: хорошо перемешав суспензию яйцеклеток в нерестовом сосуде 3 раза, отобрать по 0,01 мл, поместить на предметное стекло и под микроскопом просчитать в этом объеме количество яйцеклеток и их среднее значение из трех повторных проб *n*. Объем суспензии оплодотворенных яйцеклеток, который необходимо добавить на каждый литр воды в емкости для культивирования эмбрионов, рассчитывают как отношение 100000 : *n* 100.

Чистую емкость сначала заливают на 1/3 объема водой, затем осторожно (по стеночке) вливают рассчитанный объем суспензии яйцеклеток и доливают водой до половины. Воду в емкостях с эмбрионами необходимо слабо аэрировать, помещая распылитель у поверхности воды.

Через 30 мин необходимо оценить развитие оплодотворенных яйцеклеток. Для этого пипеткой отбирают 0,5 мл суспензии яйцеклеток, помещают их на предметное стекло и считают количество эмбрионов на стадии 1-го полярного тельца на 100 яйцеклеток. В норме этот показатель должен быть не менее 90 %, если же он ниже 70 %, то такие эмбрионы не пригодны для дальнейшего культивирования.

Через 12 ч объем культуры в сосудах с развивающимися подвижными эмбрионами необходимо довести до 3/4 объема, а когда трохофоры (рис. 1, б) поднимутся в поверхностный слой воды, емкость заполнить полностью. На стадии велигер подсчитывают выживаемость. Для этого тщательно перемешивают всю культуру, быстро пипеткой три раза отбирают пробы, помещают их в камеру Богорова, фиксируют формалином и под биноклем просчитывают количество личинок на 100 эмбрионов. В норме процент нормально развивающихся велигеров должен составлять 60-70 %. Если их меньше 50 %, такая культура отбраковывается. В этом случае необходимо вызвать повторный нерест у других производителей.

5. *Содержание личинок от стадии велигер до метаморфоза.* Личинок на стадии велигер (рис. 1, в) рассаживают в емкости плотностью 8000 экз./л.

Воду в сосудах с личинками необходимо аэрировать (распылитель помещают в нижней трети толщи воды) для равномерного распределения личинок по всему объему. Смену воды осуществляют каждый день с помощью сифона через капроновое сито с ячейкой 80 мкм на 1/3 объема воды и доливают такой же объем свежей.

В течение первой недели велигеры в основном скапливаются у поверхности воды, затем они равномерно распределяются в толще воды, а ближе к метаморфозу собираются у дна.

Со стадии велигер необходимо начинать кормление одноклеточными микроводорослями. До стадии оседания личинок кормят смесью водорослей двух видов *Isochrysis*, *Phaeodactylum*. На стадии оседания кормят смесью водорослей *Nitzshia*+*Phaeodactylum*. Корм добавляют после смены воды. Плотность водорослей для кормления должна составлять от 3 тыс. до 10 тыс. шт./мл.

6. *Выставление коллекторов и отсадка молоди в море.* Примерно через 20 дней после оплодотворения, когда личинки достигнут стадии педивелигера (рис. 1, г) (длина раковины 125 мкм), для сбора оседающей молоди в емкости необходимо выставить коллекторы – мешочки из крупноячеистой дели.

Смену воды в емкостях с момента оседания личинок необходимо проводить раз в три дня: сливая воду, необходимо одновременно заливать свежую воду, следя за тем, чтобы коллекторы не осушались. Заменяют объем воды, равный объему емкости.

Корм подается ежедневно. Через 1-1,5 месяца, после достижения осевшей молоди (рис. 1, д) 2,5 мм, молодь необходимо пересадить в мешочки с песком и выставить в море.

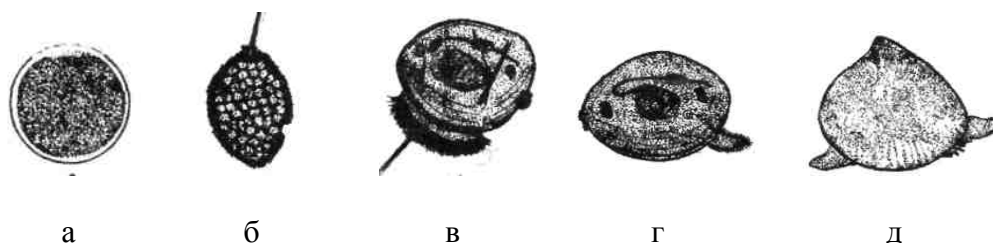


Рис. 1. Основные эмбриональные и личиночные стадии развития петушка тихоокеанского *Ruditapes philippinarum*: а – оплодотворенная яйцеклетка; б – трохофора; в – велигер; г – педивелигер; д – осевшая молодь

Fig. 1. Basic embryonic and larval stages of *Ruditapes Philippinarum*: а – fertilized egg; б – trochophore larvae; в – veliger larvae; г – pediveliger larvae; д – settled juveniles

Таким образом, в результате эксперимента были отработаны методы стимуляции нереста производителей, проведен нерест, получены личинки и молодь петушка тихоокеанского. Во время содержания и развития личинок подобраны температурный и кислородный режимы, плотность содержания личинок, а также рацион питания.

Проведенный эксперимент показал, что развитие петушка тихоокеанского *Ruditapes philippinarum* завершается оседанием молоди через 18-20 дней после оплодотворения при температуре 23 °С.

Результаты эксперимента можно рекомендовать как основу технологии культивирования петушка тихоокеанского в водах южного Приморья как в заводских, так и в естественных условиях.

### Список литературы

1. Касьянов В.Л. Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков [Текст] / В.Л. Касьянов, Л.А. Медведева, Ю.М. Яковлев, С.Н. Яковлев. – М.: Наука, 1980. – 204 с.
2. Раков В.А. Биологические особенности культивирования тихоокеанского петушка в заливе Петра Великого [Текст] / В.А. Раков // V съезд Всесоюзного гидробиологического общества (Тольятти, 15-19 сентября 1986 г.): тез. докл. – Куйбышев: Волжская коммуна, 1986. – Т. 1. – 232 с.
3. Базикалова А.Я. Промысловые моллюски [Текст] / А.Я. Базикалова. – Владивосток, 1931. – 53 с.

**Сведения об авторах:** Лескова Светлана Евгеньевна, старший преподаватель, e-mail: svetaleskova@mail.ru;

Рыбникова Ирина Григорьевна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: clura@rol.ru.

УДК 639.3

**Е.Ю. Образцова<sup>1</sup>, Т.Н. Даутова<sup>2</sup>, Т.Е. Буторина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

<sup>2</sup> Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,  
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОСЬМИЛУЧЕВЫХ КОРАЛЛОВ РОДА *CALCIGORGIA* КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ И АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СРЕДЫ**

*Приведены данные о распространении семи видов восьмилучевых кораллов рода *Calcigorgia* Курильских островов и условиях их обитания.*

**Ключевые слова:** *восьмилучевые кораллы, Курильские острова, горгонарии.*

**E.J. Obratsova, T.N. Dautova, T.E. Butorina**

## **THE DISTRIBUTION OF EIGHT-BEAM CORALS OF SORT *CALCIGORGIA* OF KURILES ISLANDS AND ABIOTIC FACTORS OF ENVIRONMENT**

*The data about distribution of seven kinds of eight-beam corals of sort *Calcigorgia* of Kuriles islands and conditions of their dwelling is observed in work.*

**Key words:** *eight-beam corals, Kuriles islands, gorgonary.*

### **Введение**

Район Курильских островов характеризуется значительным богатством гидрофауны и разнообразием видового состава гидробионтов. В северной части Тихого океана Курильские острова являются наиболее перспективными для изучения восьмилучевых кораллов.

Восьмилучевые коралловые полипы (*Octocorallia*) – обширная группа морских животных, вызывающая большой интерес морских биологов всего мира, они участвуют в образовании рифов, атоллов и коралловых островов. В научной литературе очень мало данных о местонахождении восьмилучевых кораллов рода *Calcigorgia* в дальневосточных морях России, а также о влиянии экологических факторов на их распределение.

В связи с этим целью исследования является изучение распространения кораллов рода *Calcigorgia* в районе Курильских островов и выявление экологических факторов, благоприятствующих их обитанию.

### **Объект и методы исследований**

Материалом для работы послужила коллекция восьмилучевых кораллов Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. При изучении коллекции, наряду с кораллами, относящимися к известным видам, были обнаружены новые виды, указанные в тексте как *Calcigorgia* sp. 1, *Calcigorgia* sp. 2, *Calcigorgia* sp. 3, *Calcigorgia* sp. 4, *Calcigorgia* sp. 5.

Методы исследования восьмилучевых кораллов были изложены ранее [1].

### **Результаты и их обсуждение**

По координатам, указанным на изученных экземплярах коллекции восьмилучевых кораллов, была составлена схема местонахождения кораллов рода *Calcigorgia* в районе Курильской гряды (рис. 1). Для изучения условий, необходимых для разных видов кораллов, использованы данные, приведенные в атласе Курильских островов [2].

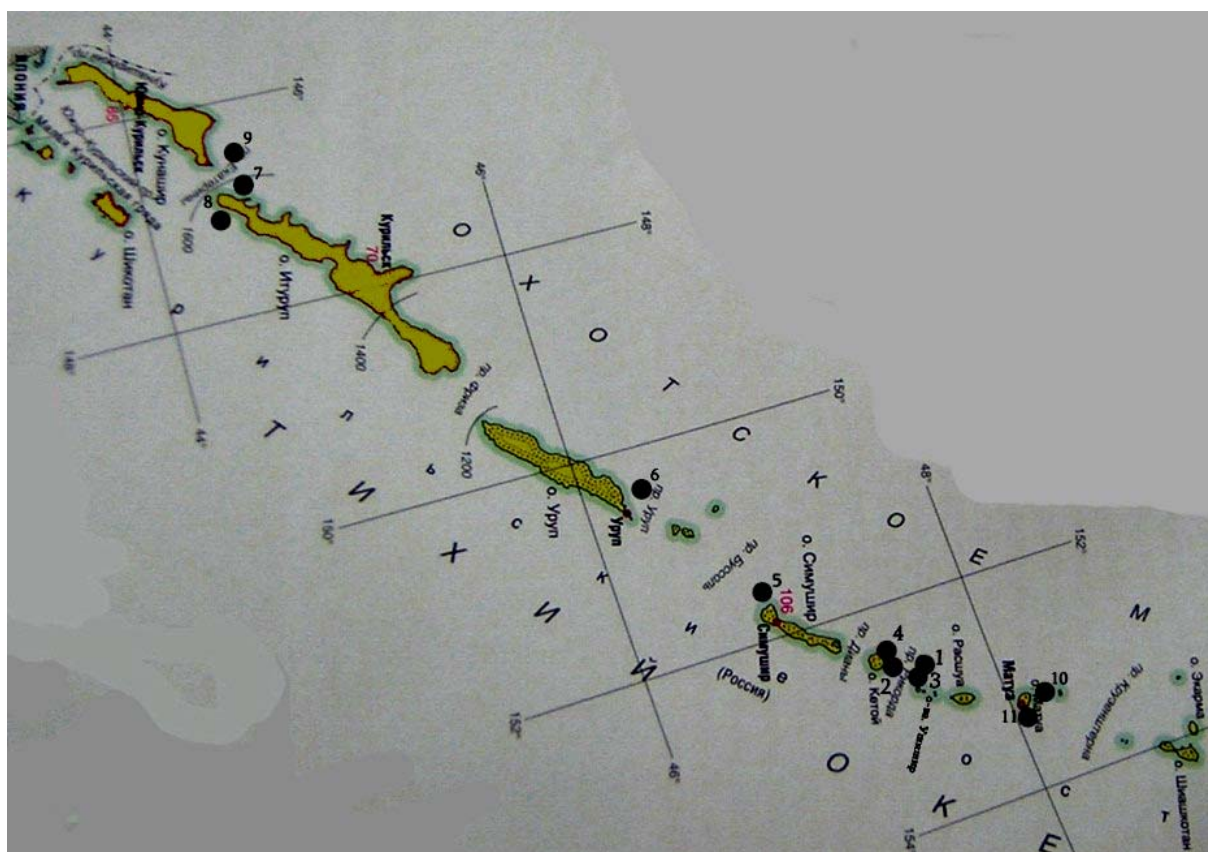


Рис. 1. Схема распределения восьмилучевых кораллов рода *Calcigorgia* в районе Курильских островов

Fig. 1. Scheme of distribution of eight-beam corals of sort *Calcigorgia* around Kuriles islands

На данной схеме точками указаны места находок восьмилучевых кораллов рода *Calcigorgia*. Цифры около точек указывают на число отмеченных видов кораллов:

- точка 1 (о-ва Ушишир, прол. Рикорда) – *Calcigorgia spiculifera*, *Calcigorgia* sp. 5;
- точка 2 (о-ва Ушишир, прол. Рикорда) – *C. spiculifera*;
- точка 3 (о-ва Ушишир, прол. Рикорда) – *Calcigorgia* sp. 2;
- точка 4 (о-в Кетой) – *C. spiculifera*;
- точка 5 (о-в Симушир) – *C. spiculifera*, *Calcigorgia beringi*, *Calcigorgia* sp. 3;
- точка 6 (о-в Уруп) – *C. spiculifera*;
- точка 7 (о-в Итуруп) – *C. spiculifera*;
- точка 8 (о-в Итуруп) – *C. beringi*, *Calcigorgia* sp. 1;
- точка 9 (о-в Итуруп) – *C. spiculifera*;
- точка 10 (о-в Матуа) – *Calcigorgia* sp. 2;
- точка 11 (о-в Матуа) – *Calcigorgia* sp. 4.

В табл. 1 приведены данные о числе проб, взятых в каждой точке. Они позволяют выделить прибрежные зоны Курильских островов, наиболее плотно заселенные кораллами рода *Calcigorgia* с наибольшим видовым разнообразием. Это о-ва Ушишир, Симушир, юг о-ва Итуруп и прол. Рикорда.

На распределение восьмилучевых кораллов оказывает влияние комплекс условий: глубина, гидрологические характеристики, состав грунта и др. В табл. 2 приведены данные об экологических факторах в местах обнаружения восьмилучевых кораллов в районе Курильских островов.

Таблица 1

**Пробы восьмилучевых кораллов рода *Calcigorgia*,  
взятые из района Курильских островов**

Table 1

**The tests of eight-beam corals of sort *Calcigorgia* taken  
from area of Kuriles islands**

Острова/проливы	Число проб на данном участке (по видам)	Общее количество проб на данном участке
О-в Матуа	1 проба – <i>C. sp.</i> 4	4
	3 пробы – <i>C. sp.</i> 2	
О-ва Ушишир/ Прол. Рикорда	8 проб – <i>C. spiculifera</i>	10
	1 проба – <i>C. sp.</i> 5	
	1 проба – <i>C. sp.</i> 2	
О-в Кетой	3 пробы – <i>C. spiculifera</i>	3
О-в Симушир	5 проб – <i>C. spiculifera</i>	7
	1 проба – <i>C. beringi</i>	
	1 проба – <i>C. sp.</i> 3	
Прол. Уруп	1 проба – <i>C. beringi</i>	1
О-в Уруп	4 пробы – <i>C. spiculifera</i>	4
О-в Итуруп	5 проб – <i>C. spiculifera</i>	11
	4 пробы – <i>C. beringi</i>	
	2 пробы – <i>C. sp.</i> 1	

Горгонии рода *Calcigorgia* могут осваивать различные глубины океана, поскольку они не ограничены в своем распространении симбиотическими связями с одноклеточными водорослями зооксонтелами, как мадрипоровые кораллы [3]. Большинство видов, по нашим данным, восьмилучевых кораллов приурочено к глубинам 50-200 м, что наиболее характерно для южных Курильских островов. У северных островов кораллы обитают преимущественно на больших глубинах – 100-500 м и выше.

Температура воды в зонах распространения кораллов в южной и средней части Курильской гряды в теплый период составляет 1,5-3,5 °С, а в холодный период – 0,5-2,0 °С. В северной части Курильских островов восьмилучевые кораллы встречаются при температуре воды в теплый период 1,0-2,0 °С, а в холодный период – от 0 до 1,5 °С. Это позволяет отнести изученные виды кораллов к холодолюбивым.

Соленость в зонах распространения кораллов близка к среднему уровню солености Мирового океана и составляет от 33,0 до 33,4 ‰.

В южной и в средней частях акватории Курил она немного превышает этот показатель для северной части Курильских островов (33,1-33,4 и 33,0-33,2 ‰ соответственно). При этом в теплый период года соленость воды незначительно выше, чем в холодный (33,1-33,4 и 33,0-33,4 ‰ соответственно), а у северных островов соленость не меняется в течение года и составляет 33,0-33,2 ‰. Таким образом, кораллы рода *Calcigorgia*, обитающие у Курильских островов, встречаются в относительно узком диапазоне солености, т.е. являются стеногалинными.

Содержание растворенного в воде кислорода в водах Курильских островов в местах обитания кораллов составляет от 4 до 9 мл/л. Наиболее высок этот показатель у о-ов Атласова и Уруп, здесь количество кислорода в воде составляет 7-9 мл/л. Самое низкое содержание кислорода в воде у о-вов Ушишир 4-5 мл/л, у других о-ов Курильской гряды его содержание составляет 5-6 мл/л.

Диапазон типов грунтов в зоне обитания кораллов представлен весьма разнообразно: твердый скалистый грунт, камни, валуны, галька, гравий, ракуша, битый баянус, вулканический шлак, песок.

Содержание кремнекислоты в воде у о-ва Итуруп составляет 20-40 мкг-ат/л, несколько выше его значение на севере акватории (40-60 мкг-ат/л), самое высокое содержание кремнекислоты отмечено в средней части Курильской гряды (60-80 мкг-ат/л) на глубинах более 200 м.

Плотность воды в районе Курильской гряды существенно не меняется в разные сезоны года (25,2-26,4 усл. ед.). На севере и юге в теплый период она составляет 25,2-26,0 усл. ед., в холодный период – 26,0-26,4 усл. ед.

Величина активной реакции среды (рН) на протяжении всей Курильской гряды является слабощелочной (около 8) в течение всего года.

Приведенные выше данные показывают, что восьмилучевые кораллы акватории Курильской гряды являются глубоководными, холоднолюбивыми, стенотермными и стеногалинными. При низких температурах потребность организмов в кислороде ниже, чем при высоких [4], поэтому кораллы *Calcigorgia spiculifera* и другие виды этого рода встречаются даже при невысоком содержании в воде кислорода (4-5 мл/л). В целом же для кораллов характерна оксифильность [3], что подтверждают и наши данные (табл. 2).

Для всех изученных кораллов рода *Calcigorgia* характерна ветвистая форма колонии [1, 5], которая определяется обитанием на глубинах, где отсутствуют активные волновые явления [3]. Поэтому они имеют небольшие размеры (4-22 см).

Важным фактором, влияющим на рост и выживание кораллов, является соленость воды. Как и другие кораллы, горгонарии рода *Calcigorgia* требовательны к уровню солености (табл. 2).

Наряду со сходными экологическими требованиями этих кораллов к условиям среды, можно отметить некоторые различия между видами (табл. 3). *C. spiculifera* обитает в широком диапазоне глубин от 50 до 450 м и при температурах от 0 до 3,5 °С, в зависимости от сезона года. С глубиной плотность и соленость воды увеличиваются, а температура снижается. Показатель плотности воды для *C. spiculifera* находится в диапазоне от 25,4-26,4 усл. ед. в зависимости от времени года. Этот вид кораллов, в отличие от других видов рода, единственный, который обитает при максимальном колебании содержания растворенного в воде кислорода (4-9 мл/л).

Для остальных изученных видов характерен меньший размах всех экологических показателей. Кораллы *Calcigorgia* sp. 1, *Calcigorgia* sp. 2, *Calcigorgia* sp. 3, *Calcigorgia* sp. 4 и *Calcigorgia* sp. 5 являются более глубоководными видами, они обитают на глубинах от 100 до 520 м, а *C. beringi* занимает промежуточное положение (50-100 м). Содержание в воде кислорода 4-6 мл/л благоприятно для обитания *Calcigorgia* sp. 2, 6-8 мл/л – для *C. beringi*, 4-5 мл/л – для *Calcigorgia* sp. 5 и 5-6 мл/л – для *Calcigorgia* sp. 1, *Calcigorgia* sp. 3, *Calcigorgia* sp. 4.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что все горгонарии рода *Calcigorgia* отличаются от других восьмилучевых кораллов тем, что обитают на больших глубинах (50-520 м), при низких температурах (0-3,5 °С), относятся к стенотермным и стеногалинным видам. Среди них только *C. spiculifera* встречается на всей акватории Курильской гряды и на различных глубинах, что связано с более выраженной толерантностью к условиям среды. *C. beringi* занимает глубины от 50 до 100 м в северной и центральной частях Курильской гряды. В то же время остальные исследованные виды, по нашим данным, имеют локальное распространение в районе Курильских островов, возможно, из-за более жестких требований к среде обитания. Однако наши знания о кораллах рода *Calcigorgia* пока ограничены.

The ecological factors in habitats of eight-beam corals sorts *Calcigorgia* of Kuriles islands

Название острова	Вид коралла	Глубина обитания, м	Грунт	Величина pH	Температура воды, °С		Соленость воды, ‰		Плотность воды, усл. ед.		Содержание растворенного кислорода, мкг-ат/л	Содержание кремнекислоты, мкг-ат/л
					Теплый период	Холодный период	Теплый период	Холодный период	Теплый период	Холодный период		
Курилы, о-в Атласова	<i>Calcigorgia spiculifera</i>	300-520	Свечка с вертикальной стеной, свал	≤ 8	1-2	0-1	≥33,0-33,2	≥33,0-33,2	25,4-25,6	26,2-26,4	7-9	40-60
Курилы, о-в Матуа	<i>Calcigorgia</i> sp. 2 <i>Calcigorgia</i> sp. 4	300-520	Вулканический шлак, битый баянус	≤ 8	1,5-2	1-1,5	33,3-33,4	33,2-33,4	25,8-26	≤ 26,4	5-6	60-80
Курилы, о-ва Ушишир, прол. Рикорда	<i>Calcigorgia spiculifera</i> ; <i>Calcigorgia</i> sp. 5 <i>Calcigorgia</i> sp. 2	100 300	Камни, валуны / камни, вал	≥ 8	1,5-2	1-1,5	33,3-33,4	33,2-33,4	26-26,2	≤ 26,4	4-5	≤ 60
Курилы, о-в Кетой	<i>Calcigorgia spiculifera</i>	200	Валуны	≤ 8	2,5-3	1,5-2	33,3-33,4	33,2-33,4	26-26,2	≤ 26,4	5-6	≤ 80 ≤ 80
Курилы, о-в Симушир	<i>Calcigorgia spiculifera</i> ; <i>Calcigorgia beringi</i> <i>Calcigorgia</i> sp. 3	50-100 200	Скала / песок, ракуша	≥ 8	2-2,5	1-1,5	33,3-33,4	33,2-33,4	26-26,2	≤ 26,4	≥ 6	40-60
Курилы, прол. Уруп	<i>Calcigorgia beringi</i>	100	Скала, вал	≤ 8	1,5-2	0,5-1	33,1-33,2	33,0-33,2	25,8-26	26,2-26,4	7-8	40-60
Курилы, о-в Уруп	<i>Calcigorgia spiculifera</i>	60-100	Скала, вал	≤ 8	1,5-2	0,5-1	33,1-33,2	33,0-33,2	25,8-26	26,2-26,4	7-8	40-60
Курилы, о-в Итуруп	<i>Calcigorgia spiculifera</i> ; <i>Calcigorgia beringi</i> <i>Calcigorgia</i> sp. 1	60-50-84 400	Ракушка, галька / песок, гравий	≤ 8 ≥ 8	≤ 3,5 2,5-3	0,5-1 0,5-1,5	33,2-33,3 33,3-33,4	33,0-33,2 33,0-33,2	25,2-25,4	26-26,4	7-8 5-6	20-40 ≥ 40

Основные экологические показатели среды для разных видов восьмилучевых кораллов рода *Calcigorgia*  
Курильских островов

Table 3

The basic ecological indicators of environment for different kinds of eight-beam coralsorts *Calcigorgia* of Kuriles islands

Вид коралла	Глубина обитания, м	Величина pH	Температура воды, °С		Соленость воды, ‰		Плотность воды, усл. ед.		Содержание растворенного кислорода, мл/л	Содержание кремнекислоты, мкг-ат/л
			Теплый период	Холодный период	Теплый период	Холодный период	Теплый период	Холодный период		
<i>Calcigorgia spiculifera</i>	50-450	$\leq 8; \geq 8$	1,0-3,5	0-2,0	33,0-33,4	33,0-33,4	25,4-26,2	26,2-26,4	4-9	20-80
<i>Calcigorgia beringi</i>	50-100	$\leq 8; \geq 8$	1,5-3,5	0,5-1,5	33,1-33,4	33,0-33,4	25,2-26,2	26,0-26,4	6-8	20-60
<i>Calcigorgia</i> sp. 1	400	$\geq 8$	2,5-3,0	0,5-1,5	33,3-33,4	33,0-33,2	25,2-25,4	26,0-26,4	5-6	$\geq 40$
<i>Calcigorgia</i> sp. 2	300-520	$\geq 8$	1,5-3,0	1,0-2,0	33,3-33,4	33,2-33,4	25,8-26,2	26,4	4-6	60-80
<i>Calcigorgia</i> sp. 3	200	$\leq 8$	1,5-2,0	1,0-1,5	33,2-33,4	33,6-33,8	26,0-26,2	26,4	5-6	60-80
<i>Calcigorgia</i> sp. 4	300	$\leq 8$	1,5-2,0	1,0-1,5	33,3-33,4	33,2-33,4	25,8-26,0	26,4	5-6	60-80
<i>Calcigorgia</i> sp. 5	100	$\geq 8$	1,5-2,0	1,0-1,5	33,3-33,4	33,0-33,2	26,0-26,2	26,4	4-5	$\leq 60$



### Список литературы

1. Образцова Е.Ю. Морфологическое разнообразие склеритов восьмилучевых кораллов рода *Calcigorgia* Курильских островов [Текст] / Е.Ю. Образцова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – Ч. 1. – С. 67-71.
2. Атлас Курильских островов [Электронный ресурс]. – М.; Владивосток, 2009. – CD-Rom.
3. Шепард Ч. Жизнь кораллового рифа [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 184 с.
4. Никольский Г.В. Экология рыб [Текст]: учеб. пособие для ун-тов. – М.: Высш. шк., 1974. – 357 с.
5. Образцова Е.Ю. Внутривидовая изменчивость восьмилучевых кораллов *Calcigorgia spiculifera* Курильских островов [Текст]: материалы междунар. конф. / Е.Ю. Образцова, Т.Н. Даутова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. – С. 155-157.

**Сведения об авторах:** Образцова Елизавета Юрьевна, аспирант, e-mail: liza050586@mail.ru;

Даутова Татьяна Николаевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: tndaut@mail.ru;

Буторина Тамара Евгеньевна, доктор биологических наук, профессор.

УДК 591.69-7

**Н.Н. Самотылова, В.Н. Казаченко**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 526

### **ПАРАЗИТЫ ГОЛОВОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ (CEPHALOPODA)**

Значение головоногих моллюсков в природе велико, они играют большую роль в пищевых цепях, при переносе вещества и энергии. Приведены жизненные циклы паразитов (дициемид, моногенеи, цестод, трематод, акантоцефал, нематод, ракообразных) головоногих моллюсков. Головоногие моллюски являются промежуточными хозяевами потенциально опасных паразитов для человека (цестоды, акантоцефалы и нематоды). На тихоокеанском кальмаре (*Todarodes pacificus*) зарегистрированы паразитические копеподы *Caligus orientalis*, *Lepeophtheirus parviventris*, *L. chantoni*. Впервые на кальмаре найдены копеподы *L. parviventris* и *L. chantoni*.

**Ключевые слова:** жизненный цикл, головоногие моллюски, паразиты, личинки, дициемиды, трематоды, цестоды, моногенеи, нематоды, акантоцефалы, ракообразные, окончательные хозяева, промежуточные хозяева.

**N.N. Samotylova, V.N. Kazachenko**

### **PARASITES OF CEPHALOPODS (CEPHALOPODA)**

There is a great importance of Cephalopods in nature. They play an serious role in the food chains and they transfer the matter (substance) and energy throughout the body. There are some life cycles of Cephalopods's parasites in this article (dicyemids, monogeneids, tapeworms, digenetic trematods, acanthocephalans, nematods, crustaceas). Cephalopods are intermediate hosts of potentially dangerous parasites for human (tapeworms, acanthocephalans and nematods). Parasitic copepods *Caligus orientalis*, *Lepeophtheirus parviventris*, *L. chantoni* have been discovered on the Japanese flying squid. For the first time parasitic copepods (*Lepeophtheirus parviventris* and *L. chantoni*) was found on the Japanese flying squid.

**Key words:** life cycle, cephalopods, parasites, larvae, dicyemids, digenetic trematods, tapeworms, monogeneids, nematods, acanthocephalans, crustaceas, definitive hosts, intermediate hosts.

#### **Введение**

Целью настоящего исследования является обобщение сведений о паразитах головоногих моллюсков. Они играют большую роль в пищевых цепях, при переносе вещества и энергии [1]. Но только этим их роль в Мировом океане не исчерпывается. Головоногие моллюски являются промежуточными хозяевами некоторых паразитов, часть из которых является потенциально опасными для здоровья человека. Головоногие моллюски в Мировом океане распространены от Центрального Полярного бассейна до Антарктиды и от литорали до ультраабиссали. Известно, что количество видов паразитов превышает количество свободноживущих видов [2, 3, 4, 5], поэтому их изучение, в частности у головоногих моллюсков, является актуальным.

#### **Объекты и методы исследований**

В зал. Петра Великого (Японское море) проведен качественный сбор паразитических копепод тихоокеанского кальмара (*Todarodes pacificus*). Используются общепринятые методики исследования в паразитологии.

#### **Результаты и их обсуждение**

У головоногих моллюсков зарегистрированы следующие группы паразитов: вирусы, бактерии, грибы, простейшие (жгутиконосцы, инфузории – *Chromidina*, микроспоридии, кокцидии – *Aggregata*), дициемиды, моногеноидеи – *Isancistrum*, трематоды (личинки *Didymozoidae* gen. sp. ad., метациркарии типа *Monilicaecum*, *Hirudinella ventricosa* juv., половозрелые гемуриаты и опецелиды), цестоды (филлоботрииды, тетраринхиды, *Dinobothrium* sp. I., *Scolex pleuronectes bilocularis*, *Scolex pleuronectes unilocularis*, *Scyphophyllidium* sp. I, *Pelichnibothrium speciosum* I., *Phyllobothrium* sp. I. I, *Phyllobothrium* sp. I. II, *Phyllobothrium* sp. I. III, *Tentacularia coryphaenae* I.,

*Nybelinia yamagutii* l., *N. lingualis* l., *Hepatoxylon trichiuri*), нематоды (*Anisakis simplex*, *A. physeteris* l, *Pseudoterranova decipiens*, *Contracaecum* sp., *Porrocaecum* sp. l., *Hysterothylacium* sp. l., *Spinitectus* sp. l. (I), *Spinitectus* sp. l. (II), *Spirurata* gen. sp. l.); акантоцефалы (*Acanthcephala* gen sp. I, *Acanthcephala* gen sp. II, *Neorhadinorhynchus atlanticus* ad.), ракообразные (*Anchicaligus nautili*, *Caligus lolliguncula*, *C. orientalis*, *Lepeophtheirus chantoni*, *L. parviventris*, *Pennella exocoeti*, *Argulus*, Isopoda), полихеты, пиявки [1, 6, 7, 8, 9, 10].

Потенциально опасными паразитами для человека являются цестоды, акантоцефалы и нематоды (представители семейства *Anisakidae*, последние вызывают у человека болезнь *larvae migrans visceralis*). Меры профилактики с паразитами – термическая обработка морской продукции.

Знание жизненных циклов паразитов необходимо для борьбы с ними, чтобы прерывать их жизненные циклы. Ниже приводим жизненные циклы паразитов головоногих моллюсков.

**Класс Dicyemida.** Жизненный цикл дициемид (рис. 1) [11, 6, 7]: *Dicyemida* паразитируют в почках и перикардиальной полости осьминогов и каракатиц. Расселительная личинка проникает в почку головоногого моллюска и превращается в нематогена-основателя. В нем образуются зародышевые клетки, из которых образуются червеобразные зародыши.

Они покидают материнский организм (нематогена-основателя), развиваются в почке хозяина и называются первичными нематогенами. После нескольких поколений в одном из нематогенов (ромбогене) развиваются гермафродитные поколения – инфузориены. Из оплодотворенных яиц инфузориенов выходят расселительные личинки – инфузориформы, покидающие головоногого моллюска. Дальнейшая их судьба во внешней среде неизвестна.

**Класс Monogenoidea.** Моногенеи (рис. 2) – паразиты жаберного аппарата рыб, они зарегистрированы на головоногих моллюсках, амфибиях, один вид известен от бегемота (млекопитающие). Жизненный цикл моногений прямой, т. е. без смены хозяев [11, 6, 12]: яйцо, личинка, взрослая форма паразитирует на хозяине (как правило, рыбы).

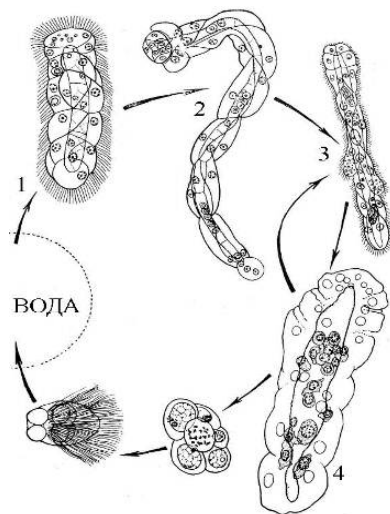


Рис. 1. Схема жизненного цикла дициемид (*Dicyemida*): 1 – расселительная личинка в почке головоногого моллюска; 2 – нематоген-основатель; 3 – первичный нематоген; 4 – ромбоген, в котором формируются инфузориены; 5 – инфузориен с овоцитами; 6 – инфузориформ [11]

Fig. 1. Life cycle of *Dicyemida* [11]:  
1 – larva in renal organs of Cephalopoda;  
2 – nematogen; 3 – primary nematogen;  
4 – rhombogen with infusorigen;  
5 – infusorigen with ovocyte; 6 – infusoriform

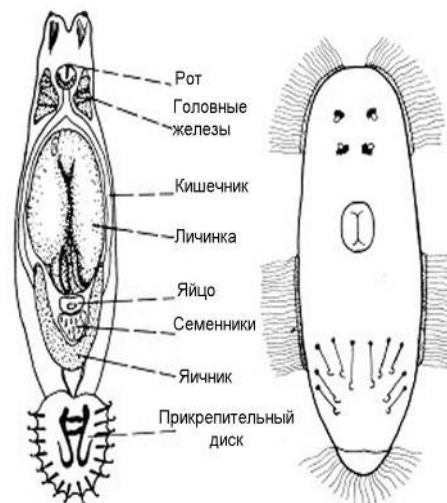


Рис. 2. Схема строения Monogenoidea (слева); личинка Monogenoidea (справа) [12]

Fig. 2. Scheme constitution of Monogenoidea (left-side); larva of Monogenoidea (right-side) [12]

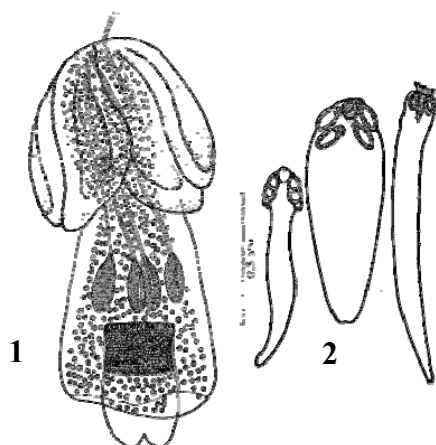


Рис. 3. Плероцеркоид цестоды:  
 1 – *Nybelinia lingnalis* [13];  
 2 – *Scolex pleuronectis* [13]  
 Fig. 3. Plerocercoids of cestods:  
 1 – *Nybelinia lingnalis* [13];  
 2 – *Scolex pleuronectis* [13]

Класс *Cestoda* (рис. 3). Жизненный цикл цестод (рис. 4) [11, 6, 7, 12] включает смену хозяев один или два раза. Наиболее сложный жизненный цикл протекает с участием трех хозяев (триксенный тип развития): первый, второй промежуточный и окончательный хозяева. Первый промежуточный хозяин – представители класса ракообразных. В полости тела ракообразного онкосфера (корацидий) превращается во вторую личиночную стадию – процеркоид, имеющий хвостовой придаток – церкомер, имеющий зародышевые крючья. Вторым промежуточным хозяином являются головоногие моллюски, рыбы, амфибии, рептилии, реже птицы и млекопитающие, в теле которых формируется следующая личинка – плероцеркоид.

Попав в окончательного хозяина (рыбы, рыбацкие птицы, морские млекопитающие), плероцеркоиды превращаются в половозрелую форму. Некоторые виды цестод имеют резервуарного хозяина.

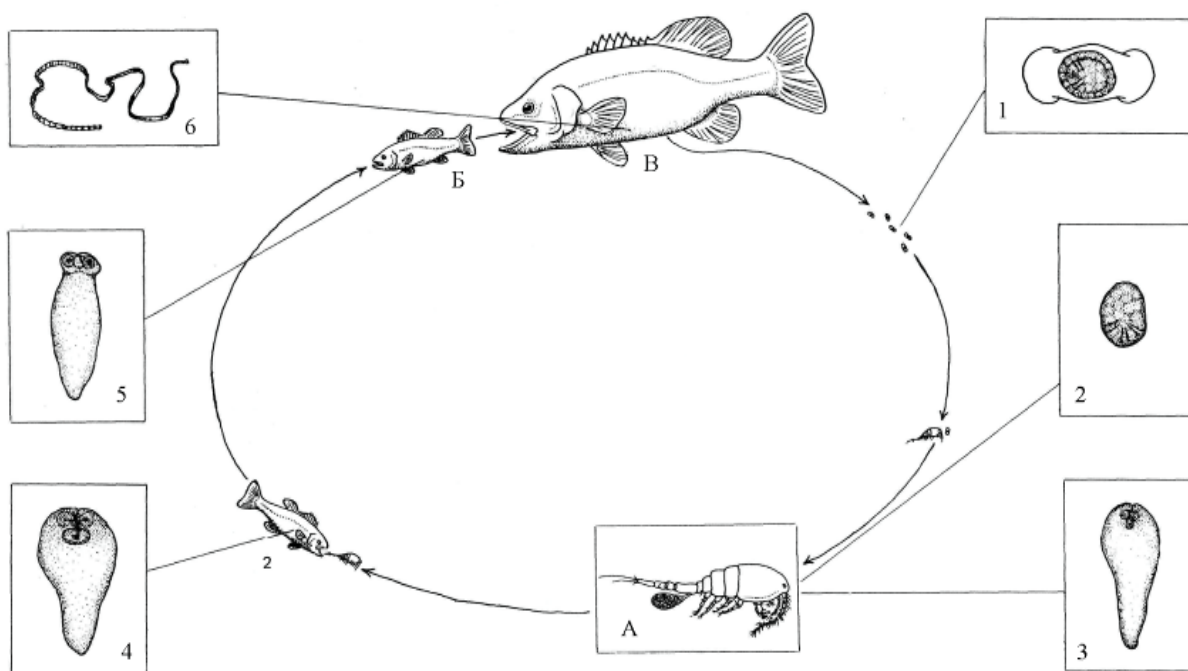


Рис. 4. Жизненный цикл *Proteocephalus ambloplitis* [12]: 1 – онкосфера в яйце; 2 – онкосфера в пищеварительном тракте копеподы; 3 – плероцеркоид I в полости тела копеподы; 4 – плероцеркоид II в полости тела рыб; 5 – поздняя стадия плероцеркоида II; 6 – взрослый червь в рыбы. А и Б – в первом и втором промежуточных хозяевах, В – в окончательном хозяине

Fig. 4. Life cycle of *Proteocephalus ambloplitis* [12]: 1 – egg containing oncosphere; 2 – oncosphere in gut of copepod; 3 – plerocercoid I in hemocoel of copepod; 4 – plerocercoid II in parenteral cavity of fish; 5 – later stage of same; 6 – adult in internal cavity of fish. Letters A and B indicate first and second intermediate hosts and B – definitive hosts

*Класс Trematoda.* Жизненные циклы трематод [11, 6, 7, 14] разнообразны, для них характерно чередование нескольких поколений (мирацидий, спороциста, редия, церкарий, метацеркарий, марита) в двух или четырех хозяевах (первый и второй промежуточные, дефинитивный, иногда – резервуарный).

Первыми промежуточными хозяевами трематод всегда являются моллюски (как правило, брюхоногие). По количеству хозяев развитие трематод подразделяется на четыре типа: однохозяинный (моноксенный), двуххозяинный (дисксенный), треххозяинный (триксенный) и четыреххозяинный (тетраксенный). Наиболее часто встречающийся – триксенный тип развития.

Схема жизненного цикла трематод (рис. 5): яйцо, личинка (мирацидий), первый промежуточный хозяин (моллюск), в котором формируется личинка – спороциста. В спороцисте образуются два поколения редий, а в последних – церкарии. Церкарий выходит во внешнюю среду и внедряется во второго промежуточного хозяина (головоногие моллюски, рыбы), в котором превращается в покоящуюся стадию – метацеркария. При поедании окончательным хозяином (рыбы, рыбацкие птицы, змеи, черепахи, морские млекопитающие) второго промежуточного хозяина метацеркарий превращается во взрослую форму – мариту.

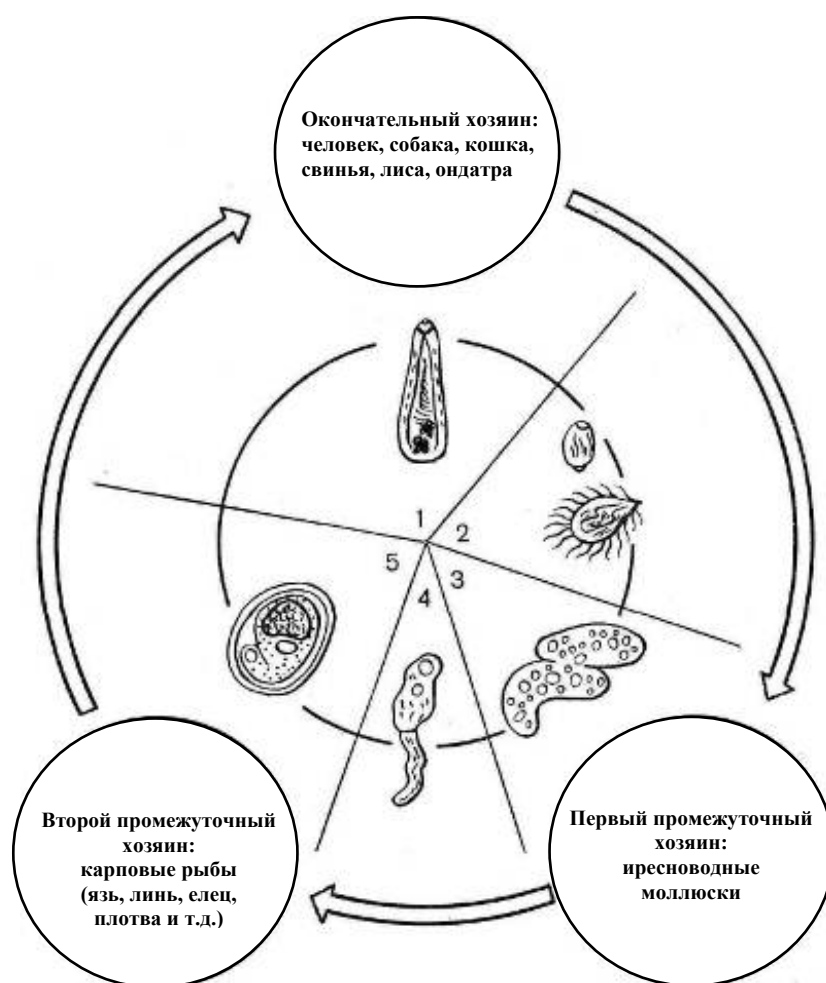


Рис. 5. Жизненный цикл *Trematoda* [14]: 1 – марита в дефинитивном хозяине; 2 – яйцо и мирацидий; 3 – редия в моллюске; 4 – церкария; 5 – метацеркария в промежуточном хозяине  
 Fig. 5. Life cycle of *Trematoda* [14]: 1 – marita in definitive host; 2 – egg cell and miracidium; 3 – redia in mollusca; 4 – cercaria; 5 – metacercaria in intermediate host

*Класс Nematoda.* Среди нематод (рис. 6) имеются свободноживущие и паразитические виды. Свободноживущих видов нематод больше, чем паразитических. Среди последних известны паразиты растений и животных. Жизненный цикл нематод [11, 6, 7, 16] разнообразен: прямой (без промежуточных хозяев) и сложный (с участием промежуточных и резервуарных хозяев). Метаморфоз нематод сопровождается четырьмя линьками [11], при этом происходит органогенез и рост паразита. В общем виде жизненный цикл нематод протекает по следующей схеме (рис. 7): яйцо, первый промежуточный хозяин (ракообразные), второй промежуточный хозяин (головоногие моллюски, рыбы), резервуарный хозяин (рыбы), окончательный хозяин (рыбы, рыбаобразные птицы, морские млекопитающие).

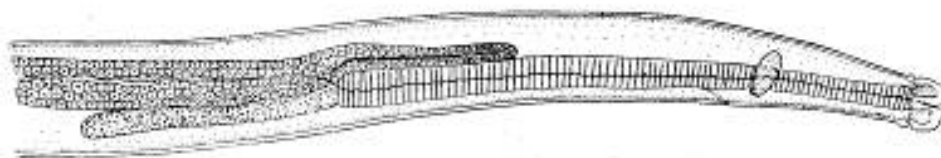


Рис. 6. Передняя часть тела *Contracaecum* [15]  
Fig. 6. Anterior part of body of *Contracaecum* [15]

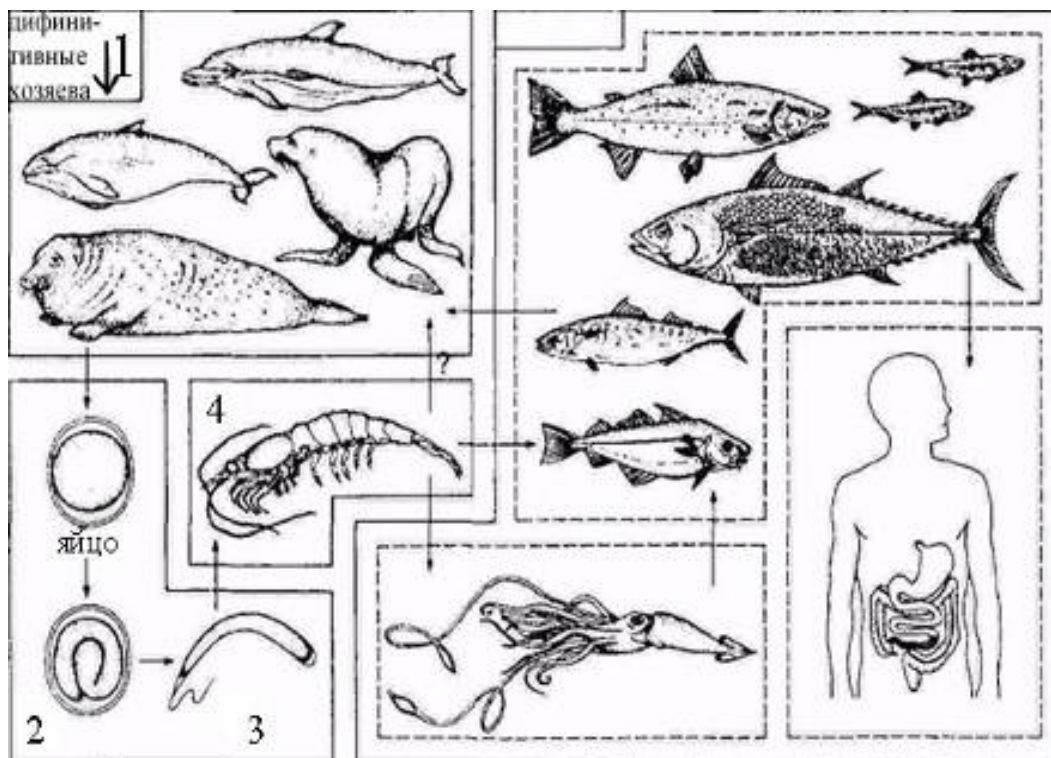


Рис. 7. Жизненный цикл *Anisakis sp.* [16]: 1 – дефинитивные хозяева; 2 – личинка первой стадии в яйце; 3 – личинка второй стадии; 4 – первый (ракообразные) и второй (рыбы) промежуточные хозяева. Головоногие моллюски – резервуарные хозяева нематод. Люди, употребившие в пищу рыбу или головоногого, зараженного *Anisakis sp.*, являются тупиковыми хозяевами для нематод  
Fig. 7. Life cycle of *Anisakis sp.* [16]: 1 – definitive host; 2 – first phase larva in the egg; 3 – second phase larva; 4 – first (crustaceans) and second (fish) intermediate hosts. *Cephalopoda* is reserve host.

People who ate fish or *Cephalopoda* are dead-end hosts for *Nematoda*

*Класс Acanthocephala.* Акантоцефалы, или колючеголовые (рис. 8), паразитируют у беспозвоночных (ракообразные, моллюски) и позвоночных (рыбы, земноводные, рептилии, птицы и млекопитающие).

Жизненный цикл *Acanthocephala* (рис. 9) [11, 6, 7, 12] часто включает резервуарных хозяев: яйцо, первый промежуточный хозяин (ракообразные), второй промежуточный хозяин (головногие моллюски, рыбы), резервуарный хозяин (рыбы), окончательный хозяин (рыбы, рыбацкие птицы, морские млекопитающие). Рыбы могут выступать в роли промежуточных и окончательных хозяев. Личинки акантоцефал потенциально опасны для здоровья человека, так как во взрослом состоянии паразитируют у морских млекопитающих и остаются живыми в кишечнике человека при поедании плохо проваренной и прожаренной рыбы.

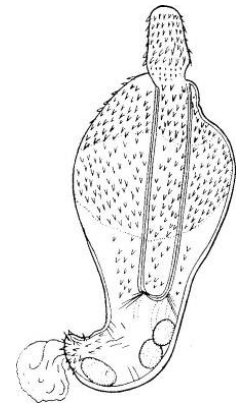


Рис. 8. Внешний вид *Acanthocephala* [15]  
Fig. 8. External appearance of *Acanthocephala* [15]

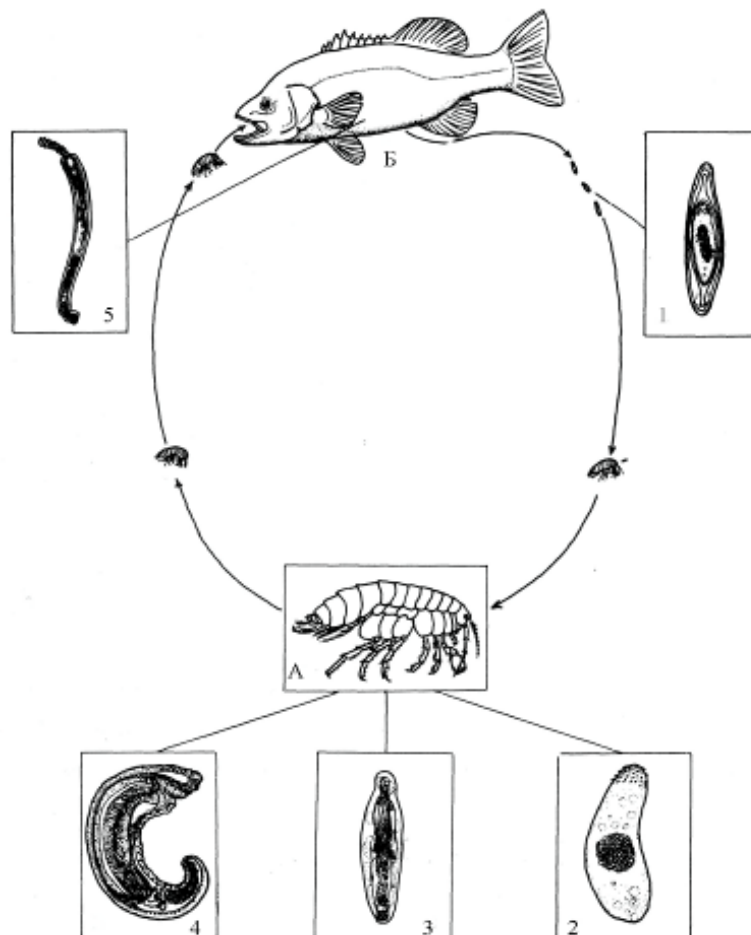


Рис. 9. Жизненный цикл *Acanthocephala* [12]: 1 – акантор в яйце; 2 – акантор в пищевом комке амфиподы; 3 – акантелла в полости тела амфиподы; 4 – цистакант в полости тела амфиподы; 5 – взрослая особь в кишечнике рыбы. А – промежуточный и Б – окончательный хозяева  
Fig. 9. Life cycle of *Acanthocephala* [12]: 1 – egg containing acanthor; 2 – acanthor in gut of amphipod; 3 – acanthella in hemocoel of amphipod; 4 – cystacanth in hemocoel of amphipod; 5 – adult in fish. Letters A and Б indicate intermediate and final hosts respectively



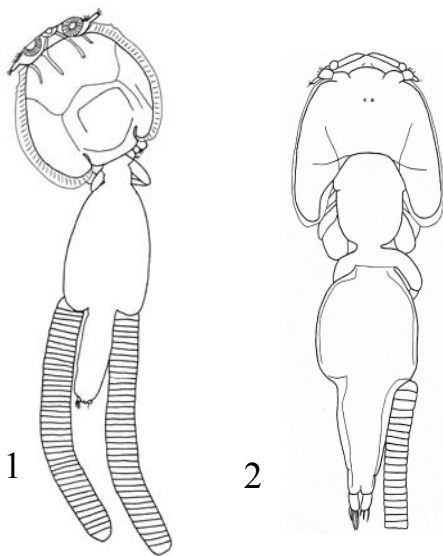


Рис. 10. 1 – *Caligus arii* (оригинал);  
2 – *C. pelamydis* (оригинал)  
Fig. 10. 1 – *Caligus arii* (original);  
2 – *C. pelamydis* (original)

Класс *Crustacea*. Среди ракообразных на головоногих моллюсках зарегистрированы копеподы семейства *Caligidae* (рис. 10) и личинки семейства *Pennellidae*. Жизненный цикл (рис. 11) ракообразных включает несколько стадий [17, 18]: яйцо, свободноживущие стадии (первый и второй науплиус), прикрепленные паразитические стадии (копеподит, первый, второй, третий и четвертый халимус, предвзрослая стадия) имеют фронтальный филламент, при помощи которого личинка копеподы прикрепляется к промежуточному хозяину.

В зал. Петра Великого (Японское море) на тихоокеанском кальмаре (*Todarodes pacificus*) нами зарегистрированы паразитические копеподы семейства *Caligidae*: *Caligus orientalis* Gussev, 1951 (длина тела трех самок без каудальных щетинок 3,5-4,3 мм и трех самцов – 3,7-4,7 мм); впервые на тихоокеанском кальмаре найдены копеподы *Lepeophtheirus parviventris* Wilson, 1905 и *L. chantoni* Gussev, 1951 (длина тела пяти самок 3,0-5,0 мм и одного самца – 3,65 мм).

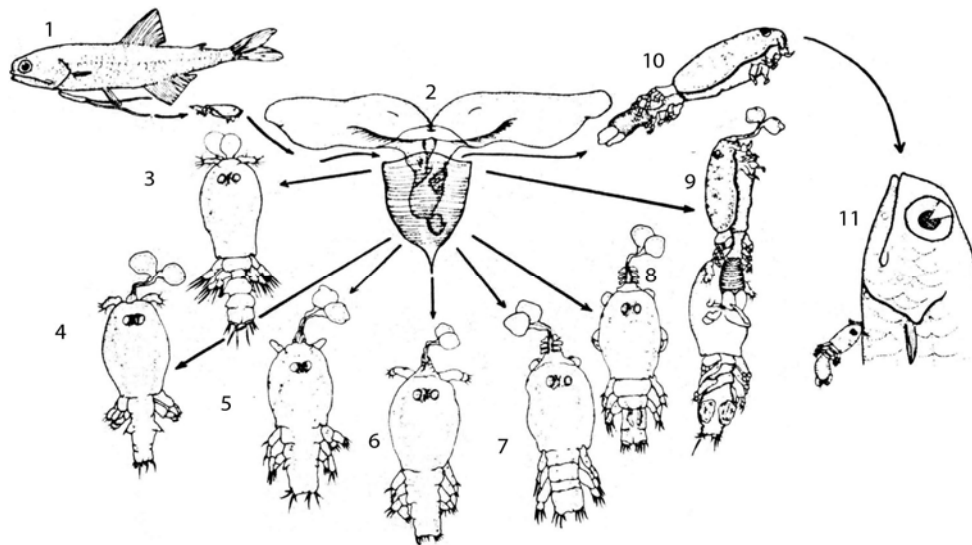


Рис. 11. Схема жизненного цикла *Cardiodertes medusaeus* (из: Perkins, 1983): 1 – дефинитивный хозяин (миктофида) с половозрелой самкой копеподы; 2 – промежуточный хозяин (гастропода); 3-9 – стадии развития копеподы в мантийной полости моллюска; 3 – копеподит; 4 – халимус I; 5 – халимус II, самка; 6 – самец халимус II, самец; 7 – самка халимус III; 8 – самец халимус III; 9 – копулирующие взрослый самец и предвзрослая самка; 10 – свободноживущая посткапулировавшая самка со сперматофорами, ищущая дефинитивного хозяина; 11 – предвзрослая самка, прикрепляющаяся к вентральной поверхности дефинитивного хозяина  
Fig. 11. Diagrammatic summary of the life cycle of *Cardiodertes medusaeus* (after Perkins, 1983): 1 – myctophid definitive host with adult, ovigerous copepod; 2 – gastropod intermediate host; 3-9 – developing larvae and amplexus within mantle cavity of intermediate host; 3 – copepodid; 4 – Chalimus I; 5 – Chalimus II, female; 6 – Chalimus II, male; 7 – Chalimus III, female; 8 – Chalimus III, male; 9 – adult male and preadult female in copulation; 10 – postmated, preadult female, carrying spermatophores in search of definitive host; 11 – preadult female grasping ventral body surface of definitive host



### Выводы

Приведены жизненные циклы дициемид, моногеней, цестод, трематод, акантоцефал, нематод, ракообразных – паразитов головоногих моллюсков. Потенциально опасными паразитами для человека являются цестоды, акантоцефалы и нематоды (представители семейства *Anisakidae*, последние вызывают у человека болезнь *larvae migrans visceralis*). На тихоокеанском кальмаре (*Todarodes pacificus*) зарегистрированы три вида паразитических копепод. Впервые на кальмаре обнаружены копеподы *L. parviventris* и *L. chantoni*.

### Список литературы

1. Нигматуллин Ч.М. Биомасса, продукция, роль в экосистеме Мирового океана и промысловый потенциал кальмаров семейства *Ommastrephidae* [Текст] // VI Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным: тез. докл. – М: ВНИРО, 2002. – С. 155-157.
2. Price P.W. Evolutionary biology of parasites. – Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1980. – 237 p.
3. Спасский А.А. О месте паразитологии в системе знаний и ее значении в деле охраны и рационального использования биологических ресурсов // Рациональное использование, охрана, воспроизводство биологических ресурсов и экологическое воспитание [Текст]. – Запорожье, 1988. – С. 98-102.
4. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты [Текст]: моногр. – М.: Ин-т охраны природы и заповедного дела, 1992. – 174 с.
5. Лебедев Б.И. Очерки по биоразнообразию и эволюционной паразитологии [Текст]: моногр.. – Владивосток: Дальнаука, 1995. – 208 с.
6. Cheng T.C. General parasitology. N.Y.-London, 1973. – 965 p.
7. Noble E., Noble G. Parasitology. The biology of animal parasites. 4-th ed. Philadelphia, 1976. – 566 p.
8. Нигматуллин Ч.М. О неопубликованной рукописи В.А. Догеля «Биологические особенности паразитофауны головоногих моллюсков» и современном состоянии проблемы [Текст] // Материалы IV Всерос. съезда Паразитологического общества при РАН. – Т. 2. – 2008. – С. 217-221.
9. Нигматуллин Ч.М. О структурном сопряжении трофических и паразитарных связей nektonного кальмара *Sthenoteuthis pteropus* в тропической Атлантике: коэволюционный аспект [Текст] / Ч.М. Нигматуллин, О.А. Шухгалтер // Тр. зоологического института РАН. – 2009. – Т. 313, №. 3. – С. 273-282.
10. Nigmatullin Ch. M., Shchetinnikov A. S., Shukhgalter O.A. On feeding and helminth fauna of neon flying squid *Ommastrephes bartramii* (Lesueur, 1821) (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the southeastern Pacific // Revista de Biologia Marina y Oceanografia, 2009. – Vol. 44 (1). – 227-235.
11. Шульц Р.С. Основы общей гельминтологии [Текст] / Р.С. Шульц, Е.В. Гвоздев. – Т. 2. Биология гельминтов. – М.: Наука, 1972. – 515 с.
12. Meyer M.C., Olsen W.O. Essentials of parasitology. – Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Co., 1977. – P. 303.
13. Гаевская А.В. Справочник болезней и паразитов промысловых рыб Атлантического океана [Текст] / А.В. Гаевская, А.А. Ковалева. – Калининград: Калинингр. кн. изд-во, 1991. – 208 с.

14. Генис Д.Е. Медицинская паразитология [Текст] / Д.Е. Генис. – М.: Медицина, 1985. – 304 с.

15. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР: Паразитические многоклеточные [Текст]. – Ч. 2. – Л.: Наука, 1987. – Т. 3. – 583 с.

16. Вайшер Б. Знакомство с нематодами: общая нематология [Текст] / Б. Вайшер, Д.Ф Браун. – София-М.: Pensoft, 2001. – 207 с.

17. Perkins P.S. The life history of *Cardiodectes medusaeus* (Wilson), a copepod parasite of lanternfishes (Myctophidae) // J. Crustac. Biol. – 1983. – Vol. 3. №. 1. – P. 70-87.

18. Ho, J.-s., Lin C.-L. Sea lice of Taiwan (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) – Sueichan Press, Taiwan. – 2004. – 388 p.

**Сведения об авторах:** Самотылова Нина Николаевна, аспирант, e-mail: samotnina@gmail.com;

Казаченко Василий Никитич, доктор биологических наук, профессор, e-mail: vaskaz@hotmail.ru.