

---

---

# ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

---

---

УДК 53

**Е.Н. Бауло, Л.В. Кучеренко, И.М. Слабженникова, С.Н. Мухина**

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

## **ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ЛАЗЕРНОЙ ИСКРОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ВОДНЫХ АКВАТОРИЙ МАРИХОЗЯЙСТВА**

*Представлены экспериментальные исследования элементного состава морской воды с использованием метода лазерной искровой спектроскопии. Цель исследований – выбор оптимальных методик возбуждения лазерной плазмы на поверхности воды. Рассмотрены методики многоимпульсного возбуждения лазерной плазмы, возбуждение лазерными импульсами наносекундной и фемтосекундной длительности. Определены пределы обнаружения некоторых химических элементов с использованием этих методик.*

**Ключевые слова:** метод лазерной искровой спектроскопии, водные акватории, марихозайство, объекты аквакультуры, пределы обнаружения, лазер, плазма, наносекундная длительность, фемтосекундная длительность.

**E.N. Baulo, L.V. Kucherenko, I.M. Slabzhennikova, S.N. Muhina**

## **THE OPPOTUNITIES OF APPLICATION OF THE LASER SPARK SPECTROSCOPYS METHOD IN THE ENVIRONMENTAL MONITORING OF WATER BASINS IN THE MARINE FARMING**

*The article is devoted to experimental investigations of elemental composition of sea water using laser spark spectroscopy. The aim of investigations is the choice of the optimum excitation laser plasma on the surface of the water. The detection limits of some chemical elements using these techniques. The ways of multipulsural laser plazma's excitation, the excitation of laser impuls with nanosecond's and femtosecond's duration were observed. The limits of some chemical elements were determed by application of above methods.*

**Key words:** method of laser spark spectroscopy, water areas, marine farming, objects of aquaculture, limit of detection, laser, plasma, nanosekundnaâ, duration of femtosecond duration.

### **Введение**

В нашей стране в новых социально-экономических условиях начинается возрождение марикультуры, и в ближайшее время ожидается ее бурный рост. Развитие аквакультуры должно быть направлено на развитие водного животноводства и водного растениеводства на морских и пресноводных акваториях прибрежных территорий Российской Федерации с целью удовлетворения потребностей населения в ценной продукции из гидробионтов оздоровительно-лечебного свойства, обеспечения сбалансированности питания и поддержания стабильной эксплуатации водных биоресурсов.

К экологическим проблемам марикультуры относятся:

- обеспечение экологической безопасности выращиваемых объектов аквакультуры;
- отсутствие научно обоснованной оценки воздействия плантаций марикультуры на водные акватории.

Марикультура оказывает на окружающую среду негативное воздействие метаболитами выращиваемых гидробионтов, остатками кормов, техническими конструкциями, токсическими веществами, нарушением структуры биоценозов и экосистем. Это может привести к возникновению заболеваний в марихозяйствах и прилежащих водах. Очевидная полезность морских ферм для человека может обернуться необратимыми последствиями для окружающей природы, с чем уже столкнулись мариводы Китая. В настоящий момент неизвестна степень экологической опасности плантаций марикультуры для различных природных условий дальневосточных морей и не разработана система ограничений и рекомендаций в этой области.

Обеспечение экологической безопасности выращиваемых объектов аквакультуры тесным образом связано с разработкой новых методов оперативного экологического мониторинга водных акваторий.

Современный уровень мониторинга водных акваторий предполагает разработку методов контроля качества воды, который осуществляется оперативно и в различных пространственных масштабах: от микромасштабов, внутри которых происходит определение концентрации веществ загрязнителей, или мониторинг состояния клеток водорослей (фитопланктона), до макромасштабов (климатических масштабов), где осуществляется мониторинг за динамикой и пространственным распределением веществ, представляющих угрозу для экологии (нефтяных загрязнений, выбросов веществ с различных производств и т.д.), а также за состоянием морских экосистем (фитопланктонных сообществ).

Актуальность данной работы по исследованию качества водных акваторий в местах выращивания объектов аквакультуры вызвана необходимостью разработки и внедрения в практику водоохраных мероприятий новейших лазерных технологий. Одним из решающих факторов качества воды является наличие в ней предельно допустимых концентраций (ПДК) химических элементов, превышение которых переводит химические элементы в разряд загрязнителей водных бассейнов. Элементы-загрязнители тормозят естественные процессы самоочищения водоемов, поэтому необходимо определять их содержание и качественно, и количественно. Число контролируемых показателей качества воды колеблется от 33 до 99 [1]. Среди них важными являются показатели, связанные с концентрациями тяжелых металлов, превышение которых приводит к необратимым процессам в гидросфере. Проведение оперативного контроля загрязнения водных акваторий позволит проводить оценку пространственно-временной изменчивости содержания элементов-загрязнителей в различных временных и пространственных масштабах, что обеспечит высокий уровень автоматизации сбора данных. Последнее обстоятельство является особенно важным для использования математических моделей при прогнозировании динамики загрязнения водных бассейнов в местах выращивания объектов аквакультуры.

### **Результаты и их обсуждение**

В работе обсуждаются возможности наиболее перспективного из существующих на настоящее время лазерных методов, предназначенных для исследования жидких сред – методов лазерной искровой спектроскопии (ЛИС). Существует довольно широкий круг задач, где использование этого метода позволяет получать результаты на новом качественном уровне. К таким задачам следует отнести прежде всего те, при решении которых необходимо осуществлять одновременный контроль за химическим составом исследуемых объектов и параметрами, характеризующими их состояние или их изменение под воздействием внешних процессов (включая антропогенные воздействия).

Морские экосистемы обладают широким спектром физических, химических и биологических механизмов, посредством которых загрязняющие вещества могут быть выведены из нее без серьезных нарушений биогеохимических циклов элементов и изменений биоты. Но когда концентрации загрязняющих веществ в среде достигают уровня, превос-

ходящего ассимиляционную емкость экосистемы, они начинают влиять на выживаемость, репродуктивную способность, рост и двигательную способность гидробионтов.

Контроль экологического состояния природных морских экосистем также носит сложный, многоступенчатый характер. Главной особенностью организации такого контроля является необходимость проведения его в несколько этапов, которых в простейшем случае может быть два – оперативный и аналитический. Метод ЛИС, обладая оперативными качествами, должен использоваться для решения широкого круга экологических задач, в частности, для экологического мониторинга водных сред в местах воспроизводства аквакультур.

При применении оптических технологий решаются несколько взаимосвязанных задач:

- проведение натурального гидрооптического эксперимента с целью изучения пространственно-временной структуры световых полей в изучаемой акватории и измерение вторичных оптических характеристик морской воды;
- решение обратной задачи восстановления первичных гидрооптических характеристик морской среды по результатам такого эксперимента;
- переход от пространственно-временного распределения первичных гидрооптических характеристик морской среды к соответствующему распределению ее интегральных океанологических и экологических характеристик на основе использования соответствующих алгоритмов восстановления;
- оценка экологической обстановки в контролируемой акватории на основе восстановленного по результатам натуральных гидрооптических исследований распределения интегральных экологических характеристик морской среды [2].

Таким образом, использование современных оптических методов экологических исследований позволяет осуществлять экспрессный экологический контроль состояния морской среды в местах интенсивных техногенных воздействий. К этим методам относится и метод ЛИС, но первоначально чувствительность этого метода не позволяла использовать его для решения прикладных задач, связанных с оперативным определением элементного состава водных сред.

Границы диапазонов концентраций каждого элемента целесообразно устанавливать отдельно для океанических и морских условий, поскольку пределы колебаний и причины изменчивости содержания металлов в пелагиали океана и в морских бассейнах различны.

При установлении морских ПДК широко используется и традиционный токсикологический метод, основанный на результатах экспериментальных поисков границ между токсическими, пороговыми и недействующими концентрациями токсичных веществ для разных видов, групп и стадий развития гидробионтов.

Токсический эффект рассматривается как результат взаимодействия трех факторов: организма, совокупности организмов, количества токсичных веществ и времени. Изучают зависимость токсического эффекта от концентрации при фиксированном времени и изменении токсического эффекта во времени при определенной концентрации вредного вещества в среде. По полученным результатам, кроме токсичных пороговых и максимально недействующих (подпороговых) концентраций, определяют еще  $LC_{50}$  – уровень, вызывающий летальный исход для 50 % организмов в острых опытах длительностью от 2 до 96 ч, и  $EC_{100}$  – уровень смертельных концентраций в острых опытах.

По данным табл. 1 виден значительный размах диапазонов пороговых и токсичных концентраций для большинства групп морских организмов [2]. В этом проявляются особенности группового реагирования гидробионтов на токсичные вещества различного происхождения.

Повышенной чувствительностью к действию токсичных веществ обладают планктонные ракообразные с их способностью к накоплению большого количества загрязняющих примесей вследствие фильтрационного механизма питания.

Таблица 1

**Значения токсичных (числитель) и пороговых (знаменатель) концентраций (мкг/л) различных загрязняющих веществ в морской среде для основных групп морских организмов**

Table 1

**Toxic values (numerator) and threshold (denominator) concentrations (mg/l) of different pollutants in the marine environment for the major groups of marine organisms**

Группы организмов	Ртуть	Кадмий	Свинец	Медь	Цинк	Мышьяк	Растворенные нефтепродукты	ДДТ, ПХБ и др.	Детергенты
Одно-клеточные водоросли	$\frac{10^{-1}-10^3}{10^{-1}-10}$	$\frac{10-10^3}{10-10^2}$	$\frac{10-10^2}{10-10^2}$	$\frac{10-10^3}{1-10}$	$\frac{10^2-10^4}{10^2-10^3}$	$\frac{10^3}{10^2-10^3}$	$\frac{10^2-10^6}{10-10^5}$	$\frac{10^2-10^2}{10^2-1}$	$\frac{10^3-10^6}{10^2-10^5}$
Макрофиты	$\frac{10-10^4}{10}$			$\frac{10-10^5}{10}$	$\frac{10^2-10}{-}$		$\frac{10^5-10^7}{10^6-10^7}$		$\frac{10^3-10^5}{10^3-10^5}$
Простейшие	$\frac{-}{1-10}$		$\frac{10^{-1}-10^3}{10^{-1}-10}$	$\frac{10-10^5}{-}$	$\frac{10^2-1}{-}$				
Ракообразные	$\frac{10^{-1}-10^4}{10^2-1}$	$\frac{10-10^4}{10-10^2}$	$\frac{10^2-10}{10}$	$\frac{1-10^5}{10^5}$	$\frac{10-10^5}{10-10^2}$		$\frac{10^2-10^8}{10-10^5}$	$\frac{10^2-10^2}{10^2-1}$	$\frac{10^3-10^6}{10^3-10^4}$
Моллюски	$\frac{1-10^4}{1-10^4}$	$\frac{10^2-10^4}{10-10^2}$	$\frac{10^3}{-}$	$\frac{10-10^4}{10-10^2}$	$\frac{10-10^2}{10^2}$		$\frac{10^2-10^8}{10^3-10^7}$	$\frac{10-10^4}{1-10^3}$	$\frac{10^2-10^6}{-}$
Черви	$\frac{1-10^4}{-}$	$\frac{10^3-10^5}{10^3}$	$\frac{10^2-10^5}{10^2-10^4}$	$\frac{10^2-10^4}{10-10^2}$	$\frac{10-10^4}{10-10^2}$				$\frac{10^2-10^4}{-}$
Рыбы	$\frac{1-10^4}{10^{-1}-10}$	$\frac{10^2-10^4}{10-10^2}$	$\frac{10-10^5}{10-10^2}$	$\frac{10-10^3}{10-10^2}$	$\frac{10-10^5}{10-10^3}$	$\frac{10^3-10^4}{-}$	$\frac{10-10^4}{10-10^4}$	$\frac{10-10^3}{10-10^4}$	$\frac{10^3-10^6}{-}$

Высокому поражающему эффекту часто подвергаются мелкие виды и формы гидробионтов, а также организмы на стадиях эмбрионального и постэмбрионального развития. Поэтому для определения биологического действия загрязняющих веществ на морские организмы и их сообщества необходимо выполнение унифицированных эколого-токсикологических экспериментов с массовыми видами фито- и зоопланктона и их природными сообществами *in situ*, а также с распространенными видами рыб, моллюсков и ракообразных на ранних стадиях онтогенеза. В табл. 2 представлены значения ПДК некоторых распространенных токсичных веществ, выведенные на основе биохимического и эколого-токсикологического подходов к проблеме [2].

В табл. 3 приведены гидрохимические характеристики качества морской воды б. Северной, где располагается научно-исследовательское марихозяйство Дальрыбвтуза, этот район относится к 3-му классу (умеренно загрязненные). Эти данные получены при проведении лабораторных химических исследований. Параметры включают и элементный состав воды, следовательно, предложенный метод ЛИС позволит проводить исследования непосредственно на акваториях в местах выращивания объектов аквакультуры.

Таблица 2

**Пороговые и допустимые уровни содержания (мкг/л) загрязняющих веществ  
в морской фауне**

Table 2

**The threshold levels and the valid (mkg/l) of pollutants in marine life**

Загрязняющее вещество	Верхний биогеохимический порог экологической толерантности		МНД (по токсикологическим показателям)	ПДК для воды		Рыбохозяйственные ПДК
	для пелагиали океана	для внутренних морей		океана	внутренних морей	
Ртуть	0,1	1	0,1	0,1	1	5
Свинец	5	10	10	10	10	100
Кадмий	1	1-10	10	1	10	5
Цинк	50	50	10	50	50	10
Медь	5	5	1-5	5	5	10
Мышьяк	5	10	–	5	10	50
Железо	20	50	–	20	50	–
Никель	5	10	–	5	10	10
Кобальт	1	5	–	1	5	10
Растворенные нефтепродукты	–	–	10	10	10	50
ДТТ, ПХБ и др.	–	–	0,01	0,01	0,01	0
Детергенты	–	–	$10^2-10^3$	$10^2-10^3$	$10^2-10^3$	$10^2-10^3$

Таблица 3

**Гидрохимическая характеристика б. Северной,  
рассчитанная по результатам наблюдений за 2011-2012 гг.**

Table 3

**Hydrochemical characteristics of North Bay, the calculation is bases  
on the results of observation in 2011-2012**

Ингредиенты	Концентрация	
	0	дно
1	2	3
Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	9,01	8,84
Соленость, ‰	31,859	32,048
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	9,4	8,7
Водородный показатель (рН)	8,26	8,14
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,44	0,85
Фосфор минеральный, мг/дм <sup>3</sup>	$15 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-3}$
Азот нитритный, мг/дм <sup>3</sup>	$26 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Азот нитратный, мг/дм <sup>3</sup>	$16 \cdot 10^{-3}$	$13 \cdot 10^{-3}$
Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	0,096	0,123
Нефтяные углеводороды, мг/дм <sup>3</sup>	0,10	0,07
Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0,088	0,065
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	$0,9 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
Кадмий, мг/дм <sup>3</sup>	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$

Окончание табл. 3

1	2	3
Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	$0,4 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	$30 \cdot 10^{-3}$	$34 \cdot 10^{-3}$
Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$
Хром, мг/дм <sup>3</sup>	$<0,8 \cdot 10^{-3}$	$<0,8 \cdot 10^{-3}$
Ртуть, мг/дм <sup>3</sup>	$0,01 \cdot 10^{-3}$	$0,02 \cdot 10^{-3}$
Хлорорганические пестициды, мг/дм <sup>3</sup> :	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$0,1 \cdot 10^{-6}$
α-ГХЦГ		
Г-ГХЦГ	$0,1 \cdot 10^{-6}$	$0,1 \cdot 10^{-6}$
ДДТ	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$0,4 \cdot 10^{-6}$
ДДЭ	$0,4 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$
ДДД	$0,1 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$

Данные показатели позволяют сделать вывод о необходимости разработки оперативных методов экологического мониторинга водных акваторий в местах выращивания объектов аквакультуры прежде всего с целью получения экологически чистой продукции, что обеспечит ее востребованность не только в России, но и за рубежом.

Лазерный спектральный анализ веществ с использованием метода ЛИС относительно недавно стал применяться к исследованию элементного состава жидкости. Стандартные методики определения концентрации вещества с использованием возбуждения эмиссионных спектров исследуемых веществ основаны на измерении зависимости между интенсивностью эмиссионных линий и концентрацией вещества.

В большинстве спектрометрических методов концентрацию определяемого элемента устанавливают путем сравнения с одним или несколькими стандартными образцами с известным содержанием этого элемента. Набор стандартов с различными концентрациями определяемого элемента служит для построения аналитического градуировочного графика или кривой роста. В идеальном случае градуировочный график должен быть линейным, проходить через нуль (начало координат) и иметь постоянный наклон по отношению к осям координат, не зависящий от присутствия других компонентов в пробе. Линейность зависит главным образом от характеристик данного спектроскопического метода и от различных инструментальных факторов.

При анализе элементного состава жидкости также предполагается использование кривой концентрационного роста, полученной на стандартных растворах, для последующего определения концентрации данных элементов в исследуемых жидкостях.

Необходимо отметить, что были проведены многочисленные эксперименты по определению подобных зависимостей в модельных растворах Na, K, Ca, Fe, S и других элементов в воде. Были обнаружены следующие отличия от случая возбуждения плазменного факела на поверхности твердых тел:

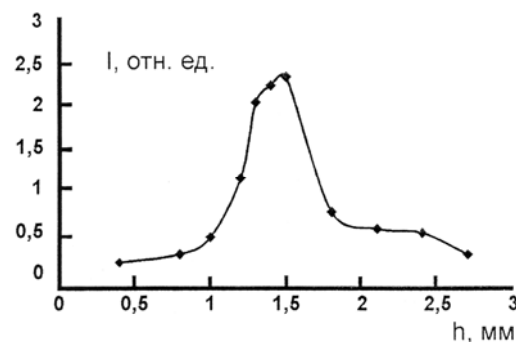
- наблюдается большой разброс в значениях верхней границы горячей зоны плазменного факела. Так, для одного и того же раствора Na высота верхней границы над поверхностью составила от 3 до 5 мм;

- была обнаружена сильная зависимость высоты границы горячей зоны от концентрации исследуемого элемента в растворе.

В данных экспериментах возбуждение плазменного факела проводилось одиночным лазерным импульсом длительного порядка 20 нс и энергией в импульсе 0,3 Дж при длине фокусного расстояния фокусирующей линзы 20 см.

Была установлена зависимость контраста линии 5790 Å дублета Na от высоты над поверхностью раствора, изображенная на рис. 1. Каждая точка соответствует величине, усредненной по десяти лазерным импульсам.

Рис. 1. Зависимость контраста атомарной линии 5790 Å дублета Na от высоты над поверхностью жидкости  
Fig. 1. The dependence of the contrast of the Atomic line 5790 Å doublet Na of the height above the surface of the liquid



Величина верхней границы определялась как высота, при которой эмиссионные линии начинали превышать значение непрерывного излучения плазменного факела. Из графика видно, что существует резко выраженный максимум в высотной зависимости.

Для решения экологических задач при выращивании объектов аквакультуры необходимо, чтобы чувствительность метода ЛИС соответствовала как пороговому, так и допустимому уровню содержания загрязняющих веществ в морских акваториях (см. табл. 2). Для этого было применено несколько методик метода ЛИС.

Метод двухимпульсного возбуждения оптического пробоя на поверхности исследуемых веществ предложен для повышения контраста эмиссионных линий регистрируемых элементов. При этом оба возбуждающих импульса были гигантскими с длительностью порядка десятка наносекунд. Величина увеличения контраста линий зависела от временной задержки между импульсами. Величина задержки, в свою очередь, определяется материалом мишени и условиями возбуждения плазменного факела. Для жидкостей применение такой методики дает значительное увеличение контраста линий. При этом увеличение контраста линий происходит за счет изменения параметров лазерной плазмы, в частности, повышения ее температуры, поскольку второй импульс подается тогда, когда лазерный пробой от первого импульса уже сформировался и излучение второго импульса сильно поглощается плазменным факелом. Повышение контраста за счет использования второго импульса модулированной добротности возможно только до определенного предела, когда повышение температуры плазмы уже не будет приводить к повышению контраста эмиссионной линии.

Следующий этап в повышении чувствительности метода ЛИС – это методика многоимпульсного возбуждения, которая также приводит к значительному повышению интенсивности эмиссионной линии. В этой методике используются два импульса: первый – импульс свободной генерации, второй – импульс модулированной добротности. Первый импульс имеет плотность мощности, не достаточную для развития процесса диэлектрического пробоя или взрывного вскипания жидкости (по крайней мере, в той части длительности импульса, которая предшествует приходу импульса модулированной добротности). Как известно, плотность энергии, необходимой для взрывного вскипания воды, составляет величину порядка 2,5 Дж/см, при плотностях, меньших, чем эта величина, нагрев жидкости лазерным излучением не будет приводить к вскипанию жидкости за счет механизма теплопроводности. Нагрев жидкости будет приводить к интенсивному испарению жидкости и созданию в очень тонком приповерхностном слое насыщенных паров, в которых будут находиться и атомы элементов, растворенных в жидкости. Теперь, если в такую

систему подать лазерный импульс с плотностью мощности, превышающей порог пробоя, то лазерный пробой будет развиваться в этом приповерхностном слое, который обогащен элементами, присутствующими в исследуемой жидкости.

Экспериментальная проверка вышеизложенного утверждения была осуществлена на лабораторной установке. Длительность импульса лазера, работающего в режиме свободной генерации, по полувывоте равнялась 200 мкс, длительность гигантского импульса второго лазера равнялась 20 нс. Эксперименты проводились как на модельных растворах Na и Ca в дистиллированной воде, так и на реальных пробах морской воды. На рис. 2 приведены результаты экспериментов по двухимпульсному возбуждению плазменного факела на поверхности модельного раствора Ca.

На рис. 2, а показано взаимное расположение импульса свободной генерации и гигантского импульса. Задержка между импульсами менялась от 0 мкс до 300 мкс дискретно через 10 мкс. Концентрация Ca в модельном растворе соответствовала значению 3 г/л. На рис. 2, б приведена зависимость контраста (К) линии Ca от величины временной задержки между импульсом модулированной добротности и началом импульса свободной генерации. При задержке, соответствующей 80 мкс, наблюдается резкое увеличение интенсивности эмиссионной линии Ca (длина волны 3968,5 Å).

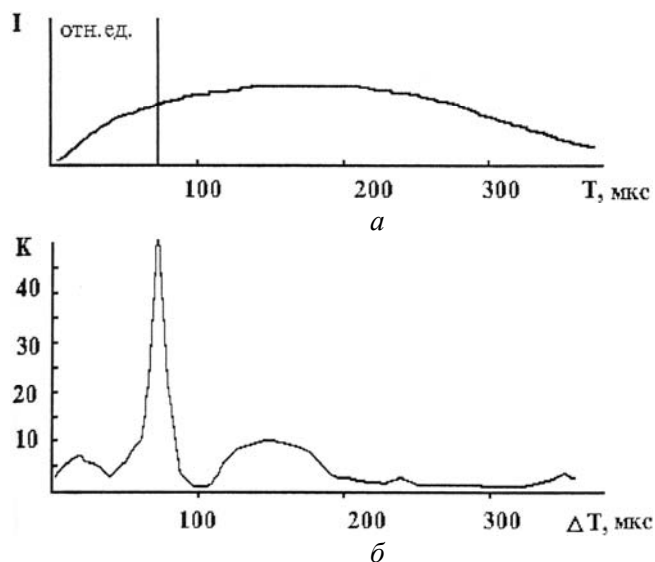


Рис. 2. Результат двухимпульсного возбуждения плазменного факела  
Fig. 2. The result of dvuhimpul'snogo excitation of the plasma torch

Многоимпульсная методика позволила повысить чувствительность метода ЛИС до  $10^{-2}$  г/л.

Использование лазерного импульса сложной формы позволило значительно поднять контраст эмиссионных линий на фоне рекомбинационного спектра лазерной плазмы и уменьшить значения минимально обнаружимых концентраций. На рис. 3 приведены спектры, полученные при возбуждении плазменного факела на поверхности пробы воды при измерении концентрации Ca.

На рис. 3, а приведены спектры Na и Ca, снятые при возбуждении одним гигантским импульсом, на рис. 3, б приведен спектр, полученный при использовании одного импульса для возбуждения дублета K в морской воде. Рис. 3, в соответствует случаю, когда в той же пробе (содержанием Ca порядка 0,3 г/л) возбуждение эмиссионных спектров было проведено с помощью лазерного импульса сложной формы.

Дальнейшее повышение чувствительности метода ЛИС расширяет границы его применения, в частности, для решения задач экологического мониторинга водных сред. Одним из следующих этапов повышения чувствительности является применение методики возбуждения лазерного пробоя импульсами наносекундной длительности.



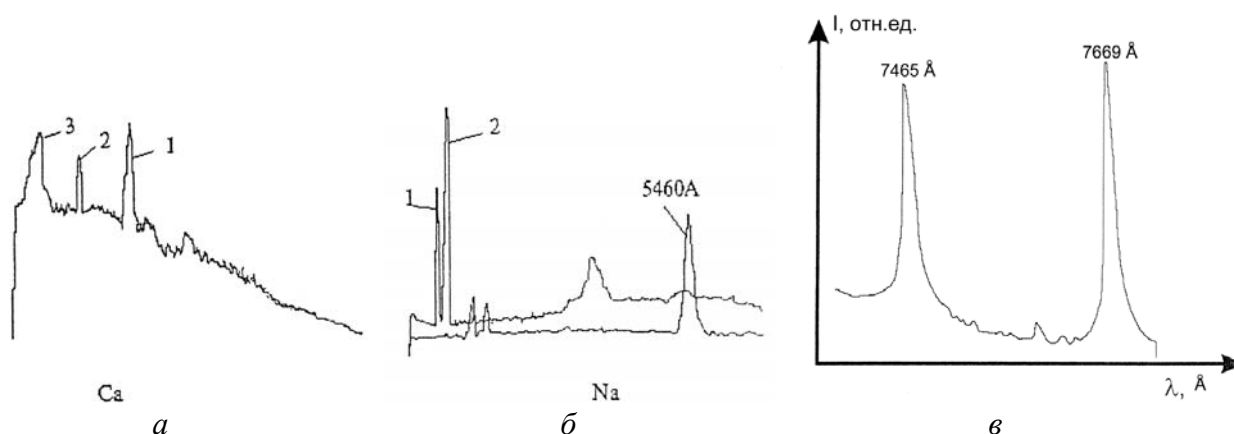


Рис. 3. Возбуждение спектров Na и Ca в морской воде с использованием различных методов возбуждения

Fig. 3. The spectra excitation of Na and Ca in sea water using a variety of methods of stimulation

При использовании импульсов наносекундной длительности в анализе жидких сред предел обнаружения элементов достигается на уровне  $10^{-2}$ - $10^{-4}$  г/л. Основным ограничением порога минимально обнаружимых концентраций элементов, содержащихся в жидкости, является наличие интенсивного непрерывного фона излучения плазмы, на фоне которого происходит регистрация эмиссионных линий элементов.

Следующий этап в развитии метода ЛИС – это возбуждение лазерного пробоя импульсами фемтосекундной длительности. Термодинамические параметры плазмы в области пробоя существенно отличаются от таковых при использовании наносекундных лазерных импульсов, что приводит к тому, что интенсивность непрерывного фона излучения плазмы значительно ниже. Изменяется и динамика сплошного и эмиссионного спектров излучения лазерной плазмы при переходе от наносекундной длительности к фемтосекундам. Применение фемтосекундных лазеров при изучении биологических объектов, таких, как бактерии, клетки фитопланктона, клетки тканей имеет ряд преимуществ и позволяет создавать новые методы исследования в различных приложениях. Так, метод лазерной искровой спектроскопии с фемтосекундным возбуждением успешно применяется для анализа бактерий, определения содержания  $\text{Ca}^{2+}$  в биологических образцах с высоким пространственным разрешением в режиме реального времени, определения следовых концентраций элементов в листьях растений. Особенности оптического пробоя в жидкости, возникающего под действием лазерных импульсов фемтосекундной длительности, позволяют надеяться на значительное улучшение параметров метода ЛИС при измерении концентрации элементного состава жидких сред.

Исследованы возможности фемтосекундной ЛИС одноимпульсным возбуждением для элементного анализа морской воды, приведены результаты исследования динамики эмиссионных линий некоторых элементов, содержащихся в морской воде.

В работе использовался экспериментальный комплекс [4], схема которого представлена на рис. 4. Излучение фемтосекундного Ti: sapphire лазерного комплекса SpitFire40F Spectra Physics (1, 3 – лазеры накачки, 2 – фемтосекундный Ti: sapphire лазер, 4 – Ti: sapphire усилитель с длиной волны излучения 800 нм, энергией в импульсе 1,1 мДж, длительностью лазерных импульсов 50 фс и 650 фс, частотой повторения импульсов 4 Гц – 1 кГц), проходя через систему поворотных зеркал (5), направлялось на линзу (6) ( $f = 150$  мм) и фокусировалось на поверхности воды в оптической кювете (7). Кювета представляла собой кварцевую емкость прямоугольной формы, объемом 4 мл.

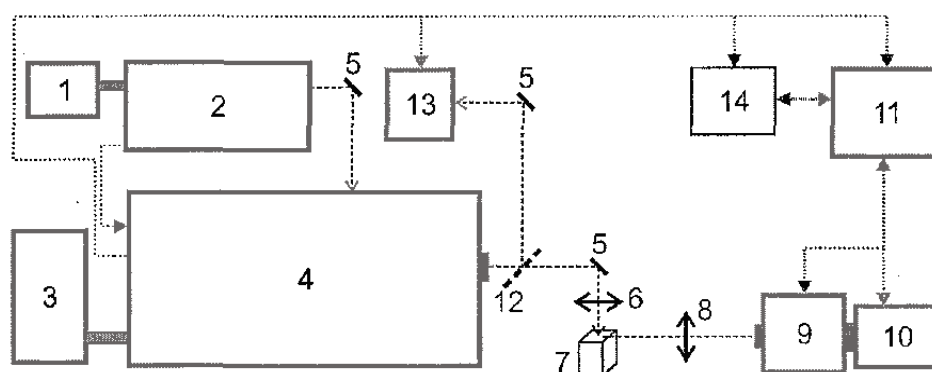


Рис. 4. Схема экспериментального комплекса  
Fig. 4. Diagram of the pilot complex

Излучение из кюветы (7) кварцевой линзы (8) ( $f = 100$  мм) проецировалось на входную щель монохроматора (9) (SpectraPro 2500i, Spectra Physics, решетка 1200 штрих/мм, ширина входной щели 100 мкм). Регистрация спектра проводилась ICCD камерой с оптическим усилителем яркости (10) Picostar HR (LaVision, GMBH), которая обеспечивала временное разрешение порядка 70 пикосекунд. Синхронизация камеры (10) осуществлялась от синхроимпульса затвора лазера (4), проходящего через плату задержки (14). Длительность импульса лазера контролировалась автокоррелятором PSCOUT PL-SP-LF SpectraPhysics (13). Управление комплексом осуществлялось компьютером (11).

Спектры оптического пробоя в диапазоне длин волн от 200 до 800 нм на поверхности проб чистой морской воды, возбуждаемого импульсами с длительностями 50 и 650 фс, усредненные по 20 лазерным импульсам, представлены на рис. 5, а, б соответственно. Частота посылок лазерных импульсов составляла 10 Гц, время экспозиции CCD камеры 1 мкс.

На рис. 5, а, б по оси ординат отложены интенсивности в относительных единицах, по оси абсцисс – длины волн в нанометрах, стрелками показаны линии химических элементов, в скобках – аналитические длины волн в нанометрах. На данных спектрах отчетливо выделяются эмиссионные линии макросостава морской воды (Ca, Mg, Na), линии атмосферных и растворенных в воде газов – на рис. 5, б (азот, кислород, водород). На рис. 5, в для идентификации фоновых линий (атмосферы, молекул воды) представлен спектр дистиллированной воды при возбуждении лазерным импульсом длительностью 650 фс.

Необходимо отметить, что в данных спектрах не проявляются линии других элементов, присутствующих в морской воде, для регистрации которых необходимо специальное накопление сигнала или более высокое спектральное разрешение. Целью данных экспериментов являлось сравнение минимально обнаружимых концентраций при нано- и фемтосекундном возбуждении на примере элементов, которые хорошо регистрируются в обоих случаях, таких, как Na и Mg.

По характеру зависимости эмиссионной линии Na I (588,9 нм) от его концентрации был исследован предел обнаружения в водном растворе NaCl. На рис. 6 представлен усредненный по 7 измерениям ЛИС спектр раствора NaCl с концентрацией атомов Na  $4 \cdot 10^{-6}$  г/л. Измерения проводилось с частотой посылок лазера 100 Гц, длительностью импульса 650 фс, энергией 1,1 мДж, временной задержкой регистрирующей камеры 75 нс, временем экспозиции 500 нс и накоплением по 800 лазерным импульсам, интенсивность линии составила  $(40 \pm 8,5)$  отн. ед., относительная ошибка измерений для данной концентрации составила 21 %. Таким образом, получаем предел обнаружения при фемтосекундной длительности для атомов натрия порядка  $10^{-6}$  г/л.

В табл. 4 приведены пределы обнаружения основных элементов, входящих в состав морской воды, с использованием различных методик метода ЛИС: многоимпульсной методики, методики возбуждения импульсами наносекундной длительности и методики возбуждения импульсами фемтосекундной длительности лазерной плазмы.

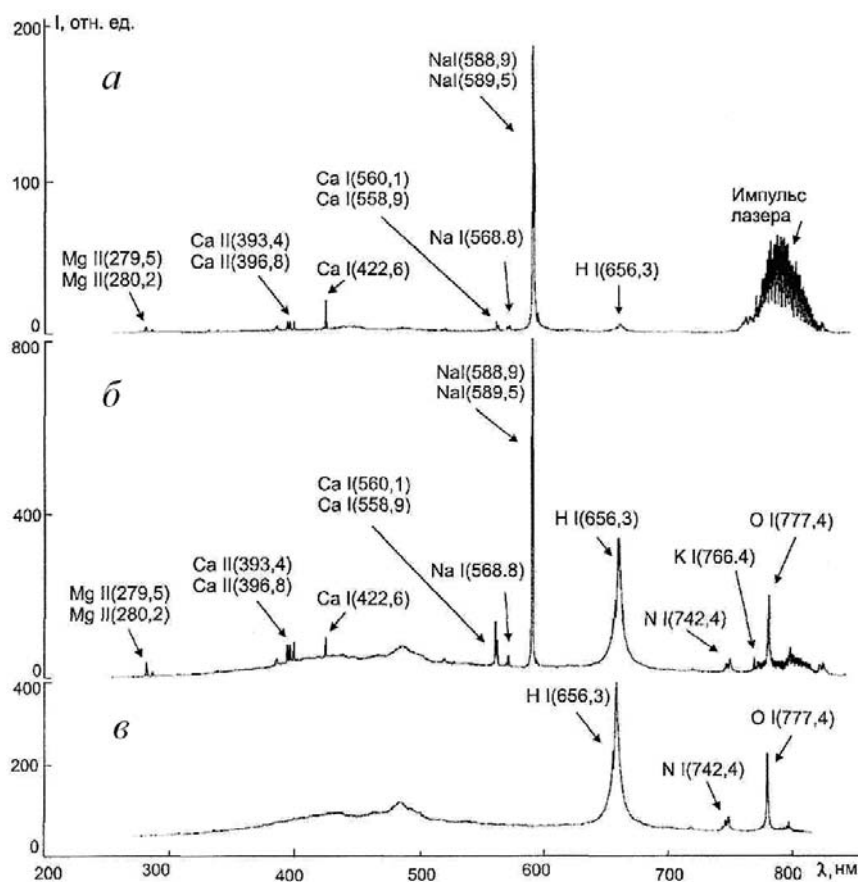


Рис. 5. Спектр оптического пробоя в диапазоне длин волн от 200 до 800 нм на поверхности проб чистой морской воды, возбуждаемого импульсами с длительностями 50 и 650 фс

Fig. 5. The spectrum of optical breakdown in the wavelength range from 200 to 800 nm on the surface of samples of clean seawater initiated scheduling with 50 pulses and 650 fs

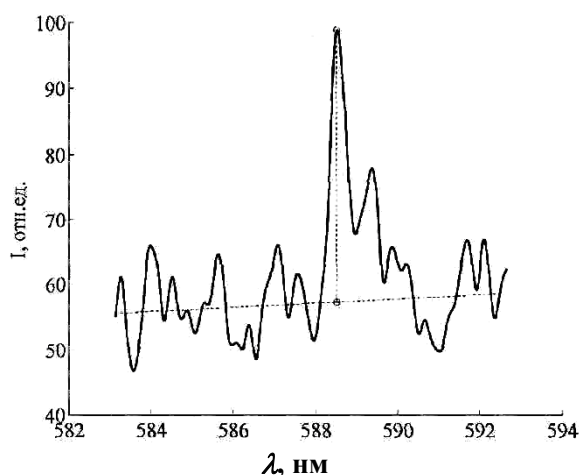


Рис. 6. Дублет Na в водном растворе NaCl, концентрация Na –  $4 \cdot 10^{-6}$  г/л  
Fig. 6. Dubal Na in aqueous solution of NaCl, Na –  $4 \cdot 10^{-6}$  g/l

### Выводы

Исследованы ЛИС-спектры морской воды при фемтосекундном пробое на длине волны 800 нм, возбуждаемые лазерными импульсами длительностями порядка 50 и 650 фс. В ЛИС-спектрах чистой морской воды уверенно регистрируются эмиссионные линии элементов, входящих в макросостав морской воды, таких, как Ca, Mg, Na, N, H, K, O. Исследована динамика сплошного спектра излучения плазмы, эмиссионных линий Na и Mg,

показано, что использование временной селекции при проведении количественных измерений позволяет предел обнаружения натрия в морской воде на уровне  $10^{-6}$  г/л. Это на два порядка меньше, чем для случая ЛИС с возбуждением наносекундными лазерными импульсами, и на четыре порядка меньше, чем при многоимпульсном возбуждении плазмы. Такие значения пределов обнаружения значительно расширяют круг задач, решаемых при использовании ЛИС в жидких средах, особенно это относится к задачам мониторинга качества морской воды и состояния клеток фитопланктона, в частности, для мониторинга водных сред в местах выращивания объектов аквакультур.

Таблица 4

**Пределы обнаружения основных элементов, входящих в состав морской воды, с использованием различных методик**

Table 4

**The detection limits of basic elements of sea water, with the application of a variety of techniques**

Элементы	Пределы обнаружения (многоимпульсная методика), г/л	Пределы обнаружения (наносекундная длительность импульса), г/л	Пределы обнаружения (фемтосекундная длительность импульса), г/л
Al I	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1.9 \cdot 10^{-4}$
Ba II	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$8.7 \cdot 10^{-5}$
Ca II	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Cu I	$8 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$7.8 \cdot 10^{-4}$
Fe I	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$
K I	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-6}$
Mg I	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Na I	$5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-7}$
Zn I	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-3}$

**Список литературы**

1. Отто М. Современные методы аналитической химии. – М.: Техносфера, 2008. – 544 с.
2. Покусаев М.Н., Зайцев В.Ф., Сокольский А.Ф., Осипова Л.А. Основы экологии и защита окружающей водной среды от техногенных загрязнений береговых предприятий рыбного хозяйства. – М.: Колос, 2008. – 304 с.
3. Букин О. А., Алексеев А.В., Ильин А.А., Голик С.С., Царев В.И., Бодин Н.С. Использование лазерной искровой спектроскопии с многоимпульсным возбуждением плазмы для мониторинга качества морской воды и состояния фитопланктона // Оптика атмосферы и океана. – 2003. – Т. 16, № 1. – С. 26-32.
4. Букин О.А., Голик С.С., Ильин А.А., Бауло Е.Н. Лазерная искровая спектроскопия жидких сред с возбуждением импульсами фемтосекундной длительности // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22, № 3. – С. 296-300.

**Сведения об авторах:** Бауло Елена Николаевна, зав. кафедрой физики, кандидат технических наук, доцент, e-mail: bauloelena@mail.ru;  
 Кучеренко Лилия Владимировна, доктор технических наук, профессор, e-mail: LVK-07@mail.ru;  
 Слабженникова Ирина Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент, e-mail: ims2710@gmail.ru;  
 Мухина Светлана Николаевна, доцент, e-mail: msn192@mail.ru.

УДК 591

**А.М. Геворгян, А.Л. Дадомагов**  
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,  
100174, Республика Узбекистан, г. Ташкент, Вузгородок

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С ТОКСИЧНОСТЬЮ ОЛОВА, И ЕГО АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ**

*Разработаны экспрессные и селективные инверсионно-вольтамперометрические методики определения содержания олова в различных консервах и продуктах питания, а также дана оценка метрологическим характеристикам и эксплуатационным параметрам.*

**Ключевые слова:** инверсионная вольтамперометрия, олово, угольно-пастовый сенсор, три-дистиллированная вода, дифференцированное определение, фоновые электролиты, диапазон тока, потенциал накопления на электроде.

**A.M. Gevorgyan, A.L. Dadomatov**  
**ECOLOGICAL SAFETY RELATED TO TIN TOXICOLOGICAL  
CHARACTERISTICS AND ITS ANALYTICAL DETERMINATION**

*We have developed express and selective stripping voltammetry methods for tin content determination in various canned food products and estimated metrological characteristics as well as performance parameters.*

**Key words:** stripping voltammetry, tin, carbon-paste sensors, three distilled water, differentiated determination, background electrolytes, range of the current, accumulation potential on electrode.

### **Введение**

За последние годы расширился круг объектов и материалов, в которых необходимо определять тяжелые токсичные металлы. В эти металлы входит и олово, относящееся к числу приоритетных загрязнителей окружающей нас среды. Загрязнение им природных объектов и промышленных материалов отмечено во многих регионах мира. Наличие его также реально и в пищевых продуктах, поэтому содержание этого канцерогена необходимо систематически и строго контролировать. Согласно санитарно-эпидемиологическим законам и нормативным медицинским документам, принятым Минздравом Республики Узбекистан, концентрация олова и его соединений в природных водах и почве не должна превышать 0,2 и 0,5 мг/л соответственно [1].

У рабочих оловоплавильных заводов при длительном воздействии пыли оксида олова (черное олово SnO) могут развиваться пневмокониозы, у работников, занятых изготовлением оловянной фольги, отмечаются также и случаи хронической экземы. В то же время тетрахлорид олова (SnCl<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) при концентрации его в воздухе свыше 90 мг/м<sup>3</sup> раздражающе действует на верхние дыхательные пути, вызывая кашель; попадая на кожу, хлорид олова вызывает сильное раздражение. Острый судорожный яд - оловянистый водород (SnH<sub>4</sub>) - также сильно влияет на дыхательные пути человека. Тяжелые отравления при употреблении в пищу давно изготовленных и устаревших по сроку хранения консервов связаны с образованием в консервных банках SnH<sub>4</sub> (за счет действия органических кислот, содержащихся в самих продуктах, на консервные банки) [2].

Повышение уровня токсичности олова и его соединений в окружающей среде, воздухе, почве, водных системах и аналитический контроль за их содержанием важны и необходимы для диагностирования и прогнозирования состояния здоровья человека и всего живого, что является особо актуальной и важной проблемой современной эколого-аналитической химии.

Актуальной является задача определения олова в питьевой воде и пищевых продуктах, так как оно в значительных количествах способно накапливаться в организме человека и животных, а превышение его содержания на уровне предела допустимых концентраций (ПДК) и выше вовсе не допустимо. Известно, что в присутствии нитратов и хлоридов токсическое влияние олова значительно повышается и становится особо опасным. Основные трудности анализа оловосодержащих материалов заключаются в том, что истинная концентрация олова в них находится на уровне  $n \cdot 10^{-6}$  М и ниже, соответственно и его точное количественное определение становится трудной аналитической и экологической задачей [3].

В свете поднятых в работе проблем необходима и актуальна модификация угольно-пастовых электродов и разработка с их помощью аналитических методик определения олова и его соединений. Поэтому разработка новых и совершенствование существующих электрохимических методик определения олова для анализа промышленных материалов и природных объектов и пищевых продуктов, обладающих лучшими метрологическими характеристиками, являются актуальными и важными задачами современной электроаналитической химии. Всем этим требованиям удовлетворяет инверсионная вольтамперометрия, являющаяся одной из наиболее мощных и важных по метрологическим показателям и информативности среди других методов анализа.

### Экспериментальная часть

**Используемая аппаратура, установка, реактивы и растворы.** При проведении исследования были использованы полярограф универсальный ПУ-1 с датчиком ДП-1 и планшетным двухкоординатным потенциометром ПДП 4-002; электрод рабочий – модифицированный угольно-пастовый с площадью рабочей поверхности  $0,03 \text{ см}^2$ ; электрод сравнения – насыщенный хлоридсеребряный ЭВЛ – 1 М 3 по ГОСТ 5.1382-72; электрод вспомогательный – спектрально чистый графитовый стержень ( $\varnothing = 5,5 \text{ мм}$ ,  $l = 70 \text{ мм}$ ); весы аналитические типа ВЛР-200 и АДВ-200 по ТУ 25-06-1131, второго класса точности; рН-метр ЭВ-74 и потенциометр рН /mv/TEMP m METER P 25 корейского производства.

Исходные стандартные растворы олова готовили по навеске и известной в литературе методике: растворением его хлоридной соли (х.ч.) в 100 мл хлористоводородной кислоты, с последующим разбавлением до 1 л тридистиллированной воды [4]. Точную концентрацию используемых растворов металлов и других стандартов устанавливали титриметрически, по известным в литературе методикам. Растворы же меньших концентраций ( $1 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-8}$  М) готовили последовательным разбавлением их крепких растворов тридистиллятом перед началом проведения эксперимента.

**Алгоритм проведения анализа.** Прежде чем приступить к анализу, необходимо промыть электролизер тридистиллированной водой, заполнить 20 мл фонового электролита (буферной смеси), поместить в него индикаторный, вспомогательный электроды и электрод сравнения, задать оптимальные условия и режимы электролиза: установить потенциал накопления, равный 0,45 В, время накопления деполяризатора 60 с, диапазон тока 1,0 мкА, амплитуду и скорость развертки потенциала и снять вольтамперограмму (пик) не менее четырех раз. Как правило, регистрируется лишь четвертое измерение, поскольку первые три определения являются тренировкой электрода, повышающей воспроизводимость и правильность токов ионизации электроактивного вещества и соответственно результаты инверсионно-вольтамперометрических измерений.

### Результаты и их обсуждение

**Методики определения олова.** Навеску пробы (5,0-10 г), а если жидкость, то ее объем 10-15 мл взвешивают на аналитических весах, после чего помещают в специальный

термостойкий стакан, добавляют в него 4,0-5,0 мл конц. HCl и столько же 5%-го раствора H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, нагревают (под часовым стеклом) при температуре не выше 80-90 °С в течение 15-20 мин, доводят тридистиллированной водой объем анализируемого раствора до 100 мл и при необходимости (мутность пробы, механические примеси и др.) отфильтровывают. После проведения такой подготовительной работы из стакана с приготовленным к анализу раствора берут аликвотную часть пробы, добавляют необходимое количество фона (буфера), доводят общий объем исследуемого раствора до 20,0 мл и снимают вольтамперограмму (пик) [5].

Методики определения олова(II) и (IV) сводились к следующему: брали 0,25-4,0 мл 2,5·10<sup>-6</sup> М раствора олова, 2,0-3,0 мл 0,2 М фонового электролита или буферной смеси и доводили общий объем анализируемой пробы до 20,0 мл, затем помещали ее в электролитическую ячейку и измеряли его полезный аналитический сигнал.

Исследование вольтамперометрического поведения олова проводили на созданном нами угольно-пастовом электроде, модифицированном серноокислым гидразином.

Как правило, современный контроль полноценности продуктов питания и выдача сертификатов качества продукции требуют разработки экспрессных, селективных, высокочувствительных, точных, простых в эксплуатации, дешевых и достаточно легко поддающихся автоматизации и компьютеризации аналитических методик. Всем этим требованиям полностью удовлетворяют электрохимические методы, в особенности их инверсионные варианты.

При анализе консервированных продуктов нами установлено, что варьированием фонового электролита и буферной смеси вполне возможно достичь высокой избирательности и точности определения олова, поэтому исследована и показана возможность ИВ-определения олова в оптимизированных нами по концентрации и природе фонах, буферных смесях и условиях проведения экспериментов.

Некоторые из полученных нами данных по анализу различных консервов, пищевых продуктов и напитков приведены в табл. 1 и 2.

Из результатов анализа продуктов питания и напитков видно, что полученные концентрации олова вполне соответствуют его паспортным данным и ни в одном случае не выходят за пределы доверительного интервала. Тем самым подтверждается высокая правильность и воспроизводимость результатов анализа, полученных ИВ-методиками с помощью созданных нами УПЭ, модифицированных серноокислым гидразином.

Полученные экспериментальные результаты обработаны правилами и процедурами математической статистики, известными в мировой литературе.

Таблица 1

**Результаты инверсионно-вольтамперометрического определения содержания олова в различных консервированных и мясных продуктах**

Table 1

**The results of stripping voltammetry determination of tin content in various canned and meat products**

Природа анализируемого объекта	Содержание Sn по ГОСТу, мг/кг	Найдено Sn, мг (P = 0,95; $\bar{x} \pm \Delta X$ ; n = 5)	S	Sr
1	2	3	4	5
Томатный сок	0,30	0,32 ± 0,001	0,01	0,051
Грибы	2,93	2,89 ± 0,08	0,05	0,018
Хлопковое масло	4,32	4,29 ± 0,35	0,12	0,028
Рыбные консервы	0,10	0,09 ± 0,01	0,01	0,111

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Говядина	0,16	0,18 ± 0,03	0,01	0,067
Баранина	1,52	1,43 ± 0,08	0,08	0,056
Свинина	2,21	2,18 ± 0,12	0,13	0,059
Курятина	0,60	0,56 ± 0,04	0,04	0,080
Шпроты	0,25	0,33 ± 0,08	0,06	0,181

Таблица 2

**Результаты инверсионно-вольтамперометрического определения содержания олова в различных по природе напитках**

Table 2

**The results of stripping voltammetry determination of tin content in various beverages**

Природа анализируемого напитка	Содержание Sn по ГОСТу, мг/л	Найдено Sn, мг (P = 0,95; $\bar{x} \pm \Delta X$ ; n = 5)	S	Sr
Кока-кола	0,68	0,59 ± 0,09	0,05	0,091
Фанта	0,57	0,49 ± 0,02	0,01	0,030
Спрайт	0,39	0,47 ± 0,14	0,09	0,210
Алмалыкское пиво	0,26	0,33 ± 0,08	0,05	0,160
Сарбаст	0,45	0,38 ± 0,12	0,05	0,134
Балтика	0,48	0,53 ± 0,08	0,04	0,071
Мин. вода «Nestle»	0,49	0,42 ± 0,08	0,03	0,081
Hydrolife	0,26	0,18 ± 0,06	0,04	0,200
«Тошкент-сув»	0,21	0,23 ± 0,07	0,05	0,210

### Список литературы

1. Шпигун Л.К., Лунина В.К. Модифицированные стеклоуглеродные электроды для проточно-инжекционного определения неорганических форм олова методом инверсионной вольтамперометрии // Журн. аналит. химии. – 2003. – Т. 58, № 11. – С. 1200-1207.
2. <http://www.Химик.ru>.
3. Брайнина Х.З., Нейман Е.Я., Слепушкин В.В. Инверсионные электроаналитические методы. – М.: Химия, 1988. – 238 с.
4. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 488 с.
5. Спиваковский В.Б. Аналитическая химия олова. – М.: Наука, 1975. – 234 с.

**Сведения об авторах:** Геворгян Артур Михайлович, доктор химических наук, профессор;  
 Дадоматов Аслиддин Лутфидинович, докторант.



УДК 557.170.49 : 594.11 : 577.118

**Е.А. Жадько<sup>1</sup>, Н.И. Стеблевская<sup>1,2</sup>, Н.В. Полякова<sup>2</sup>, С.В. Чусовитина<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б<sup>2</sup>Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
690022, г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостоку, 159**МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ТКАНЯХ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ГИДРОБИОНТОВ  
ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

*Изучено содержание некоторых микроэлементов в мышечной ткани, коже, жабрах, половой железе, печени минтая и дальневосточной мелкочешуйной красноперки, а также в тунике и мантии асцидии стиелы булавовидной зал. Петра Великого (Японское море). Показаны особенности распределения и накопления микроэлементов органами и тканями этих гидробионтов. У обоих видов рыб отмечен сравнительно высокий уровень содержания железа, меди и цинка в печени и гонаде. Концентрация мышьяка в коже, печени, гонаде и мышечной ткани минтая в целом выше, чем у красноперки. У асцидии уровень накопления микроэлементов в тунике выше, чем в мантии. В тунике содержится вдвое больше фосфора, втрое больше серы и брома, в пять раз больше марганца. Концентрация мышьяка в тунике на порядок выше, а свинца вдвое больше, чем в мантии асцидий. Токсичные тяжелые металлы хром и кадмий в тканях гидробионтов не обнаружены.*

**Ключевые слова:** микроэлементы, рыбы, кожа, жабры, половая железа, печень, асцидии, туника, мантия.

**E.A. Zhadko, N.I. Steblevskaya, N.V. Polyakova, S.V. Chusovitina  
TRACE ELEMENT IN TISSUES OF SOME SPECIES  
OF AQUATIC ORGANISMS GULF OF PETER THE GREAT**

*The maintenance of some trace elements in muscle, skin, gills, gonad and liver of a pollock and rudd, and also in tunic and cloak of an ascidian *Styela clava* of Peter the Great Bay (Sea of Japan) have been studied. The features of distribution and accumulation of trace elements in organs and tissues of these aquatic organisms have been determined. At both species of fish rather high level of the content of iron, copper and zinc in a liver and gonad is noted. Concentration of an arsenic in skin, liver, gonad and muscle tissues of a pollock as a whole is higher, than at the rudd. At an ascidian the level of accumulation of some trace elements in a tunic is higher, than in a cloak. The tunic contains twice more phosphorus, bromines are three times more gray also, is five times more larger than manganese. Concentration of an arsenic in a tunic in times more, and is twice more than lead, than in a cloak of ascidian. Toxiferous heavy metals chrome and cadmium in tissues of aquatic organisms are not found.*

**Key words:** trace elements, fishes, gills, skin, gonad, liver, ascidians, tunic, cloak.

**Введение**

Зал. Петра Великого является уникальным по своим географическим особенностям, биологическому разнообразию и богатству ресурсов. Здесь развито прибрежное рыболовство, функционируют марикультурные хозяйства, в промышленных объемах добываются водоросли [1]. Известно, что заливы, являющиеся зонами смешения пресных и морских вод, рассматриваются как геохимические барьеры, на которых происходит осаждение многих растворенных и взвешенных в речной воде веществ [2, 3, 4]. Именно такие районы являются зонами аккумуляции токсикантов.

Состояние экосистем зал. Петра Великого и выявление механизмов поддержания их нормального функционирования имеет особое значение, учитывая особенности природ-

ных условий в сочетании с рыбным промыслом, с одной стороны, и разнообразной хозяйственной деятельностью – с другой стороны. Для исследования нами выбраны максимально удаленная от влияния бытовых и промышленных стоков бухта Северная, в которой более десяти лет существует Научно-производственная база марикультуры Дальрыбвтуза и работает мини-завод по воспроизводству дальневосточного трепанга и приморского гребешка, прибрежные акватории о-ва Русский, где создается мощная инфраструктура кампуса Дальневосточного федерального университета и идет активное освоение территории острова, а также зал. Лебединый бухты Экспедиции, характеризующийся напряженным экологическим состоянием.

Знание микроэлементного состава органов и тканей морских промысловых гидробионтов позволяет более правильно судить об их качестве, пищевой ценности и безопасности, кроме того, в этом направлении требуются дальнейшие исследования для установления пороговых концентраций, превышение которых ведет к необратимым физиологическим процессам. Полученная нами информация о содержании микроэлементов, в том числе токсичных, в тканях минтая и красноперки – представителей промысловых видов рыб – и асцидии булавовидной дополняет и расширяет сведения о химико-экологической ситуации в зал. Петра Великого. Данная работа является частью проводимого нами комплексного исследования химического состава тканей гидробионтов зал. Петра Великого.

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

Изучен микроэлементный состав дальневосточной мелкочешуйной красноперки (*Tribolodon brandtii*), минтая (*Theragra chalcogramma*) и асцидии стиелы булавовидной (*Styela clava*), отобранных в ряде районов зал. Петра Великого (Японское море): бухте Северной, зал. Лебединый бухты Экспедиции и прибрежных акваториях северо-восточной части о-ва Русский.

Для исследования взяты кожа, мышечная ткань, жабры, гонады и печень красноперки (*Tribolodon brandtii*) и минтая (*Theragra chalcogramma*), а также кожно-мышечный мешок (мантия) асцидии (*Styela clava*). Всего анализу подвергнуто по 30 проб органов и тканей каждого вида гидробионтов. Пробоподготовка осуществлялась в соответствии с рекомендациями [5, 6, 7]: образцы помещали в тефлоновые автоклавы, добавляли смесь азотной и соляной кислот (1:2) и разлагали в микроволновом реакторе Milestone Ultra-Clave (Италия) 60 мин при 200 °С и давлении 60 атмосфер. Элементный анализ подготовленных растворов проб проводили рентгенофлуоресцентным методом с полным внешним отражением (TXRF) на приборе TXRF 8030 C (FEI Company, Germany). Пробу объемом 10 мкл наносили на подложку из полированного кварцевого стекла. Время измерения – 500 с, источники возбуждения –  $MoK_{\alpha}$  и  $WBr_{35}$ . Внутренний стандарт – раствор иттрия с концентрацией 50 мкг/мл. Предел обнаружения варьирует для различных элементов в пробах от  $10^{-7}$  до  $10^{-10}$  %.

Все цифровые данные представлены как среднее арифметическое  $\pm$  стандартное отклонение.

#### **Результаты и их обсуждение**

Согласно исследованиям Н.П. Морозова и С.А. Петухова [8] химические элементы по-разному ведут себя в процессах миграции по пищевым цепям: одни обнаруживают тенденцию к уменьшению, другие – к накоплению в гидробионтах более высоких трофических уровней. Направленность и активность биологической миграции элементов в тканях водных жителей обусловлены их физико-химическими свойствами, содержанием в окружающей среде и потребляемой пище.

Очевидно, что таксономически близкие гидробионты, обитающие в одном и том же водном объекте, должны иметь определенное сходство в микроэлементном составе в силу значительной однородности среды [5, 9, 11]. Однако специфика вида, характер питания, образ жизни, локальные загрязнения в водоемах обуславливают различия между ними в содержании микроэлементов в тканях и других органах.

Рыбы, являясь важным компонентом морских экосистем, играют ключевую роль в трофической структуре водоемов. Добыча промысловых рыб – один из основных источников ценного белкового сырья для человека. В связи с загрязнением морской среды актуальна оценка качества рыбного сырья с точки зрения содержания в нем токсичных металлов.

Имеются литературные данные, указывающие на наличие индивидуальной дифференциации содержания металлов в зависимости от экологической специфики рыб, а именно на преобладание тяжелых металлов в организме бентофагов [7]. В то же время было показано, что рыбы разных видов из одного водоема обнаруживают больше сходства в картине распределения тяжелых металлов, чем один и тот же вид из разных, особенно внутренних, водоемов [7, 12].

Результаты микроэлементного анализа проб образцов печени, жаберной и мышечной тканей рыб – красноперки и минтая – приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Наши исследования выявили определенное сходство и различия в накоплении органами и тканями минтая и красноперки ряда микроэлементов. Как видно из табл. 1 и 2, концентрации P, S, K и Ca в целом имеют большие значения, при этом не обнаружено корреляции между уровнем накопления этих элементов, видовой и тканевой принадлежностью. Такие тяжелые металлы, как цинк, медь, железо также присутствуют в пробах всех анализируемых тканей рыб. Известно, что железо, цинк и медь активно участвуют в процессах легочного и тканевого дыхания, а также в процессах кроветворения и синтезе гемоглобина рыб [8].

Наиболее высокие значения концентрации железа отмечены для ткани печени красноперки (143-368 мкг/г) и жабр минтая (67,5-99,7 мкг/г). В остальных исследованных тканях рыб числовые значения концентрации железа одного порядка, хотя обладают значительной вариабельностью. У обоих видов рыб отмечен сравнительно высокий уровень содержания меди в печени (5,4-12,4 мкг/г), что вполне согласуется с литературными данными о депонировании меди в составе пигмента гепатокупреина печени, который используется в организме для синтеза цитохромоксидазы и других ферментов.

В ткани половой железы красноперки отмечена достаточно высокая концентрация цинка (37,2-49,5 мкг/г), который влияет на активность половых и гонадотропных гормонов гипофиза рыб [13]. Цифровые значения содержания марганца в ткани жабр и гонады у обоих видов рыб сходны, тогда как в печени и мышечной ткани красноперки марганец не выявлен. Многие авторы отмечают связь марганца с половыми гормонами. Участвуя в биологическом катализе и стимулируя белковый, углеводный и жировой обмены, марганец оказывает значительное влияние на рост, размножение и кроветворение рыб [14]. Концентрация токсичного элемента мышьяка в печени и мышечной ткани минтая в целом выше, чем у красноперки, тогда как в жабрах и ткани гонады красноперки мышьяк не обнаружен. Считается, что между общим содержанием мышьяка в организме и его токсичностью нет однозначной зависимости: следует отметить, что токсичные гидратированные ионы мышьяка в тканях рыб сразу связываются в органические комплексы, которые практически безвредны для организма. При этом общая концентрация вещества в организме не меняется [8]. Уровень содержания брома в тканях минтая выше, чем у красноперки. Такая специфика распределения марганца, мышьяка и брома, по-видимому, обусловлена эколого-физиологическими особенностями данных видов рыб. Концентрация и

распределение селена, являющегося биологически активным микроэлементом, обеспечивающим нормальную функцию ферментативной антиоксидантной системы организма [15, 16], в тканях обоих видов рыб носят сходный характер. Токсичные тяжелые металлы свинец, хром, кадмий не обнаружены ни в одном из органов и тканей минтая и красноперки. В нашей работе не выявлена корреляция уровней накопления микроэлементов в органах и тканях рыб и районов зал. Петра Великого, в которых брали материал для исследования, можно лишь отметить общую тенденцию к увеличению концентраций по ряду микроэлементов для зал. Лебединый бухты Экспедиции, неблагоприятной в экологическом отношении (табл. 1, 2).

При анализе экологической ситуации в прибрежных водах зал. Петра Великого наряду с грунтами для оценок качества водной среды используют организмы-индикаторы (иглокожие, двустворчатые моллюски, водоросли). Химический состав тканей этих гидробионтов как интегральный показатель качества среды обитания хорошо изучен [17, 18, 19, 20]. Однако до сих пор практически не исследованы индикаторные свойства асцидий – животных, принадлежащих к типу хордовых, подтипу оболочников, фильтраторов, ведущих прикрепленный образ жизни, образующих одиночные и колониальные формы. Химический состав этих животных характеризуется наличием специфических, характерных только для них компонентов из разряда пептидов [21], каротиноидов [22, 23, 24], алкалоидов [25, 26], углеводов [27, 28, 29]. В настоящее время известно более 100 видов асцидий, обитающих в дальневосточных и арктических морях, из них около 35 обитают в зал. Петра Великого. Биотехнологический и биогенный потенциал асцидий представляет значительный интерес и еще не получил объективной оценки.

Данные микроэлементного анализа туники и кожно-мускульного мешка (мантии) асцидии стиелы булавовидной (*Styela clava*) представлены в табл. 3.

Таблица 1

**Концентрации микроэлементов в тканях красноперки,  
мкг/г воздушно-сухой массы**

Table 1

**Concentration of trace elements in tissues of the rudd,  
mkg/g of air-dried weight**

Элемент	Мышцы			Печень			Жабры			Гонада		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
P	870	910	979	597	1070	854	5524	7012	5148	491	1806	1340
S	1183	1228	1637	894	1212	385	985	1227	1221	381	823	1212
K	1878	2013	2116	1280	1899	761	1238	1208	1226	704	1768	1501
Ca	373	284	141	113	510	46.6	9918	11205	7948	34.1	79.9	62.8
Mn	-	-	-	-	-	-	4.76	12.22	12.34	1.46	1.21	1.42
Fe	4.38	10.13	7.39	143	368	133	47.1	220	49.1	35.7	50.1	58.9
Cu	0.496	0.910	0.865	5.59	4.46	4.77	1.41	1.33	0.963	1.73	1.23	1.25
Zn	10.01	11.26	9.87	29.23	35.4	30.4	28.99	29.34	29.50	49.5	37.2	55.7
As	0.99	0.97	0.823	2.39	1.13	1.49	-	-	0.955	-	-	0.432
Se	0.350	0.620	0.445	1.24	1.28	1.58	0.997	0.959	0.702	2.68	1.33	1.53
Br	0.633	1.39	0.419	1.91	3.77	1.48	2.57	3.75	3.31	1.23	2.28	2.12
Rb	2.51	2.54	2.32	1.62	1.80	1.44	1.72	1.88	1.59	2.03	2.78	2.21
Sr	6.76	5.33	1.63	1.71	6.33	1.29	142	149	127	0.73	1.38	0.706
Ba	-	-	-	-	-	-	-	3.66	2.06	1.22	1.11	0.981

Примечание. 1 – бухта Северная; 2 – зал. Лебединый; 3 – прибрежные акватории о-ва Русский.

Таблица 2

## Концентрации микроэлементов в тканях минтая, мкг/г воздушно-сухой массы

Table 2

## Concentration of trace elements in tissues of pollock, mkg/g of air-dried weight

Ткани минтая	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Br	Rb	Sr	Mo	J	Ba	Pb	
1	Жабры	1669	713	645	6201	5.5	67.5	7.72	1.9	22.7	1.26	1.39	9.83	3.17	173			734		
	Кожа	935	1101	1332	2092	4.8	83.1	4.3	1.5	8.01	10.1	2.89	6.45	3.00	62.0			6.67		
	Печень	640	572	665	22.1		26.6		5.4	20.0	4.56	0.97	8.28	0.64	3.49		4.95			
	Гонада	221	1065	153	609	5.97	336	0.63	4.3	12.6	0.59		44.5	0.33	19.5	0.39	1.06		5.7	
2	Мышца	1527	2119	2770	142	5.63	36.2		0.6	4.15	11.8	0.31	6.13	0.54	1.16	0.64				
	Жабры	10546	2107	1954	25881	5.3	98.1	3.89		25.9	1.21	1.05	6.85	3.73	229			508		
	Кожа	1225	1637	1856	3387	32.6	4.1	147	0.75	2.1	30.9	4.55	0.88	5.20	2.76	46.7			9.52	
	Гонада	513	948	335			12.9	0.39	1.3	26.6	0.87	1.31	7.69	0.78	4.92		0.88			
3	Мышца	1669	2467	2577	85.5	3.9	21.4	0.57	0.7	5.59	7.52	0.26	2.19	0.75	1.95	0.25	0.69	2.26		
	Кости	4071	850	469	13418		94.6		3.2	25.4	3.88	2.35	6.48	2.61	508	2.25				
	Жабры	1952	875	829	7874	9.7	99.2		2.83	29.7	1.89	1.61	10.4	2.81	151					
	Кожа	152	118	426	1041	6.42	1.1	32.6	0.25	0.28	4.93	0.16	1.20	0.93	7.05					
3	Печень	1564	1061	1604	1747	41.4	74.9	0.62	12.4	25.2	10.0	0.93	12.1	1.74	5.85		0.88			
	Гонада	2804	3206	2434	229	3.2	32.5		2.03	48.4	75.7	1.38	8.90	8.44	22.2			337		
	Мышца	606	1057	1204	489	1.2	22.6	0.58	0.7	6.01	13.9	0.49	4.59	1.27	3.28		0.52			

Примечание. 1 – бухта Северная; 2 – зал. Лебединый бухты Экспедиции; 3 – прибрежные акватории о-ва Русский.

Таблица 3

**Концентрации микроэлементов в тунике и мантии асцидии булавовидной бухты Северной, мкг/г воздушно-сухой массы**

Table 3

**Concentration of trace elements in tunic and cloak of an ascidian *Styela clava* of the bay Northern, mkg/g of air-dried weight**

Ткани асцидии	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Se	Br	Rb	Sr	Mo	Ba	Pb	
1	203	366	130.5	893	25.5	4.41	426	1.43	2.60	13.99	0.488	0.461	7.63	1.46	9.83		2.83	3.53	
Мантия																			
Туника	479	1479	483	1989	19.89	80.2	404	1.99	4.17	23.42	0.536	0.625	47.9	3.22	26.96			7.08	
2	214	339	259	1376	13.48	3.17	211	0.999	1.71	14.59		0.618	6.23	1.25	15.03		2.14	1.39	
Мантия																			
Туника	1303	2907	686	1321		6.09	357	1.60	3.20	15.33	68.57	0.560	34.79	0.741	34.03		354	2.66	
3	293	622	794	2492	20.59	5.72	214	0.900	2.35	18.33		0.765	9.78	3.34	50.84		9.32	0.996	
Мантия																			
Туника	222	1000	189	1155	6.78	61.2	383	1.22	4.29	17.58	0.702	0.177	64.93	0.274	23.41			4.08	
4	427	1021	248	1213		5.43	134	1.25	3.29	22.81		0.918	22.45	0.586	17.93			1.24	
Мантия																			
Туника	2492	2207	1524	210		1.82	13.89	0.568	1.64	36.38	16.87	1.034	10.22	0.656	7.11		80.36	1.07	
5	413	718	184	603	24.39	8.99	1029	1.41	7.81	43.79	1.036	0.741	20.19	1.306	24.55	0.965		3.12	
Мантия																			
Туника	252	680	100	482	8.03	41.03	287	0.852	4.49	15.26	0.852	0.221	57.23	0.405	20.77	0.431		3.21	
6	89.67	109	327	894	6.43	1.86	124	0.210	0.359	2.65	0.162	0.086	0.932	0.938	12.26		1.801	0.356	
Мантия																			
Туника	205	477	248	2459	6.95	4.49	566	0.496	1.47	8.51	0.372	0.138	11.51	0.599	38.36			1.49	
7	162	389	428	1548	12.96	4.39	474	0.873	1.93	11.09	0.358	0.333	7.44	1.11	13.88			1.04	
Мантия																			
Туника	404	2032	478	4529	23.83	13.46	1927	1.86	6.17	24.70	1.44	0.487	40.15	2.35	85.63		12.91	5.30	
8	678	927	211	1160	24.32	9.64	1478	1.80	14.75	38.19	0.999	1.099	17.13	1.79	37.94	0.524	3.87	6.63	
Мантия																			
Туника	361	913	235	388	26.79	12.13	1887	1.59	20.15	26.21	1.77	0.333	40.34	1.006	39.99			7.21	
Ср. знач.	310	561	322	1272	15.9	5.45	511	1.10	4.36	20.7	0.37	0.62	11.5	1.47	22.8		3.9	2.3	
Ср. знач.	715	1461	493	1566	11.5	27.5	728	1.27	5.7	20.9	11.3		38.4	1.15	26.9		149	4.0	

Изучение микроэлементного состава тканей асцидии бухты Северной показало, что в целом уровень накопления микроэлементов в тунике выше, чем в мантии. Средние концентрации кальция, калия, железа, цинка, меди и титана в тунике и мантии асцидий достигают больших значений. В тунике содержится вдвое больше фосфора, в два с половиной – три раза больше серы и брома, в пять раз больше марганца. Концентрация токсичного мышьяка в тунике на порядок выше, а свинца вдвое больше, чем в мантии асцидий. Такие тяжелые металлы, как хром и кадмий не обнаружены в тунике и мантии асцидий.

Порядок убывания концентраций микроэлементов в тунике и мантии асцидии (табл. 3) имеет следующий вид:

Ca > S > Fe > K > P > Sr > Zn > Ti > Br > Mn > Cu > Pb > As – мантия;

Ca > S > Fe > P > K > Br > Sr > Mn > Zn > Ti > As > Cu > Pb – туника.

Следует отметить, что сведения относительно состава и распределения микроэлементов в тканях дальневосточных асцидий крайне немногочисленны, определение концентраций микроэлементов произведено для другого вида – асцидии пурпурной и с помощью менее совершенных методик [30, 31, 32]. Сравнительный анализ уровней концентрации некоторых микроэлементов в тунике и мантии пурпурной асцидии [32] и наших данных выявил некоторые различия. Так, в мантии и тунике асцидии стиелы булавовидной числовые значения концентраций железа, меди и свинца (Fe – 511,25-728 мкг/г; Cu – 4,36-5,7 мкг/г; Pb – 2,3-47 мкг/г) значительно выше, чем у пурпурной асцидии (Fe – 15,42-47,77 мкг/г; Cu – 2,2-3,1 мкг/г; Pb – 0,48-0,63 мкг/г), в то время как уровень концентрации цинка и марганца (Zn – 20,68-20,9 мкг/г; Mn – 27,5 мкг/г) ниже по сравнению с таковым у пурпурной асцидии (56,39-52,73 мкг/г). Выявленные различия концентраций микроэлементов в тканях асцидий могут быть обусловлены как их видовой специфичностью, так и методическими особенностями определения микроэлементного состава.

Полученные нами данные о составе и распределении микроэлементов в тканях асцидии стиелы булавовидной представляют определенный интерес, поскольку данные гидробионты могут быть использованы не только как организмы-биоиндикаторы, но и в качестве сырья для изготовления новых лекарственных препаратов и биологически активных добавок.

### Выводы

Изучен микроэлементный состав печени, жабр, гонады, кожи и мышечной ткани дальневосточной мелкочешуйной красноперки (*Tribolodon brandtii*) и минтая (*Theragra chalcogramma*). Во всех пробах анализируемых тканей рыб концентрации биологически активных элементов – P, S, K и Ca – имеют достаточно большие значения. При этом не обнаружено корреляции между уровнем накопления этих элементов, видовой и тканевой принадлежностью.

Тяжелые металлы – свинец, хром, кадмий – в органах и тканях исследованных видов рыб не обнаружены. Концентрация мышьяка в печени и мышечной ткани минтая в целом выше, чем у красноперки, при этом в жабрах и ткани гонады красноперки мышьяк не обнаружен. У обоих видов рыб отмечен достаточно высокий уровень содержания меди в печени.

Исследование микроэлементного состава туники и кожно-мышечного мешка (мантии) асцидии стиелы булавовидной (*Styela clava*) показало, что средние значения концентрации кальция, калия, железа, цинка, меди и титана в тунике асцидии значительно выше, чем в мантии. Концентрация высокотоксичного мышьяка в тунике асцидии на порядок выше, а свинца вдвое больше, чем в мантии. Тяжелые металлы – хром и кадмий – в тканях асцидии не обнаружены.

## Список литературы

1. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2001. – Т. 193. – С. 167-152.
2. Турекьян К. Судьба металлов в эстуариях // Химическое загрязнение морской среды: тр. I сов.-америк. симпоз. Одесса. 24-28 мая 1979. – Л.: Гидромет, 1979. – С. 38-47.
3. Лисицын А.П., Демина Л.Л., Гордеев В.В. Геохимический барьер река-море и его роль в осадочном процессе // Биогеохимия океана. – М.: Наука, 1983. – С. 32-47.
4. Сафьянов Г.А. Эстуарии. – М.: Мысль, 1987. – 189 с.
5. Методические указания 4.1.005-4.1.008-94 Госкомсанэпиднадзора.
6. Бок Р. Методы разложения в аналитической химии. – М.: Химия, 1984. – 43 с.
7. Кашулин Н.А., Решетников Ю.С. Накопление и распределение никеля, меди и цинка в органах и тканях рыб в субарктических водоемах // Вопр. ихтиологии. – 1995. – Т. 35, № 5. – С. 687-697.
8. Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
9. Стеблевская Н.И., Полякова Н.В., Медков М.А. Микроэлементный состав некоторых видов родов *Lespedeza*, *Caragana* (Fabaceae) и *Patrinia* (Valerianaceae) флоры Дальнего Востока // Растительные ресурсы. – 2009. – № 3. – С. 102-110.
10. Петухов С.А., Морозов Н.П. К вопросу о «видовых» различиях микроэлементного состава рыб // Вопр. ихтиологии. – 1983. – Т. 23, № 5. – С. 870-873.
11. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Тенденции изменения химико-экологической ситуации в прибрежных акваториях Приморья // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 137. – С. 310-320.
12. Зиновьев В.А. Ихтиологический кадастр и мониторинг водоемов Краснокамского района. – Пермь: Перм. ун-т, 2006. – 148 с.
13. Малышева Т.Д. Метаболизм цинка у карпа при различных экологических условиях: дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1981. – 195 с.
14. Порохонская Е.М. Микроэлементы донных отложений рыбоводных прудов в Украинской ССР и перспектива использования микроудобрений в рыбоводстве: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Харьков, 1970. – 22 с.
15. Голубкина Н.А., Чиженкова О.А., Зайцев В.Ф., Камакин А.М. Содержание селена в мышечной ткани морских видов рыб в Каспийском море / Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. – 2009. – № 2. – С. 44-46.
16. Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биологическое значение селена. – М.: Наука, 1974. – 298 с.
17. Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.
18. Кавун В.Я. Возрастная динамика микроэлементного состава тканей долгоживущих митилид *Srenomytilus gray anus* и *Modiolus kurilensis* // Биол. моря. – 1994. – Т. 20, № 1. – С. 62-67.
19. Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кику Д.П. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря // Вопр. рыболовства. – 2006. – Т. 7, № 1 (25). – С. 185-190.
20. Кику Д.П., Ковековдова Л.Т. Металлы и металлоиды в промысловых моллюсках залива Петра Великого (Японское море) // Современное состояние водных биоресурсов: материалы науч. конф. – Владивосток, 2008а. – С. 537-541.
21. Jang W.S., Kim K.N., Lee Y.S., Nam M.H., Lee H. Halocidin: a new antimicrobial peptide from hemocytes of the solitary tunicate, *Halocynthia aurantium* // FEBS Lett. – 2002. – Vol. 521. – P. 81-86.



22. Ookubo M., Matsuno T. Carotenoids of Sea Squirts II. Comparative Biochemical studies of carotenoids in Sea Squirts // *Comp. Biochem. Physiol.* – 1985. – Vol. 81B, № 1. – P. 137-141
23. Choi B.D., Kang S.J., Choi Y.J., Youm M.G., Lee K.H. Utilization of ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. 3. Carotenoid composition of ascidian tunic // *J. Korean Fish. Soc.* – 1994a. – Vol. 27, № 4. – P. 344-350.
24. Белорукова А.А., Задорожный П.А., Пивненко Т.Н., Якуш Е.В. Оценка содержания каротиноидов у асцидий *Halocynthia aurantium* и *Styela clava* // *Изв. ТИНРО.* – 2006. – Т. 147. – С. 347-353.
25. Еляков Г.Б., Стоник В.А. Морская биоорганическая биохимия – основа морской биотехнологии // *Изв. Академии наук. Сер. химическая.* – 2003. – № 1. – С. 1-18.
26. Agrawal M., Bowden B., McCool B., Willis R. Alkaloids and peptides from Australian sponges and Ascidians // *International symposium on marine drugs.* 2004.
27. Anno K., Otsuka K., Nobuko S. A chitin sulfite-like polysaccharide from the test of the tunicate *Halocynthia roretzi* // *Biochem. Biophys. Acta.* – 1974. – Vol. 362. – P. 215-219.
28. Jong B.C., Ruck J.H., Jung W.J. Functional properties of sulfated polysaccharides in ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic // *J. Korean Fish. Soc.* – 1998. – Vol. 31, № 3. – P. 447-451.
29. Cavalcante M., Mourao P., Pavao M. Isolation and characterization of a highly sulfated heparan sulfate from ascidian test cell // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1999. – Vol. 1428. – P. 77-87.
30. Саватеева Л.Ю., Маслова М.Г., Володарская В.Л. Дальневосточные голотурии и асцидии как ценное пищевое сырье. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1983. – С. 184.
31. Саенко Г.Н. Металлы и галогены в морских организмах. – М.: Наука, 1992. – 200 с.
32. Косьяненко А. Изменение концентрации микроэлементов в тканях пурпурной сцидии *Halocynthia Aurantium* // *Актуальные проблемы экологии, морской биологии и биотехнологии: материалы X регион. конф. студентов, аспирантов вузов и научных организаций Дальнего Востока России.* – Владивосток: ДВФУ, 2011.

**Сведения об авторах:** Жадько Елена Александровна,  
кандидат биологических наук, доцент;  
Стеблевская Надежда Ивановна, доктор химических наук, профессор,  
e-mail: [steblevskaya@ich.dvo.ru](mailto:steblevskaya@ich.dvo.ru);  
Полякова Наталья Владимировна, кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник, e-mail: [polyakova@ich.dvo.ru](mailto:polyakova@ich.dvo.ru);  
Чусовитина Светлана Васильевна, кандидат биологических наук, доцент,  
e-mail: [chusovitinasv@mail.ru](mailto:chusovitinasv@mail.ru).

УДК 591.69-7

**В.Н. Казаченко<sup>1</sup>, Н.Н. Ковалева<sup>1</sup>, Nguyen Vu Thanh<sup>2</sup>, Ha Duy Ngo<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Vietnamese Academy of Science and Technology, Institute of Ecology and Biological Resources, Vietnam, Hanoi

### **НОВЫЕ НАХОДКИ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ СЕМЕЙСТВА LERNANTHROPIDAE (CRUSTACEA: COPEPODA: SIPHONOSTOMATOIDA) ВО ВЬЕТНАМЕ**

Приведены новые сведения о 11 видах (*Lernanthropus alatus*, *L. carangis*, *L. francai*, *L. opisthopteri*, *L. polynemi*, *L. chirocentrosus*, *L. villiersi*, *L. trifoliatus*, *L. lappaceus*, *Lernanthropinus gibbosus*, *L. sphyraenae*) 2 родов (*Lernanthropus*, *Lernanthropinus*) семейства *Lernanthropidae*, зарегистрированных в морских водах Вьетнама, 7 видов рыб (*Arius maculatus*, *Channa* sp., *Galeoides decadactylus*, *Gerres filamentosus*, *Ilisha elongata*, *Parastromateus niger*, *Upeneus sulfureus*) оказались новыми хозяевами для копепод. Восстановлена валидность видов *Lernanthropus trifoliatus* и *L. lappaceus*.

**Ключевые слова:** копеподы, рыбы, Вьетнам, *Lernanthropidae*.

**V.N. Kazachenko, N.N. Kovaleva, N.V. Thanh, H.D. Ngo**

### **NEW FINDING OF PARASITIC CRUSTACEANS OF FAMILY LERNANTHROPIDAE (CRUSTACEA: COPEPODA: SIPHONOSTOMATOIDA) IN VIETNAM**

Data on 11 species (*Lernanthropus alatus*, *L. carangis*, *L. francai*, *L. opisthopteri*, *L. polynemi*, *L. chirocentrosus*, *L. villiersi*, *L. trifoliatus*, *L. lappaceus*, *Lernanthropinus gibbosus*, *L. sphyraenae*) of 2 genera (*Lernanthropus*, *Lernanthropinus*) of family *Lernanthropidae* registered in sea waters of Vietnam, 7 species of fishes (*Arius maculatus*, *Channa* sp., *Galeoides decadactylus*, *Gerres filamentosus*, *Ilisha elongata*, *Parastromateus niger*, *Upeneus sulfureus*) had appeared new hosts for copepods. The validity of *Lernanthropus trifoliatus* and *L. lappaceus* has been regenerated.

**Key words:** copepods, fish, Vietnam, *Lernanthropidae*.

#### **Введение**

Паразитические ракообразные имеют большое практическое значение, так как вызывают болезни и гибель рыб. При искусственном разведении они причиняют огромные убытки, исчисляемые миллионами долларов, поэтому изучение их морфологии необходимо при определении видовой принадлежности. Необходимо знать и фауну паразитических копепод, специфичность, интенсивность и экстенсивность инвазии, чтобы прогнозировать возможные эпизоотии crustaceans при искусственном разведении рыб. Цель работы – изучить фауну паразитических ракообразных сем. *Lernanthropidae* рыб Вьетнама.

#### **Материал и методика**

Материалом для исследования послужили паразитические копеподы, собранные сотрудниками ТИНРО в 1960-1961 гг. и августе-сентябре 2011 г. в Социалистической республике Вьетнам, в зал. Бакбо (Тонкинский зал.) у о-ва Катба (Kat Ba), в ноябре 2009 г. и в районе Хюэ (Hue) и о-ва Фуку в июле 2010 г. Сбор и обработка материала проводилась по общепринятой методике [1]. Измерения паразитических копепод приведены в миллиметрах. Сведения о паразитических копеподах семейства *Lernaeopodidae* рыб Вьетнама опубликованы в [2, 3, 4]. В них приводятся сведения о 13 видах четырех родов: *Lernanthropinus decapteri*, *L. gibbosus*, *L. sphyraenae*, *Lernanthropus alatus*, *L. carangis*, *L. cornutus*,

*L. francai*, *L. lappaceus*, *L. opisthopteri*, *L. otolithi*, *L. trifolius*, *Lernanthropus* sp., *Lernanthropodes* sp., *Sagum sanguineus*, *Sagum* sp. В этой статье в основном даны сведения о хозяевах копепод, интенсивности и экстенсивности заражения, районе и дате обнаружения паразита, но описания и рисунки лернантропид отсутствуют. В работе приведены и описаны рисунки вышеперечисленных копепод и новые находки паразитов.

### Результаты исследований

#### СЕМЕЙСТВО LERNANTHROPIDAE КАВАТА, 1979

Род *Lernanthropus* Blainville, 1822

*Lernanthropus alatus* Pillai, 1964 (рис. 1-2)

**Хозяева:** а) *Alepes melanoptera* Swainson, 1839 (Perciformes, Carangidae); б) *Caranx* sp. (Perciformes, Carangidae); в) *Decapterus* sp. (Perciformes, Carangidae) [3-4].

**Самка.** Форма тела лернантропоидная (рис. 1-2). Головогрудь прямоугольной формы, маленькая. Латеральные края головогруды направлены вентрально. Первый грудной сегмент входит в состав головогруды, второй – третий слиты с туловищем. Четвертый грудной сегмент слит с дорсальной пластиной. Третья плавательная нога в виде пластины и простирающаяся постлатерально от туловища. Четвертая плавательная нога двуветвистая и не сегментированная.

**Измерения.** а) Самка (n = 2), длина 3,65-4,00 (3,82); б) самка (n = 2), длина 3,37-3,62 (3,49); в) самка (n = 3), длина 3,50-3,75 (3,61). Головогрудь: а) 1,25-1,30 (1,27) × 1,00-1,22 (1,11); б) 1,12 × 1,00; в) 1,20-1,25 (1,23) × 0,82-0,97 (0,92). Туловище с дорсальной пластинкой: а) 2,70-2,40 (2,55) × 1,45-1,62 (1,53); б) 1,50-1,82 (1,66) × 1,72; в) 2,30-2,50 (2,40). Туловище без дорсальной пластины: а) 1,37-1,62 (1,49) × 1,75-1,80 (1,77); б) 2,37-2,25 (2,31); в) 1,25-1,61 (1,42). Брюшко: а) 0,42 × 0,25-0,40 (0,30); б) 1,50 × 0,35; в) 0,40 × 0,28.

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Копепода *L. alatus* известна от рыбы отряда Perciformes семейства Carangidae – *Selaroides leptolepis* (Cuvier, 1833) у берегов Индии [5].

Копепода *L. alatus* – специфичный паразит рыб семейства Carangidae.

Копепода *L. alatus* впервые зарегистрирована в водах Вьетнама [3, 4].

*Lernanthropus carangis* Pillai, 1964 (рис. 3-4)

**Хозяева:** а) *Upeneus sulfureus* Cuvier, 1829 (Perciformes, Mullidae); б) *Parastromateus niger* (Bloch, 1795) (Perciformes, Carangidae) [3, 4].

**Новые хозяева:** а) *Channa* sp. (Perciformes, Channidae); б) сабля-рыба.

**Локализация:** жаберные лепестки.

**Интенсивность и экстенсивность заражения:** а) 2 самки у 1 из 41 обследованной рыбы; б) 1-3 экз. у 2 из 8 обследованных рыб.

**Индекс обилия:** а) 0,04; б) 0,62.

**Место и время обнаружения:** а) Вьетнам, зал. Бакбо (Тонкинский), 28.02.1960 г.; б) Вьетнам, зал. Бакбо (Тонкинский) 20.01.1960 г.

**Самка.** Форма тела лернантропоидная (рис. 3-4). Головогрудь маленькая, овальной формы. Латеральные края головогруды направлены вентрально. Первый грудной сегмент входит в состав головогруды, второй – третий слиты с туловищем. Четвертый грудной сегмент с дорсальной пластиной. Брюшко 1-сегментное. Третья плавательная нога в виде пластины, простирается постлатерально. Четвертая плавательная нога двуветвистая, не членистая.

**Измерения.** а) Самка (n = 2), длина 5,5; б) самка (n = 5), длина 3,70-4,70 (4,26).

**Самец** не обнаружен.

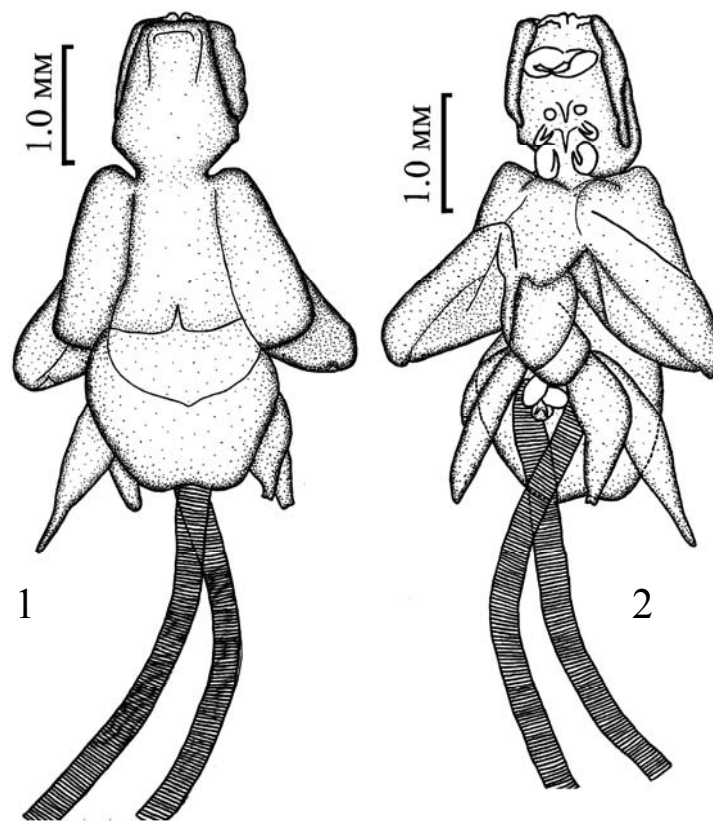


Рис. 1-2. *Lernanthropus alatus* самка (оригинал): 1 – дорсально; 2 – вентрально  
Fig. 1-2. *Lernanthropus alatus* female (original): 1 – dorsal; 2 – ventral

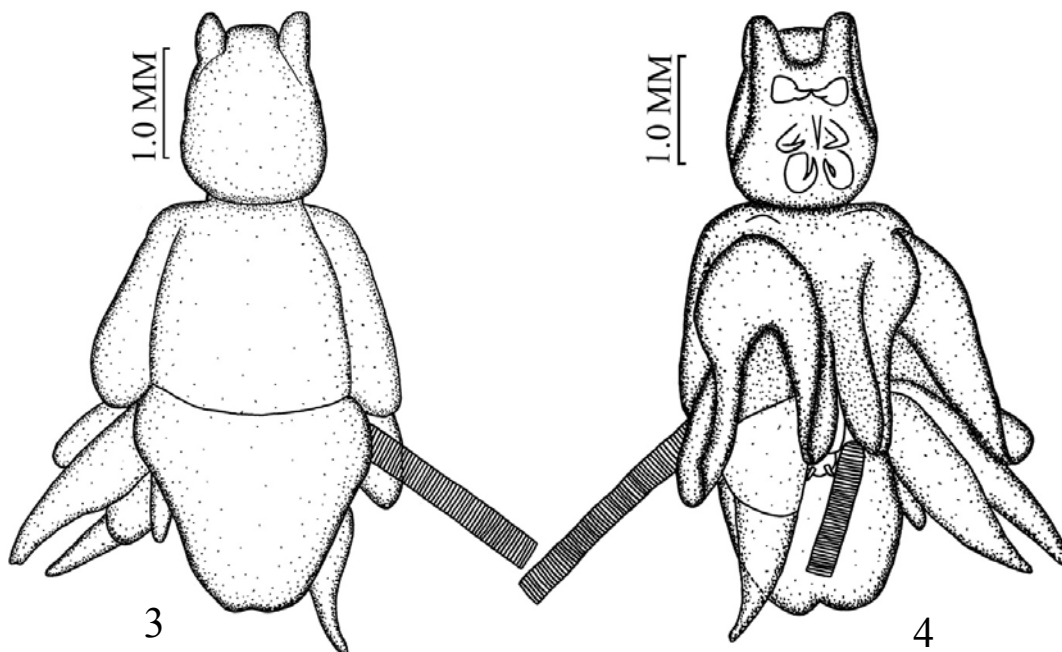


Рис. 3-4. *Lernanthropus carangis* самка (оригинал): 3 – дорсально; 4 – вентрально  
Fig. 3-4. *Lernanthropus carangis* female (original): 3 – dorsal; 4 – ventral

**Хозяева и распространение.** Копепода *L. carangis* известна от рыбы отряда Perciformes семейства Carangidae – *Caranx sanson* (Bennett, 1830) у берегов Индии [5].

Вид *L. carangis* впервые зарегистрирован в водах Вьетнама [3, 4].

*Ureneus sulfureus*, *Parastromateus niger*, *Channa* sp. и сабля-рыба – новые хозяева *L. carangis* [3, 4].

*Lernanthropus francai* Nimes-Ruivo, 1962 (рис. 5-12)

**Хозяин:** *Larimichthys croceus* (Richardson, 1846) (Perciformes, Sciaenidae) [3, 4].

**Самка.** Форма тела лернантропидная (рис. 5, 6). Первая максилла (рис. 7) на вершине несет три щетинки. Вторая максилла (рис. 8) перед дистальным когтем несет мощный шип; дистальный коготь вооружен зубчиками. Максиллипед (рис. 9) на миксальной области имеет шип; дистальный коготь имеет щетинку. Первая плавательная нога (рис. 10) покрыта, вторая (рис. 11) – не покрыта волосками. Кaudальная ветвь (рис. 12) у внутреннего основания имеет щетинку и две щетинки на дистальном конце.

**Измерения.** Самка (n = 2), длина 4,20-4,45 (4,32). Головогрудь, 0,75-0,85 (1,50) × 0,75-0,87 (0,81). Туловище с дорсальной пластиной 3,50-3,50 (3,55) × 1,22-1,25 (1,23). Туловище без дорсальной пластины 2,12-2,17 (2,14) × 0,82-0,87 (0,85). Брюшко 0,43-0,65 (0,54) × 0,32. Кaudальные ветви 0,46-0,60 (0,53) × 0,09.

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Копепода *L. francai* зарегистрирована на рыбе отряда Perciformes семейства Sciaenidae – *Umbrina ronchus* Valenciennes, 1843 у побережья Анголы [6].

Копепода *L. francai* – специфичный паразит рыб семейства Sciaenidae.

Вид *L. francai* впервые зарегистрирован в водах Вьетнама [3, 4].

*Lernanthropus opisthopteri* Pillai, 1964 (рис. 13)

**Хозяин:** *Ilisha elongata* (Bennett, 1830) (Clupeiformes, Clupeidae) [3, 4].

**Самка.** Форма тела лернантропидная (рис. 13). Головогрудь прямоугольная, небольшая. Латеральные края головогруды направлены вентрально. Первый грудной сегмент входит в состав головогруды, второй и третий образуют туловище. Третья плавательная нога в виде пластины. Четвертая плавательная нога двуветвистая. Ветви длинные и не членистые.

**Измерения.** Самка (n = 3), длина 3,59-4,25 (3,98). Головогрудь 1,07-1,25 (1,14) × 1,30-1,42 (1,29). Туловище с дорсальной пластиной 2,52-3,12 (2,83) × 1,92-2,05 (1,97). Туловище без дорсальной пластины 2,00-2,20 (2,10) × 1,37-1,60 (1,49). Брюшко 0,50 × 0,30. Кaudальные ветви 0,20 × 0,07.

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Вид *L. opisthopteri* известен от рыб отряда Clupeiformes семейства Clupeidae – *Opisthopterus tardoore* у побережья Индии [5].

Копепода *L. opisthopteri* специфична рыбам семейства Clupeidae.

*I. elongata* – новый хозяин *L. opisthopteri* [3, 4].

Копепода *L. opisthopteri* впервые зарегистрирована в водах Вьетнама [3, 4].

*Lernanthropus polynemi* Richiardi, 1881

Возможно нахождение этого вида в водах Вьетнама, так как в нашем материале есть специфичный хозяин этого вида копепод – *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw, 1804) (Perciformes, Polynemidae). *L. polynemi* зарегистрирован у берегов о-ва Ява [7, 8, 9].

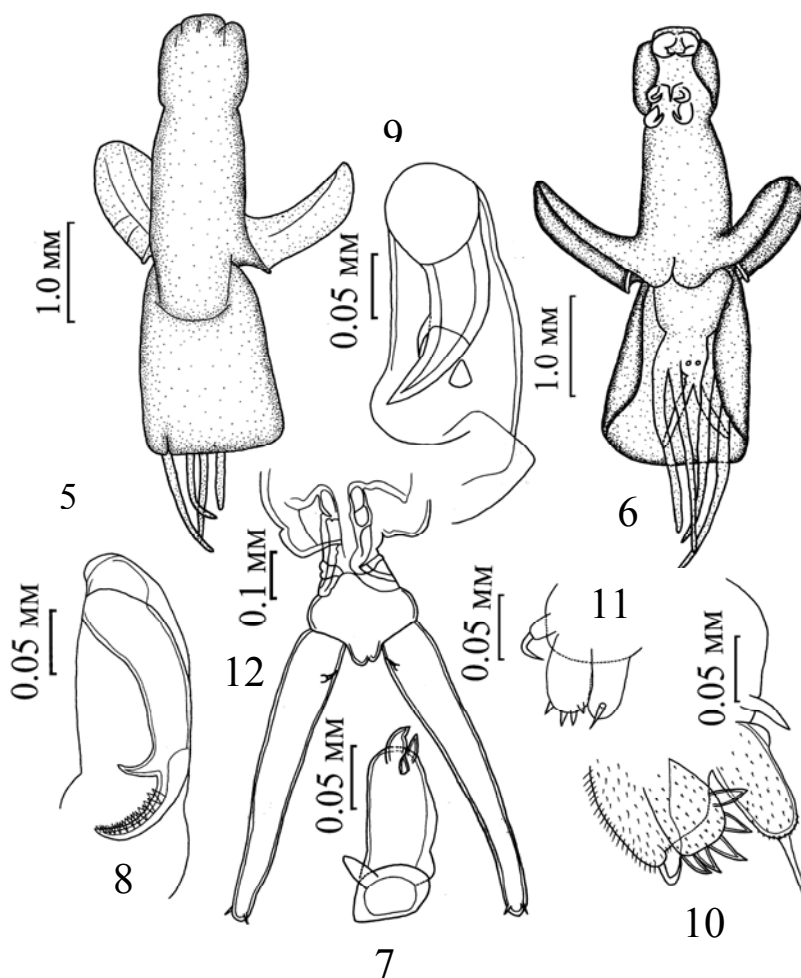


Рис. 5-12. *Lernanthropus francai* самка (оригинал): 5 – дорсально; 6 – вентрально; 7 – первая максилла; 8 – вторая максилла; 9 – максиллипод; 10 – первая плавательная нога; 11 – вторая плавательная нога; 12 – abdomen и каудальные ветви  
 Fig. 5-12. *Lernanthropus francai* female (original): 5 – dorsal; 6 – ventral; 7 – first maxilla; 8 – second maxilla; 9 – maxilliped; 10 – first swimming leg; 11 – second swimming leg; 12 – abdomen and caudal furca

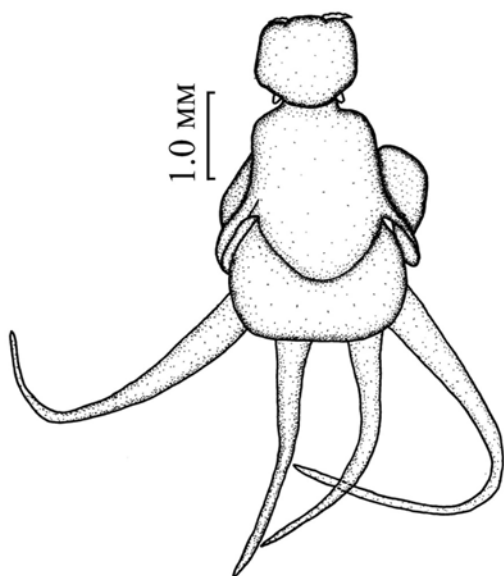


Рис. 13. *Lernanthropus opisthopteri* самка (оригинал)  
 Fig. 13. *Lernanthropus opisthopteri* female (original)

*Lernanthropus chirocentrosus* Tripathi, 1959 (рис. 14-15)

**Хозяин:** *Chirocentrus dorab* (Forsskel, 1775) (Clupeiformes, Chirocentridae).

**Локализация:** жаберные лепестки.

**Интенсивность и экстенсивность заражения:** по 1 самке у 2 из 28 обследованных рыб.

**Индекс обилия:** 0,03.

**Место и время обнаружения:** Вьетнам, зал. Бакбо (Тонкинский), 14.03.1960 г., 26.06.1961 г.

**Самка.** Форма тела лернантропидная (рис. 14, 15). Головогрудь квадратная, немного шире тела. Первый грудной сегмент входит в состав головогруды, второй и третий образуют туловище. Четвертый грудной сегмент покрыт дорсальной пластиной. Третья плавательная нога в виде пластины. Четвертая плавательная нога двуветвистая. Ветви длинные 1-члениковые.

**Измерения.** Самка ( $n = 2$ ), длина тела 3,02-3,47 (3,24). Головогрудь 1,37-1,42 (1,39)  $\times$  1,37-1,5 (1,43), длина туловища с дорсальной пластиной 1,6-2,10 (1,85)  $\times$  1,05-1,40 (1,22), ширина туловища 0,77-0,92 (0,86). Абдомен 0,62-0,70 (0,66)  $\times$  0,44-0,47 (0,45). Кaudальные ветви 0,16  $\times$  0,07.

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Вид *L. chirocentrosus* является специфичным паразитом сельдевых рыб вида *Ch. dorab*. Он зарегистрирован у берегов Индии и Китая [10, 11].

Копепода *L. chirocentrosus* впервые зарегистрирована в водах Вьетнама.

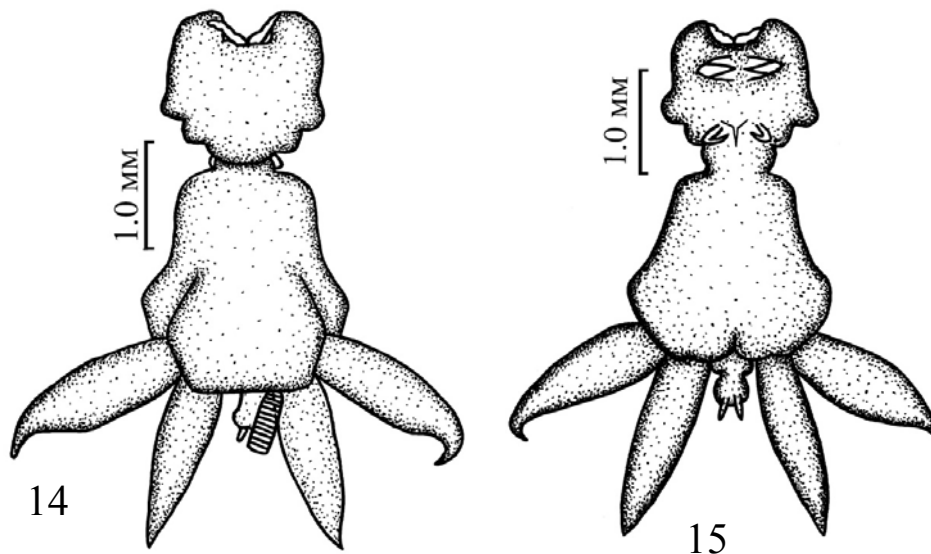


Рис. 14-15. *Lernanthropus chirocentrosus* самка (оригинал): 14 – вентрально; 15 – дорсально  
Fig. 14-15. *Lernanthropus chirocentrosus* female (original): 14 – ventral; 15 – dorsal

*Lernanthropus villiersi* Delamare-Deboutteville et Nunes-Ruivo, 1954 (рис. 16-23)

**Хозяин:** *Gerres filamentosus* Cuvier, 1829 (Perciformes, Gerridae).

**Локализация:** жаберные лепестки.

**Интенсивность и экстенсивность заражения:** 2 экз. у 1 из 10 обследованных рыб.

**Индекс обилия:** 0,2.

**Место и время обнаружения:** Вьетнам, зал. Бакбо (Тонкинский), 30.08.1961 г.

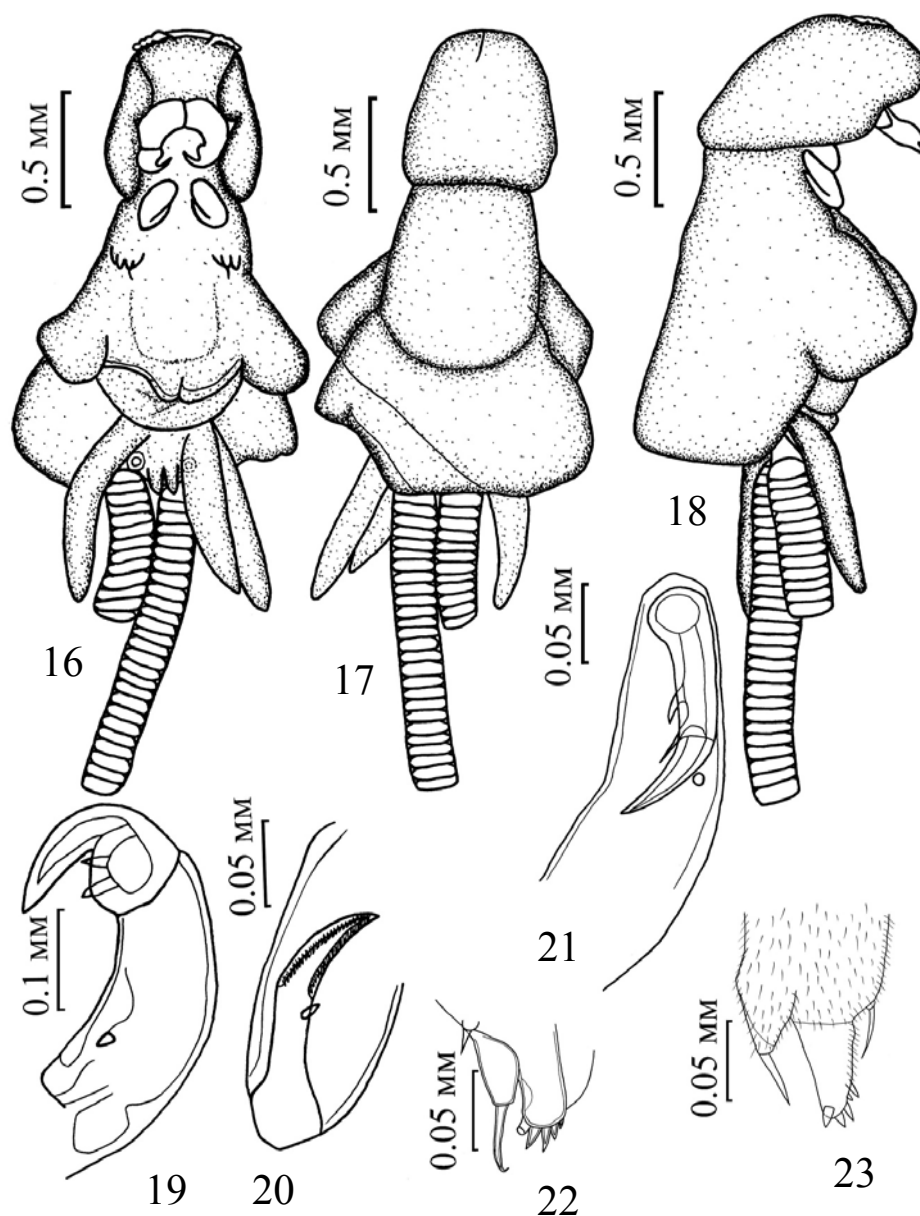


Рис. 16-23. *Lernanthropus villersi* самка (оригинал): 16 – вентрально; 17 – дорсально; 18 – латерально; 19 – вторая антенна; 20 – вторая максилла; 21 – максиллипед; 22 – первая плавательная нога; 23 – вторая плавательная нога  
 Fig. 16-23. *Lernanthropus villersi* female (original): 16 – ventral; 17 – dorsal; 18 – lateral; 19 – second antenna; 20 – second maxilla; 21 – maxilliped; 22 – first swimming leg; 23 – second swimming leg

**Самка.** Форма тела лернантропидная (рис. 16-18). Вторая антенна (рис. 19) мощная; миксальная область несет шип; основание дистального когтя широкое и несет два шипа. Вторая максилла (рис. 20) на дистальном когте несет ряды зубчиков; перед дистальным когтем имеется щетинка. На внутренней стороне основания максиллипед имеет шип; дистальный коготь несет две щетинки (рис. 21). Первая плавательная нога (рис. 22) двуветвиста; экзоподит вооружен пятью шипами. Эндоподит первой плавательной ноги на вершине несет обнаженную щетинку; рядом с эндоподитом расположена папилла, несущая щетинку. Вторая плавательная нога двуветвистая (рис. 23), покрыта мелкими волосками;



экзоподит несет 5 шипов, эндоподит вооружен щетинкой; с внешней стороны экзоподита находится щетинка. Третья плавательная нога в виде пластины. Четвертая плавательная нога двуветвистая.

**Измерения.** Самка ( $n = 2$ ), длина тела 1,89-1,98 (1,93). Головогрудь 0,63-0,64 (0,63)  $\times$  0,61-0,65 (0,63), туловище с дорсальной пластиной 1,26-1,34 (1,30)  $\times$  1,02-1,12 (1,07), туловище без дорсальной пластины 0,98-1,07 (1,02)  $\times$  0,60-0,77 (0,68). Абдомен 0,21-0,22 (0,22)  $\times$  0,23. Кaudальные ветви 0,15  $\times$  0,07.

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Этот вид зарегистрирован на рыбах отряда Perciformes семейства Naemulidae – *Pomadasy incisu* (Bowdich, 1825) (= *Pristipoma bennetti* Lowe, 1838), *Pomadasy incisu* (Valenciennes, 1833) (= *Pristipoma suillum* Valenciennes, 1833), семейства Sciaenidae – *Umbrina ronchus* Valenciennes, 1843 и семейства Sillaginidae – *Sillago siham* (Forsskel, 1775) у берегов Анголы, Сенегала, Шри-Ланки (Цейлона) [12, 13, 14, 15].

*G. filamentosus* – новый хозяин *L. villiersi*.

В водах Вьетнама *L. villiersi* зарегистрирован впервые.

*Lernanthropus trifoliatus* Bassett-Smith, 1898 (рис. 24-31)

**Хозяева:** а) *Arius maculatus* (Thunberg, 1792) (Siluriformes, Ariidae); б) *Arius* sp. (Siluriformes, Ariidae); в) *Polydactylus sextarius* (Bloch et Schneider, 1801) (Perciformes, Polynemidae); г) неопределенная до вида рыба; *Galeoides decadactylus* (Bloch, 1795) (Perciformes, Polynemidae) [3, 4].

**Самка.** Форма тела лернантропоидная (рис. 24, 25). Вторая антенна (рис. 26) на миксальной области имеет шип; дистальный коготь с мощным основанием, на котором расположен небольшой шип. Первая максилла (рис. 27) двуветвистая, на вершине несет два маленьких и один большой шип. Вторая максилла (рис. 28) на дистальном членике имеет две щетинки, коготь с двух краев имеет шипики. Максиллипед (рис. 29) мощный; его основание на внутренней стороне имеет шип; дистальный коготь имеет щетинку. Вторая плавательная нога (рис. 30) двуветвистая, покрыта мелкими волосками; экзоподит несет 4 шипа; на внешнем дистальном углу базиподита находится оперенная щетинка, расположенная на небольшой папилле; эндоподит дистально не имеет шипов. Четвертая плавательная нога (рис. 24, 25, 31) на дистальном конце имеет небольшие папиллы, снабженные 5-6 небольшими шипиками.

**Измерения.** а) Самка ( $n = 10$ ), длина тела 2,50-3,15 (3,01); б) самка ( $n = 2$ ), длина тела 2,63-3,05 (2,84); в) самка ( $n = 3$ ), длина тела 1,97-2,80 (2,29); г) самка ( $n = 2$ ), длина тела 2,29-2,50 (2,39). Головогрудь: а) 0,65-0,87 (0,79)  $\times$  0,62-0,90 (0,76); б) 0,63-0,70 (0,66)  $\times$  0,70-0,79 (0,74); в) 0,7  $\times$  0,7; г) 0,61-0,63 (0,62)  $\times$  0,63-0,71 (0,67). Туловище с дорсальной пластиной: а) 1,85-2,40 (2,22)  $\times$  0,87-1,42 (0,91); б) 2,03-2,35 (2,19)  $\times$  1,03-1,26 (1,14); в) 1,87-2,10 (1,95)  $\times$  1,12-1,20 (1,16); г) 1,68-1,87 (1,77)  $\times$  0,86-1,02 (0,94). Туловище без дорсальной пластины: а) 1,25-1,60 (1,72)  $\times$  0,62-0,97 (0,78); б) 1,33  $\times$  0,77-0,86 (0,81); в) 1,25-1,45 (1,32)  $\times$  0,65-0,74 (0,70); г) 1,19-1,37 (1,28)  $\times$  0,56-0,80 (0,68). Абдомен: а) 0,40-0,52 (0,44)  $\times$  0,22-0,42 (0,35); б) 0,35  $\times$  0,37-0,40 (0,38); в) 0,35-0,40 (0,38)  $\times$  0,33-0,35 (0,34); г) 0,28-0,35 (0,31)  $\times$  0,29-0,35 (0,32). Кaudальные ветви: а) 0,30-0,40 (0,34); б) 0,28-0,33 (0,30)  $\times$  0,14; в) 0,25-0,32 (0,29); г) 0,26-0,33 (0,29)  $\times$  0,11-0,12 (0,11).

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Вид *L. trifoliatus* является специфичным паразитом рыб отряда Perciformes семейства Polynemidae – *E. tetradactylum* (= *Polynemus tetradactylus* Shaw, 1804), *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782) (= *Polynemus plebeius* Broussonet, 1782) [16, 17, 18].

*A. maculatus*, *G. decadactylus* – новые хозяева *L. trifoliatus* [3].

*L. trifoliatus* впервые зарегистрирован в водах Вьетнама [3, 4].

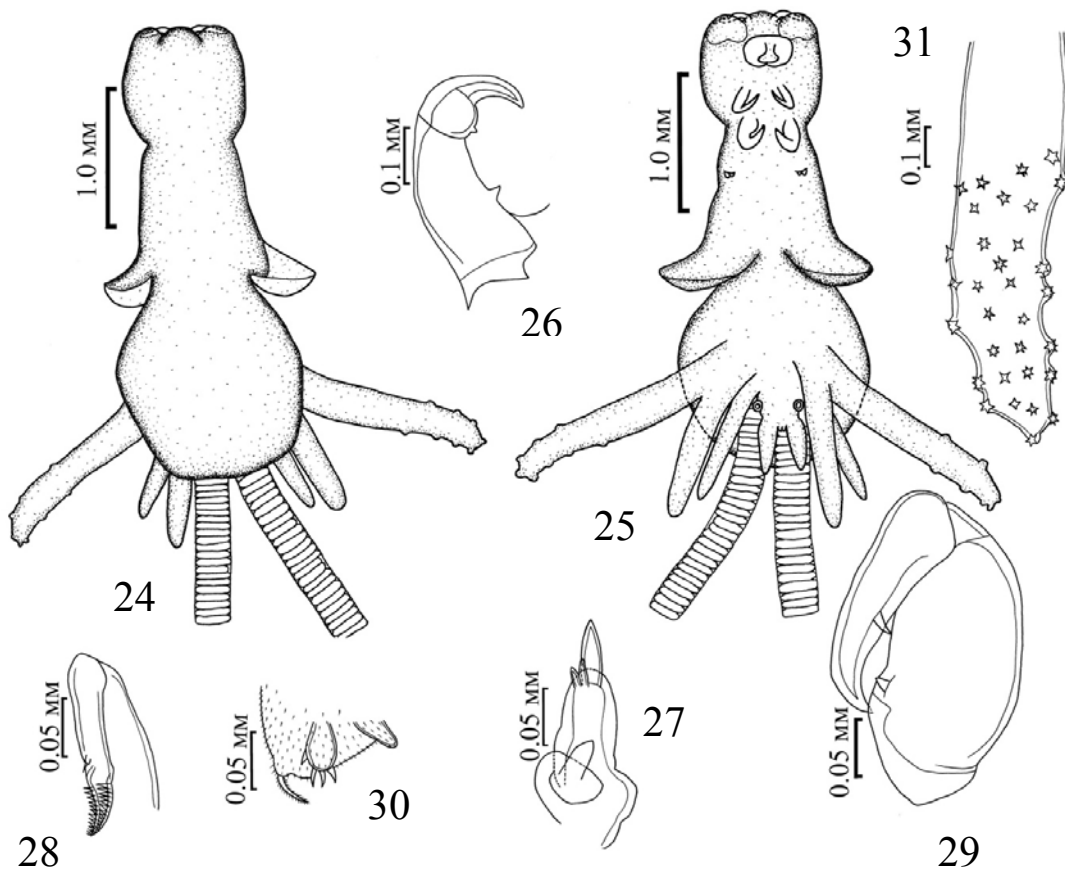


Рис. 24-31. *Lernanthropus trifoliatus* самка (оригинал): 24 – дорсально; 25 – вентрально; 26 – вторая антенна; 27 – первая максилла; 28 – вторая максилла; 29 – максиллипед; 30 – вторая плавательная нога; 31 – четвертая плавательная нога  
 Fig. 24-31. *Lernanthropus trifoliatus* female (original): 24 – dorsal; 25 – ventral; 26 – second antenna; 27 – first maxilla; 28 – second maxilla; 29 – maxilliped; 30 – second swimming leg; 31 – fourth swimming leg

*Lernanthropus lappaceus* Wilson, 1912 (рис. 32-33)

Син.: *Lernanthropus trifoliatus* Bassett-Smith, 1898 part. in Pillai, 1963.

**Хозяева:** а) *Eleutheronema tetradactylum* (Shaw, 1804) (Perciformes, Polynemidae) [2]; б) *Arius maculatus* (Thunberg, 1792) (Siluriformes, Ariidae); в) неопределенная до вида рыба.

**Локализация:** жаберные лепестки.

**Интенсивность и экстенсивность заражения:** а) 1 самка и 1 самец у 4 из 5 обследованных рыб; б) 2 самки у 1 из 4 обследованных рыб; в) 2 самки у 1 из 5 обследованных рыб.

**Индекс обилия:** а) 0,4; б) 0,5; в) 0,4.

**Место и время обнаружения:** а) Вьетнам, о-в Катба (Тонкинский зал.), 27.08.2011 г.; б) Вьетнам, зал. Бакбо (Тонкинский) 20.05.1961 г., в) Вьетнам, зал. Бакбо (Тонкинский) 20.02.1960 г.

**Самка** [2]. Форма тела лернантропоидная (рис. 32). Длина головогруди превышает ширину; латеродорсальные углы округлены. Дорсальная пластина туловища округлена, ее длина превышает ширину. Генитальный комплекс слит с пятым грудным сегментом. Первая антенна 7-сегментна; дистальный членик второй антенны когтевиден. Дистальный коготь несет два ряда небольших зубьев. Четвертая нога двуветвиста, снабжена характерными для вида краевыми зубчиками. Пятая плавательная нога (рис. 33) одноветвиста, несет зубчики. Ветви каудальной фурки (рис. 33) сужаются к дистальному концу, закруглены апикально.

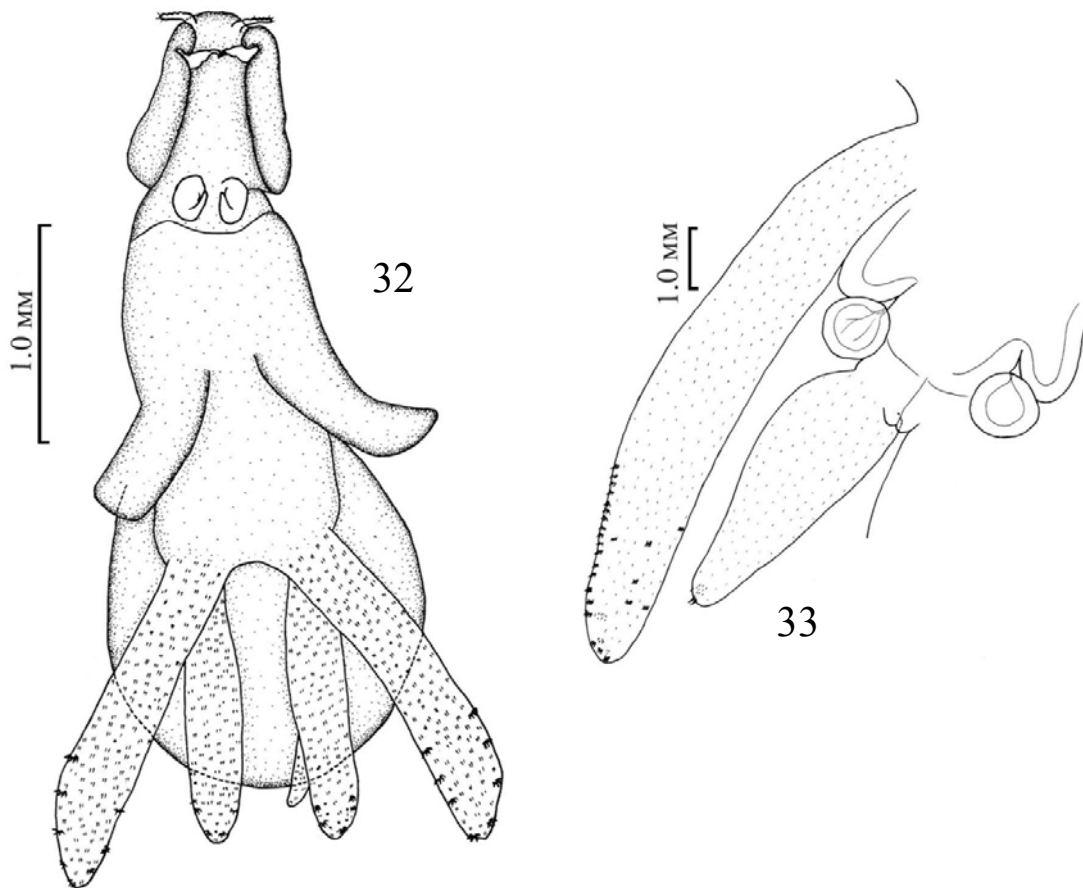


Рис. 32-33. *Lernanthropus lappaceus* самка (по Самотылова и др., 2011):  
 32 – вентрально; 33 – пятая плавательная нога, abdomen и ветвь каудальной фурки (вентрально)  
 Fig. 32-33. *Lernanthropus lappaceus* female [after 2]:  
 32 – ventral; 33 – fifth swimming leg, abdomen and caudal furca (ventral)

**Измерения.** а) Самка (n = 1), длина 3,5; б) самка (n = 2), длина 2,63; в) самка (n = 1), длина 2,9-3,00 (2,95). Головогрудь: а) 0,87 × 0,73; б) 0,67-0,70 (0,68) × 0,63-0,71 (0,67); в) 0,70-0,75 (0,72). Туловище: а) 1,61 × 0,88; б) 1,21-1,28 (1,24) × 0,63-0,72 (0,67); в) 1,37-1,42 (1,39) × 0,79-0,85 (0,82). Туловище с дорсальной пластиной: а) 2,65 × 1,5; б) 1,93-1,96 (1,94) × 1,09-1,26 (1,17); в) 2,25-2,27 (2,26) × 1,25-1,4 (1,32). Брюшко с каудальными ветвями: а) 0,91 × 0,40; б) 0,67-0,70 (0,68) × 0,35-0,36 (0,35); в) 0,79-0,90 (0,84) × 0,37-0,40 (0,38). Брюшко без каудальных ветвей: а) 0,58 × 0,40; б) 0,35 × 0,35-0,36 (0,35); в) 0,44-0,60 (0,52) × 0,37-0,40 (0,38).

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Вид *L. lappaceus* является специфичным паразитом рыб отряда Perciformes семейства Polynemidae – *E. tetradactylum* (= *Polynemus tetradactylus* Shaw, 1804), *Polydactylus plebeius* (Broussonet, 1782) (= *Polynemus plebeius* Broussonet, 1782), зарегистрирован также на рыбах отряда Siluriformes семейства Ariidae [2, 16, 17, 19].

Копепода *L. lappaceus* зарегистрирована в фауне Вьетнама впервые [2].

**Обсуждение.** Пясецкий и Хейвэд [9] свели виды *L. trifolius* и *L. lappaceus* в синоним вида *L. polynemi* Richiardi, 1881. Отличительные признаки этих трех видов приведены в таблице. Основываясь на различиях строения названных выше копепод этой таблицы и описания *L. trifolius* и *L. lappaceus* (см. выше), мы восстанавливаем валидность видов *L. trifolius* и *L. lappaceus*.

**Отличительные признаки видов**  
***Lernanthropus trifolius*, *L. lappaceus* и *L. polynemi***  
**Distinctive appearance species**  
**of *Lernanthropus trifolius*, *L. lappaceus* and *L. polynemi***

Признаки	Виды		
	<i>L. trifolius</i>	<i>L. lappaceus</i>	<i>L. polynemi</i>
Головогрудь	Квадратная	По форме приближается к треугольной	Квадратная
Края головогруды	Латеральные края ровные	Латеральные края направлены вентрально, прикрывая преоральную область	Латеральные края неровные
Вооружение четвертой конечности	В виде звездочек 4-6 лучей	Шипы собраны в группы по 4-5 шт.	Шипы собраны в группы по 4-5 шт. в виде острых шипов
Миксальная область второй антенны	С шипом	С шипом	Без шипа

Род *Lernanthropinus* Do, 1985 [20]

**Самка.** Форма тела лернантропоидная. Первый грудной сегмент входит в состав головогруды (головогрудь треугольной формы), ее латеральные края направлены вентрально. Второй – четвертый грудные сегменты образуют вздутое туловище, несущее пару дорсальных пластин; каждая пластина сливается с внешней пластиной плавательной ноги. Уросома маленькая, прикреплена к заднему концу туловища. Ветви каудальной фурки с атрофированным вооружением. Яйцевые нити длинные и прямые. Головные конечности лернантропоидного типа. Первая и вторая пары ног двуветвистые, ветви 1-члениковые. Третья пара ног имеет выступающую мясистую пластину, простирающуюся постлатерально от туловища; ее внутренняя доля никогда не сливается в виде пластинчатой структуры. Четвертая нога в виде пары длинных отростков. Пятая нога представлена маленьким мясистым отростком, несущим на вершине щетинку.

**Самец.** Головогрудь овальная; антеннальная область выражена слабо. Второй и третий грудные сегменты слабо выражены. Четвертый и пятый грудные сегменты неясно слиты с генитальным комплексом. Брюшко хорошо выражено. Ветви каудальной фурки прутовидные. Головные конечности, как у самки. Первая и вторая пары ног двуветвистые, ветви 1-члениковые. Третья и четвертая пары ног схожи, имеют вид пары неравно развитых отростков, из которых внутренний короче внешнего. Пятая пара ног отсутствует.

Паразиты морских костных рыб.

Типовой вид – *Lernanthropinus temminckii* (Nordmann, 1864).

*Lernanthropinus gibbosus* (Pillai, 1964) (рис. 34-43)

Син.: *Lernanthropus gibbosus* Pillai, 1964.

**Хозяева:** а) *Saurida tumbil* (Bloch, 1795) (Aulopiformes, Synodontidae); б) неопределенная до вида рыба семейства Leiognatidae [3, 4].

**Самка.** Форма тела лернантропоидная (рис. 34, 35). Первая антенна (рис. 36) 7-члениковая. Вторая антенна (рис. 37) мощная, дистальный коготь сильно склеротизирован. Первая максилла (рис. 38) двуветвиста, экзоподит вооружен тремя, эндоподит – двумя обнаженными щетинками. Вторая максилла (рис. 39) одноветвиста, дистальный коготь несет два ряда зубчиков. Максиллипед (рис. 40) мощный, основной членик несет папиллу, расположенную на основании внутреннего края. Первая плавательная нога (рис. 41) двуветвиста, экзоподит вооружен пятью шипами, эндоподит внутреннего края зазубрен,

на вершине членика оперенная с внутренней стороны; на базиподите с внешней стороны экзоподита находится голая щетинка, с внутренней стороны эндоподита расположен шип. Экзоподит второй плавательной ноги (рис. 42) несет 5 шипов, эндоподит вооружен щетинкой, которая оперена с внешнего края; с внешней стороны у экзоподита находится щетинка, расположенная на папилле, ее размер соизмерим с экзо- и эндоподитами. Пятая плавательная нога одноветвиста, 2-члениковая, на дистальном членике обнаженная щетинка. Абдомен (рис. 43) грушевидной формы. Каудальная ветвь (рис. 43) на основании имеет 2 щетинки, внутренняя щетинка более толстая; примерно на  $\frac{1}{2}$  длины ветви, с наружной стороны расположена небольшая щетинка; апикально находятся 2 небольшие щетинки.

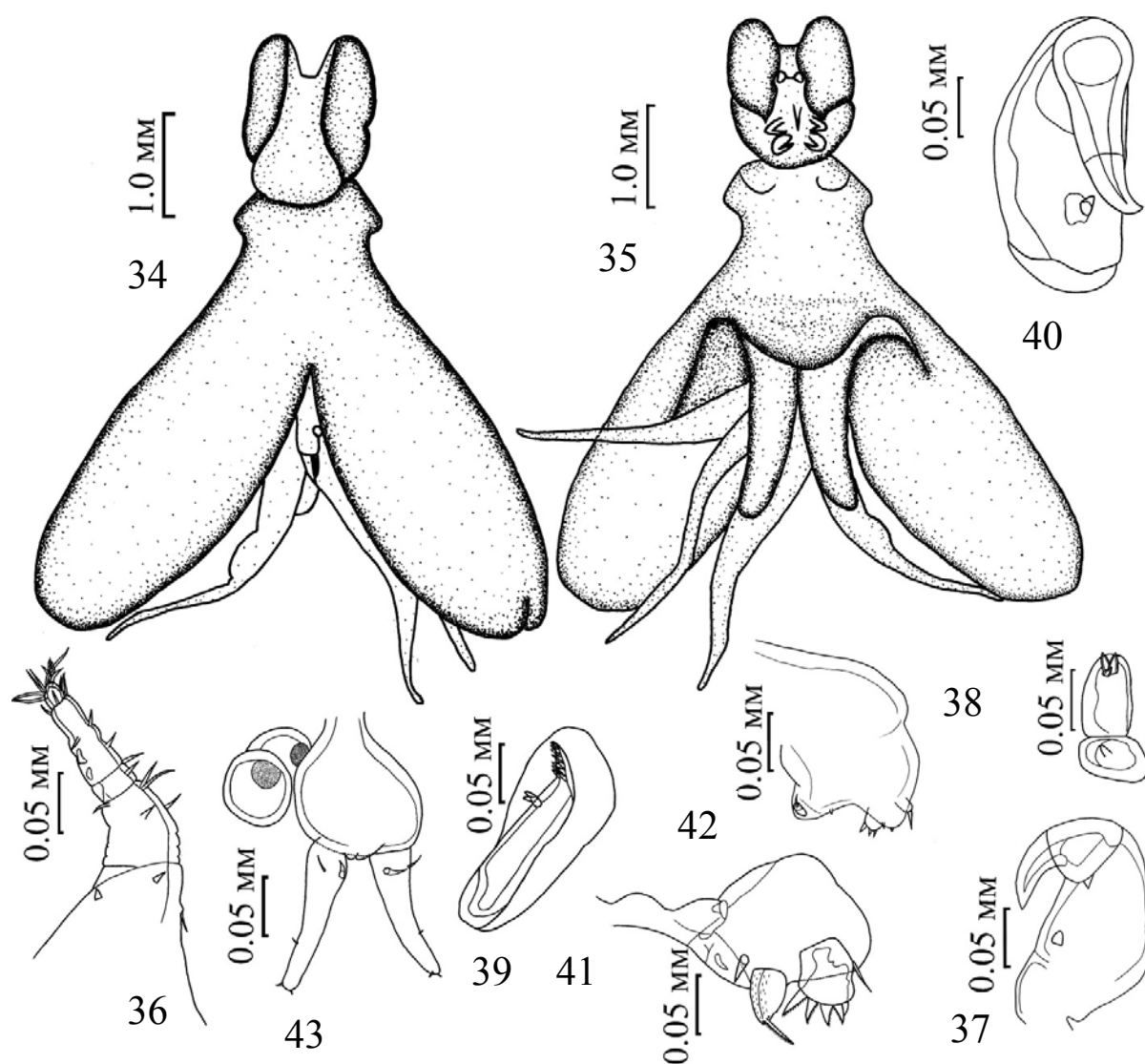


Рис. 34-43. *Lernanthropinus gibbosus* самка (оригинал): 34 – дорсально; 35 – вентрально; 36 – первая антенна; 37 – вторая антенна; 38 – первая максилла; 39 – вторая максилла; 40 – максиллипед; 41 – первая плавательная нога; 42 – вторая плавательная нога; 43 – абдомен и каудальные ветви

Fig. 34-43. *Lernanthropinus gibbosus* female (original): 34 – dorsal; 35 – ventral; 36 – first antenna; 37 – second antenna; 38 – first maxilla; 39 – second maxilla; 40 – maxilliped; 41 – first swimming leg; 42 – second swimming leg; 43 – abdomen and caudal furca

**Измерения.** Самка ( $n = 3$ ), длина тела 3,64-5,60 (4,58). Головогрудь 1,00-1,12 (1,04)  $\times$  0,97-1,27 (1,01). Туловище с дорсальной пластиной 2,62-4,15 (3,42)  $\times$  2,57-5,10 (3,69). Туловище без дорсальной пластины 1,25-2,00 (1,55)  $\times$  0,95-1,45 (1,325). Абдомен округлой формы (рис. 43) 0,43-0,63 (0,53)  $\times$  0,21-0,23 (0,22), каудальная ветвь (рис. 43) несет 4 обнаженные щетинки: две крупные на проксимальной части и две маленькие на дистальной; каудальные ветви 0,16-0,28 (0,22)  $\times$  0,05-0,07 (0,06).

**Самец** не обнаружен.

**Хозяева и распространение.** Копепода *L. gibbosus* известна по первоописанию [Pil-lai, 1964] от *S. tumbil* [5].

Вид *L. gibbosus* впервые зарегистрирован в водах Вьетнама [3, 4].

*Lernanthropinus sphyraenae* (Yamaguti et Yamasu, 1959) (рис. 44-48)

Син.: *Lernanthropus sphyraenae* Yamaguti et Yamasu, 1959.

**Хозяин:** *Mene maculata* (Bloch et Schneider, 1801) (Perciformes, Menidae) [3].

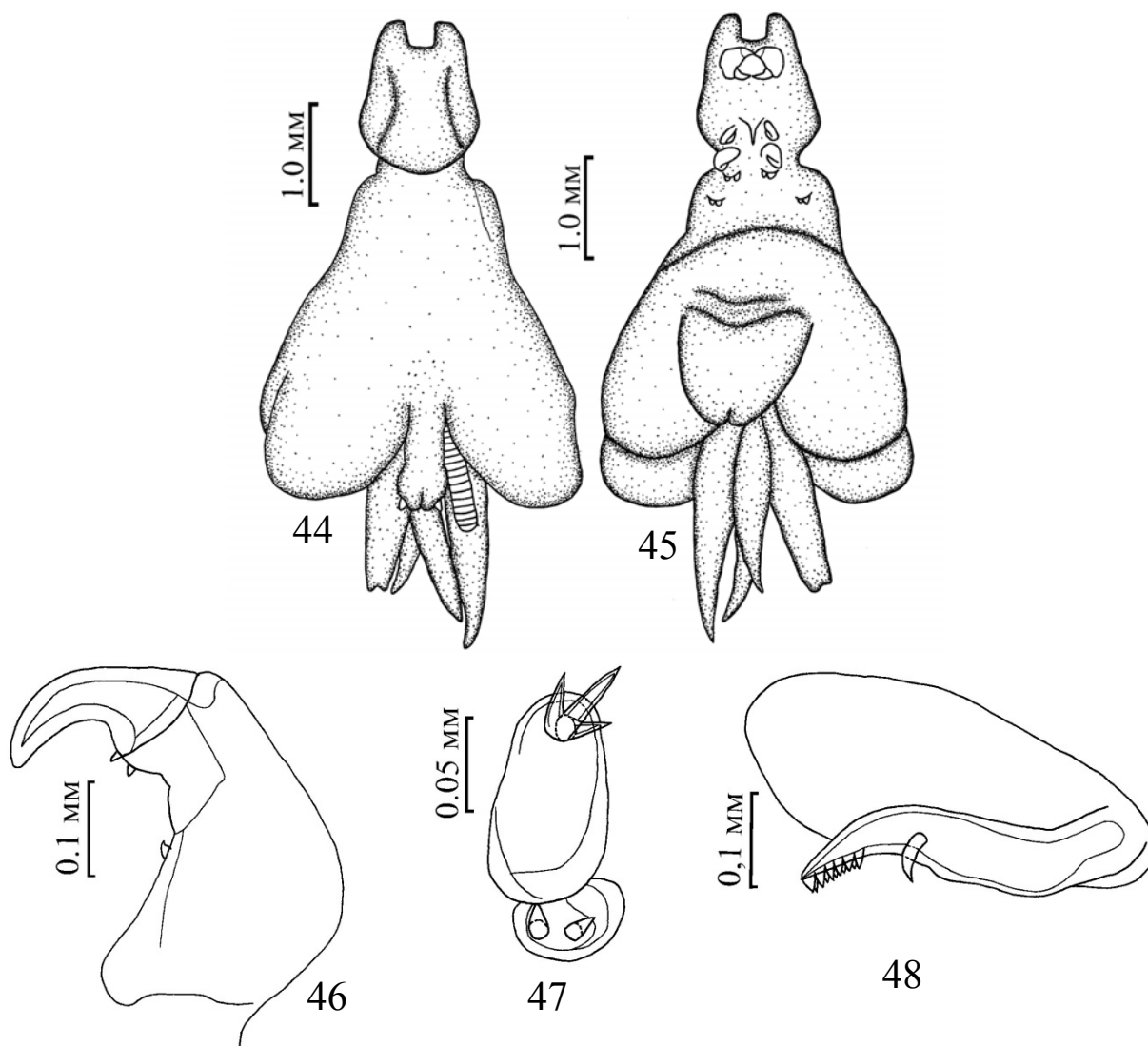


Рис. 44-48. *Lernanthropinus sphyraenae* самка (оригинал): 44 – дорсально; 45 – вентрально; 46 – вторая антенна; 47 – первая максилла; 48 – вторая максилла  
Fig. 44-48. *Lernanthropinus sphyraenae* female (original): 44 – dorsal; 45 – ventral; 46 – second antenna; 47 – first maxilla; 48 – second maxilla

**Самка.** Форма тела лернантропидная (рис. 44, 45). Вторая антенна (рис. 46) мощная; основной членик на внутреннем крае имеет шип; у основания дистального когтя расположены два шипика. Первая максилла (рис. 47) на вершине имеет три щетинки; папилла снабжена двумя щетинками. Вторая максилла (рис. 48) на дистальном конце имеет зубчики и щетинку.

**Измерения.** Самка ( $n = 10$ ), длина 3,60-4,87 (4,27). Головогрудь 1,00-1,50 (1,23)  $\times$  1,05-1,22 (1,14). Туловище с дорсальной пластиной 2,62-3,50 (3,04)  $\times$  2,22-3,42 (2,95), туловище без дорсальной пластины 1,75-2,25 (1,99)  $\times$  1,27-2,00 (1,17). Абдомен 0,62-1,10 (0,89)  $\times$  0,37-0,50 (0,51). Кaudальные ветви 0,08-0,14 (0,10)  $\times$  0,05-0,07 (0,06).

**Хозяева и распространение.** Копепода *L. sphyraenae* зарегистрирована на рыбах отряда Perciformes семейства Sphyraenidae – *Sphyraena obtusata* Cuvier, 1829, *S. pinguis* Gunther, 1874 и семейства Menidae – *Mene maculata* у берегов Японии, Шри Ланки (Цейлона) и Тайваня [15, 21, 22].

Вид *L. sphyraenae* впервые зарегистрирован в водах Вьетнама [3].

### Выводы

1. В водах Вьетнама зарегистрировано 11 видов 2 родов семейства Lernanthropidae, 7 видов рыб оказались новыми хозяевами для копепод.

2. Впервые в водах Вьетнама зарегистрировано 3 вида рода *Lernanthropus* (*L. chirocentrosus*, *L. villiersi*, *L. lappaceus*).

3. Всего в водах Вьетнама зарегистрировано 16 видов (*Lernanthropinus gibbosus*, *L. carangis*, *L. cornutus*, *L. decapteri*, *L. sphyraenae*, *Lernanthropodes* sp., *Lernanthropus alatus*, *L. chirocentrosus*, *L. francai*, *L. lappaceus*, *L. opisthopteri*, *L. otolithi*, *L. polynemi*, *L. trifoliatum*, *L. villiersi*, *Sagum sanguineus*) лернантропид 4-х родов (*Lernanthropinus*, *Lernanthropodes*, *Lernanthropus*, *Sagum*).

4. Восстановлена валидность видов *Lernanthropus trifoliatum* и *L. lappaceus*.

### Список литературы

1. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб: руководство по изучению. – Л.: Наука, 1985. – 121 с.
2. Самотылова Н.Н., Ngo H.D., Казаченко В.Н., Nguen V.T. Паразитические копеподы рыб Вьетнама. Семейство Lernanthropidae (Crustacea: Copepoda: Siphonostomatoida) // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения лауреата Государственной премии В.С. Калиновского. 6-7 декабря 2011 г. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. – С. 57-62.
3. Самотылова Н.Н., Казаченко В.Н., Нго Х.Д., Нгуен В.Т. Новые виды паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) рыб для фауны Вьетнама // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы II Междунар. науч.-техн. конф. (22-24 мая 2012, г. Владивосток). – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – С. 138-143.
4. Самотылова Н.Н. Изученность паразитических копепод рыб Вьетнама // Материалы V Всерос. конф. с международным участием по теоретической и морской паразитологии. – Калининград, 2012. – С. 193-196.
5. Pillai N.K. Copepods parasitic on South Indian fishes: family Anthosomidae – 2 // J. Bombay Natur. History Soc. – 1964. – Vol. 61 (1). – P. 46-59.
6. Nunes-Ruivo L. Copépodes parasites de poissons. Resultats des campagnes du "Pr. Lacaze Duthiers" // Vie Milieu. – 1953. – Suppl. 3. – P. 115-138.
7. Richiardi S. Sopra due specie nuove di Crostacei parassiti // Estr. Processo verb. Soc. Tosc. Sci. Nat. – 1881. – P. 274.

8. Piasecki W. The types of Copepoda parasitic on fishes deposited in the Zoological Museum Berlin // Mitt. Zool. Mus. Berl. – 1993. – Bd. 69, №. 1. – P. 165-173.
9. Piasecki W., Hayward C.J. Redescription of the fish parasite *Lernanthropus polynemi* Richiardi, 1881 (Copepoda: Siphonostomatoida) and relegation of two congeners to synonymy // Systematic Parasitology. – 2002. – Vol. 52. – P. 137–144.
10. Tripathi Y.R. Parasitic copepods from Indian fishes III. Family Anthosomatidae and Dichlethiidae. IV. Acantheriformes. // Proc. First All-India Congress on Zoology. – 1959 (1962). – P. 191-217, 48 figs., 218-233, 26 figs.
11. Song D., Chen G. Some parasitic copepods from marine fishes of China // Acta Zool. Sin. – 1976. – Vol. 22, №. 4. – P. 406-424.
12. Delamare-Deboutteville Cl., Nunes L.P. Parasites de poissons de mer ouest-africains récoltés par M.J. Cadenat <sup>(1)</sup>. II. – Copépodes (1<sup>re</sup> note). Generes *Lernanthropus*, *Sagum*, *Paeon*, *Pennella* // Bull. Inst. France Afr. Noire. – 1954. – Vol. 16, №. 1-2. – P. 139-166.
13. Capart A. Copépodes parasites // Result. scient. Expéd. océanogr. belg. Eaux cét. afr. Atlant. sud. (1948-1949). – 1959. – Vol. 3, fasc. 5. – P. 55-126.
14. Nunes-Ruivo L. Copépodes parasites de poissons des côtes d'Angola (2me série) // Mems Jta Invest. Ultramar. – 1962. – Ser. 2. – Vol. 33. – P. 65-86.
15. Kirtisinghe P. A review of the parasitic copepods of fish recorded from Ceylon, with description of additional forms // Bull. Fish. Res. Stn. Ceylon. – 1964. – Vol. 17. – P. 45-132.
16. Pillai N.K. Copepods parasitic on South Indian fishes: family Anthosomidae-1. // J. Bombay Natur. History Soc. – 1963. – Vol. 60 (3). – P. 655-670.
17. Pillai N.K. Notes on copepods parasitic on South Indian marine fishes // J. Mar. biol. Ass. India. – 1966. – Vol. 8, № 1. – P. 123-140.
18. Самотылова Н.Н. Представители Cyclopoida и Siphonostomatoida (Crustacea: Copepoda) в фауне Вьетнама // Изв. Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 1 (5). – С. 1146-1148.
19. Wilson C.B. Descriptions of new species of parasitic copepods in the collections of the United States National Museum // Proc U.S. nat. Mus. – 1912. – Vol. 42. – P. 233-243, pls. 30-34.
20. Казаченко В.Н. Определитель семейств и родов паразитических копепод (Crustacea: Copepoda) рыб. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2001. – Ч. 1. – 161 с.
21. Yamaguti S., Yamasu T. Parasitic copepods from fishes of Japan with description of 26 new species and remarks on two known species // Biol. J. Okayama Univ. – 1959. – Vol. 5, № 3/4. – P. 89-165.
22. Ho J.-s., Liu W.-Ch., Lin Ch.-l. Six species of lernanthropid copepods (Siphonostomatoida) parasitic on marine fishes of Taiwan // Journal of the Fisheries Society of Taiwan. – 2008. – Vol. 35, № 3. – P. 251-280.

**Сведения об авторах:** Казаченко Василий Никитич, доктор биологических наук, профессор, e-mail: vaskaz@hotmail.ru;  
Ковалева Нина Николаевна, аспирант, e-mail: samotnina@gmail.com;  
Nguyen Vu Thanh, Assoc. Prof., DSc. Department of Nematology, Institute of Ecology and Biological Resources Vietnam Academy of Science and Technology, e-mail: nvthanh49@yahoo.com;  
Ngo Ha Duy Prof., DSc. Department of Nematology, Institute of Ecology and Biological Resources Vietnam Academy of Science and Technology, e-mail: hdngo@vast.ac.vn.



УДК 597.533.1

Г.М. Пушникова<sup>1</sup>, И.Г. Рыбникова<sup>2</sup><sup>1</sup>Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196<sup>2</sup>Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

### К ДИНАМИКЕ ЗАРАЖЕННОСТИ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ ЗАЛИВОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА В ПЕРИОД НЕРЕСТА ЛИЧИНКАМИ АНИЗАКИД

*Исследовали зараженность сельди личинками нематод, отнесенных к сборной группе Anisakis spp.l. Проанализировано около 6 тыс. экз. сельди из заливов Северо-Восточного Сахалина. Материал собран в преднерестовый и нерестовый периоды. Выявлена тенденция снижения зараженности сельди к концу нереста. Показаны различия относительной численности инвазированных рыб от численности мигрантов.*

**Ключевые слова:** сельдь, нематоды, анизакисы, интенсивность инвазии, экстенсивность инвазии.

G.M. Pushnikova, I.G. Rybnikova

### DYNAMICS INFECTIONS PACIFIC HERRING OF BAYS NORTH-EAST SAKHALIN IN SPAWNING PERIOD WITH LARVAE ANISAKIDAE

*Investigated the contamination of herring larvae of nematodes classified as a collective group Anisakis spp.l. Analyzed about 6 thousand copies herring from the bays of North-Eastern Sakhalin. The material was collected in a pre-spawning and spawning periods. The tendency of reduction of contamination of herring spawning to end spawn. Shows the difference of relative abundance of infected fish from abundance migrants.*

**Key words:** herring, nematode, anisakis, intensity of invasion, extensiveness of invasion.

Шельфовые воды восточного побережья Сахалина – это высокопродуктивный район Охотского моря, где в определенные сезоны года значительно разнообразие видов морских млекопитающих, рыбоядных птиц, рыб и беспозвоночных. Такое сочетание представителей морской фауны весьма благоприятно для полного цикла онтогенеза анизакид, проникновение которых на разных стадиях развития возможно и в мелководные заливы северо-восточного побережья острова. Эти водоемы соединяются с Охотским морем узкими протоками. Их гидрологический режим обусловлен опресняющим влиянием рек, впадающих в заливы, а также действием приливно-отливных течений. На преобладающей площади заливов грунт – мелкий песок, который в большинстве покрыт илом. Наиболее часто встречающиеся глубины – 1-2 м. Около одной трети площади заливов в период отливов осушается. В течение суток обычны резкие перепады температуры и солености. Несмотря на достаточно суровые условия обитания, заливы и лагуны – это районы, на мелководья которых в конце мая ежегодно устремляются косяки готовой к нересту тихоокеанской сельди. Продолжаются такие миграции до середины июля. Сельдь нерестится на обширных мелководьях, удаленных от устьев рек. Субстратом для икры служит морская трава зостера. На протяжении инкубационного периода, который длится в среднем 11-12 дней, значительная часть икры (до 75 %) гибнет. Столь высокая естественная смертность в период эмбриогенеза априори должна давать низкий возврат. Однако ежегодно косяки сельди мигрируют из прилегающей акватории Охотского моря на мелководье заливов, где нерестятся.

В течение многих лет в этом районе осуществлялся мониторинг сырьевых исследований, основной целью которых было определение уровня возможного допустимого вылова. В первые годы наблюдений, а это было в начале 30-х гг. прошлого столетия, исследователи обратили внимание на неоднородность мигрирующих на акватории заливов и лагун косяков сельди. Надо отметить, что выводы, полученные разными авторами, зачастую были противоречивыми. Так, А.И. Амброз считал, что в этом районе нерестилась и эксплуатировалась промыслом исключительно местная, локальная сельдь [1]. Позднее, на основе анализа материалов длительного ряда наблюдений А.П. Веденский пришел к заключению о том, что скопления нерестовой сельди в заливах Северо-Восточного Сахалина формировались, как минимум, двумя группами: тугорослыми рыбами и особями с повышенным темпом роста [2]. Поэтому промысел, по его мнению, не мог оказать негативного воздействия на запас местной сельди. А.И. Фролов, продолжая ряд наблюдений, подтвердил выводы о наличии в скоплениях нерестовой сельди заливов Северо-Восточного Сахалина рыб с разным темпом роста [3, 4, 5]. З.Г. Иванкова и Б.В. Козлов, не останавливаясь на изучении структуры скоплений нерестовой сельди по признаку «темп роста», заявили о том, что не существует местной сельди заливов Северо-Восточного Сахалина. По мнению этих исследователей, на акватории этих водоемов мигрирует и нерестится сельдь зал. Терпения [6]. В связи с этим очень интересны результаты мечения сельди в этих заливах [7]. Представленными материалами В.Л. Андреев подтвердил мнение о том, что на акваториях заливов Северо-Восточного Сахалина нерестится сельдь, которая может принадлежать популяциям не только Охотского моря. Поскольку данный вид имеет свои характерные особенности роста в каждом районе [8], исследователи начального этапа мониторинга, конечно, обратили внимание на значительные различия величины этого показателя у нерестовой сельди. Впоследствии мы смогли вычислить соотношение местных рыб и мигрантов и показать, что существуют межгодовые различия их численности [9, 10]. Осуществляя мониторинг исследований, направленных на определение промысловых возможностей, мы собрали материал по зараженности сельди в этом районе личинками нематод. Что, по нашему мнению, важно для понимания составляющих характеристику вида с учетом того, что на протяжении путей миграции сельди в заливы существует достаточное количество возможностей заражения этими паразитами. Задачей настоящей работы является исследование динамики инвазии сельди заливов Северо-Восточного Сахалина личинками нематод в течение нерестового периода.

Материалом для настоящей работы послужили выборки преднерестовой и нерестовой сельди из заливов северо-восточного побережья Сахалина в 1988-1998 гг. Как и в предыдущих исследованиях, паразитов просчитывали в полости тела каждой особи при выполнении биологических анализов. Всего на наличие анизакисов было обследовано более 6000 рыб. Поскольку видовая дифференциация нематод рода *Anisakis* возможна только при наличии половозрелых особей, обнаруженные личинки мы относили к сборной группе *Anisakis* spp.l. Для изучения динамики заражения сельди личинками нематод в течение нерестового хода проанализировали материалы за 1993, 1997 и 1998 гг., когда был собран наиболее обширный материал с большим количеством проб.

Нерестовый ход сельди в каждом из рассматриваемых сезонов имел свои особенности (табл. 1-3). Так, в 1993 г. отметили преобладание рыб, готовых к нересту, в конце мая. Экстенсивность инвазии преднерестовой сельди была на уровне 60 % (табл. 1). В начале июня отнерестившихся рыб в скоплениях было чуть больше, нежели готовых к нересту. При этом показатель экстенсивности инвазии первых был несколько выше, что может свидетельствовать о миграции в заливы новых косяков сельди. Это подтверждается величинами индекса обилия и количества паразитов в одной рыбе. До середины июня в скоплениях преобладали преднерестовые особи с более высоким показателем экстенсивности

инвазии. К концу июня встречались только отнерестившиеся рыбы. Оценивая динамику инвазии, следует отметить, что в целом к завершению нереста показатели зараженности сельди уменьшились, что подтверждает мнение о том, что паразиты покидают тело рыб транзитом, во время процесса нереста [13].

В 1997 г. нерестовый ход сельди имел свои особенности. Миграция сельди в заливы началась в начале июня. 3 июня скопления сельди включали только особей с созревающими половыми продуктами. Экстенсивность инвазии составила 85 %. В некоторых рыбах было обнаружено до 30 паразитов (табл. 2).

Таблица 1

**Динамика зараженности тихоокеанской сельди  
в заливах Северо-Восточного Сахалина в 1993 г.**

Table 1

**Dynamics infections of pacific herring  
in the bays North-East Sakhalin in 1993 year**

Дата	Биологическое состояние рыб	Количество рыб	Экстенсивность инвазии, %	Индекс обилия	Интенсивность инвазии, шт. min-max
26.05	Преднерестовые	99.0	60.0	7.8	1-25
	Отнерестившиеся	1.0	1.0		
03.06	Преднерестовые	41.0	34.0	12.2	1-35
	Отнерестившиеся	59.0	54.0	8.5	1-35
07.06	Преднерестовые	75.0	55.0	9.2	1-25
	Отнерестившиеся	25.0	23.0	4.8	1-20
15.06	Преднерестовые	76.0	53.0	4.5	1-20
	Отнерестившиеся	24.0	20.0	4.8	1-10
24.06	Преднерестовые	-	-	-	-
	Отнерестившиеся	100.0	25.0	2.9	1-10

Таблица 2

**Динамика зараженности тихоокеанской сельди  
в заливах Северо-Восточного Сахалина в 1997 г.**

Table 2

**Dynamics infections of pacific herring  
in the bays North-East Sakhalin in 1997 year**

Дата	Биологическое состояние рыб	Количество рыб	Экстенсивность инвазии, %	Индекс обилия	Интенсивность инвазии, шт. min-max
03.06	Преднерестовые	100.0	85.0	7.6	1-30
	Отнерестившиеся	-	-	-	-
05.06	Преднерестовые	51.0	45.0	7.4	1-28
	Отнерестившиеся	49.0	40.0	6.6	1-14
11.06	Преднерестовые	75.0	65.0	8.6	1-32
	Отнерестившиеся	25.0	15.0	7.9	1-14
18.06	Преднерестовые	72.0	61.0	8.0	1-52
	Отнерестившиеся	28.0	22.0	7.0	1-19
24.06	Преднерестовые	59.0	38.0	7.7	1-21
	Отнерестившиеся	41.0	29.0	5.7	1-12

5 июня соотношение отнерестившихся и готовых к нересту рыб было почти одинаковым. Экстенсивность инвазии отнерестившихся рыб была чуть ниже. Интересно, что сумма величин экстенсивности инвазии для той и другой групп рыб составила 85 %, что может свидетельствовать об однородности скоплений сельди 3 и 5 июня. Отметим, что уровень таких показателей зараженности рыб, как индекс обилия, а также интенсивность инвазии у отнерестившихся рыб были несколько ниже. Позднее, 11 и 18 июня, в скоплениях сельди отметили значительное преобладание особей в преднерестовом состоянии и с уровнем зараженности (за исключением экстенсивности инвазии), близком к тому, который наблюдали в пробах за 3 и 5 июня. Экстенсивность инвазии у преднерестовой сельди в пробах за 11 и 18 июня была ниже по сравнению с теми рыбами, которые мы проанализировали ранее. Это могло свидетельствовать о том, что на акватории заливов мигрировала иная по происхождению сельдь с иными величинами всех показателей зараженности анизакидами. К концу месяца отмечали небольшое преобладание рыб в преднерестовом состоянии. Все показатели инвазии у отнерестившихся рыб были ниже, что очередной раз подтверждает возможность очищения сельди от паразитов во время нереста.

В 1998 г. в скоплениях нерестовой сельди встретили более 60 % отнерестившихся рыб уже в конце мая. При этом величины экстенсивности инвазии, индекса обилия, а также интенсивности инвазии у этой группы особей были значительно выше по сравнению с рыбами, которые готовились к нересту (табл. 3).

Таблица 3

**Динамика зараженности тихоокеанской сельди  
в заливах Северо-Восточного Сахалина в 1998 г.**

Table 3

**Dynamics infections pacific herring  
in the bays North-East Sakhalin in 1998 year**

Дата	Биологическое состояние рыб	Количество	Экстенсивность инвазии, %	Индекс обилия	Интенсивность инвазии, шт. min-max
31.05	Преднерестовые	37.0	25.0	9.4	1-28
	Отнерестившиеся	63.0	46.0	9.7	2-31
03.06	Преднерестовые	67.0	56.0	11.7	2-39
	Отнерестившиеся	33.0	28.0	8.4	2-23
07.06	Преднерестовые	90.0	75.0	9.0	2-30
	Отнерестившиеся	10.0	9.0	9.9	2-20
14.06	Преднерестовые	23.0	4.0	8.8	8-12
	Отнерестившиеся	77.0	39.0	6.2	2-19
18.06	Преднерестовые	49.0	1.0	10.0	0-10
	Отнерестившиеся	51.0	17.0	8.2	3-15

В первой десятидневке июня на акваторию заливов мигрировали новые косяки нерестовой сельди, о чем свидетельствовали материалы соотношения в уловах двух групп рыб: в преднерестовом состоянии и отнерестившиеся, а также – величины параметров их зараженности личинками нематод. К середине июня скопления сельди состояли в основном из отнерестившихся особей. Экстенсивность инвазии этой группы сельди была значительно выше. К концу второй декады месяца соотношение обеих групп сельди было близким 1:1. Экстенсивность инвазии отнерестившихся рыб по-прежнему была выше. Скорее всего, пробы были получены из однородных скоплений.

Оценивая динамику нерестового хода и зараженность сельди, можно отметить следующее. Косяки сельди в большинстве случаев появляются в заливах в конце мая. В начале июня отнерестившихся рыб в скоплениях бывает меньше, нежели готовых к нересту. При этом показатель экстенсивности инвазии первых, как правило, меньше. Показатели зараженности могут свидетельствовать о миграции на акватории заливов новых косяков сельди, которые различаются по уровню величины экстенсивности, индекса обилия, интенсивности инвазии, а также – принадлежности сельди к разным популяциям.

Что касается динамики инвазии, то в целом к завершению нереста зараженность сельди уменьшается. А это подтверждает мнение о том, что паразиты покидают тело рыб транзитом, в процессе нереста [13].

Особый интерес представляет вопрос о структуре скоплений сельди в заливах, а также о соподчиненности популяций сельди. В популяционно-генетическом смысле соподчиненность подразумевает, в первую очередь, степень связанности популяций потоком генов. Величину этого потока или обмена иммигрантами ( $N_m$ ) можно оценить исходя из оценки  $F_{st}$ . Опираясь на величину  $F_{st} = 0.0104$  по шести полиморфным локусам, мы получили, что между сахалино-хоккайдской и северо-восточно-сахалинской популяциями величина обмена в 1992 г. составила  $N_m = 5$  особей с учетом средней длительности поколений [10]. Такой генетический обмен говорит о безусловной связанности скоплений сельди. То есть существует генетический обмен между разными популяциями сельди.

В предыдущих работах мы представили материалы, характеризующие самую высокую зараженность сельди в заливах северо-восточного побережья Сахалина по сравнению с другими районами [11, 12]. Так, экстенсивность инвазии здесь изменялась от 14,8 (1988 г.) до 97,9 % (1991 г.), с уменьшением до 47,4 % в 1992 г. и с дальнейшим увеличением до 91,0 % (1996 г.) По результатам исследований в последнее десятилетие было установлено, что зараженность сельди анизакисами на восточно-сахалинском шельфе остается на самом высоком уровне [14].

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что зараженность нерестовой сельди в заливах опасным для человека паразитом *Anisakis simplex* снижается к концу нереста, так как часть паразитов покидает тело рыб во время вымета половых продуктов.

Очевидно, параметры зараженности сельди в заливах могут свидетельствовать о структуре скоплений, т.е. о соотношении местных рыб и мигрантов.

### Библиографический список

- 1 Амброз А.И. Восточно-сахалинская сельдь района Ныйск-Ныйво // Соц. реконструкция рыбного хозяйства Дальнего Востока. – 1931. – № 5-6. – С. 129-135.
- 2 Веденский А.П. Некоторые данные о сельди Восточного Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 32. – С. 55-63.
- 3 Фролов А.И. О локальных формах сахалинской сельди // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 32. – С. 65-71.
- 4 Фролов А.И. Морфологическая характеристика сельдей вод Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1964. – Т. 55. – С. 39-53.
- 5 Фролов А.И. Распределение и условия обитания озерных сельдей в водах Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1968. – Т. 65. – С. 20-34.
- 6 Иванкова З.Г., Козлов Б.Н. Сельдь восточного побережья Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1968. – Т. 65. – С. 12-19.

7. Андреев В.Л. Результаты мечения сельди в заливе Ныйво (Северо-Восточный Сахалин) в 1963 г. // Изв. ТИНРО. – 1968. – Т. 65. – С. 257-258.

8. Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. – 333 с.

9. Пушникова Г.М. Промысел и состояние запасов сельди присахалинских вод // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 1996. – Вып. 8. – С. 34-43.

10. Рыбникова И.Г., Пушникова Г.М., Беседнов Л.Н. Взаимодействие сахалино-хоккайдской сельди *Clupea pallasii* с другими популяциями этого вида в водах Сахалина // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 218-227.

11. Пушникова Г.М., Рыбникова И.Г. Сезонная изменчивость зараженности тихоокеанской сельди личинками нематод в присахалинских водах // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2010. – Ч. 1. – С. 82-86.

12. Пушникова Г.М., Рыбникова И.Г. О зараженности тихоокеанской сельди заливов Северо-Восточного Сахалина личинками нематод // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2012. – Т. 25. – С. 19-22.

13. Пушникова Г.М., Рыбникова И.Г. Изменение зараженности тихоокеанской сельди личинками нематод от нереста к нагулу // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток, 2013. – Т. 28. – С. 16-20.

14. Асеева Н.Л., Мотора З.И., Лобода С.В. Паразитофауна тихоокеанской сельди северной части Охотского моря // Вопр. рыболовства. – 2013. – Т. 14, № 1 (53). – С. 130-136.

**Сведения об авторах:** Пушникова Галина Михайловна, научный сотрудник,

e-mail: galinka1946@mail.ru;

Рыбникова Ирина Григорьевна, кандидат биологических наук, доцент,

e-mail: berehzok@mail.ru.

УДК 574.587

**Е.В. Смирнова**Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ИНТЕРСТИЦИАЛЬНАЯ ФАУНА ПЕСЧАНЫХ МЕЛКОВОДИЙ  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

*Приводятся результаты исследования состава интерстициальной фауны мелководной зоны побережья Приморья и влияния на нее внешних факторов. Материалами для работы послужили пробы мейобентоса, отобранные на песчаных мелководьях 11 бухт Японского моря, на участке от зал. Китовый до зал. Владимира. Выяснено, что в составе мейофауны песчаных грунтов мелководной зоны исследуемого района не формируется специфических сезонных комплексов. Сроки появления молоди макробентоса в песчаных грунтах в целом соответствуют срокам оседания личинок макробентосных животных. Обнаруженное соотношение постоянного и временного компонентов мейофауны является характерным для интерстициальной фауны. Наибольшее влияние на динамику количественных характеристик мейофауны исследованного района оказывает температура воды.*

**Ключевые слова:** мейобентос, интерстициальная фауна, молодь макробентоса.

**E. V. Smirnova****INTERSTITIAL FAUNA OF THE SHALLOW COASTAL  
SANDBANKS NORTHWEST SEA OF JAPAN**

*The paper presents results of a study of interstitial fauna of the shallow coastal zone of Primorye and the external factors impact. The materials for the work were the samples Meiobenthos selected on the sandy shallows of 11 bays Sea of Japan at the site of the Whale bay to the Vladimir bay . It was found that in the meiofauna of sandy soils shallow zone of the study area does not form specific seasonal complexes . Terms of occurrence of juvenile macrobenthos in sandy soils generally correspond to the terms of settling macrobenthic animals larvae . The observed ratio of permanent and temporary components of meiofauna is characteristic of interstitial fauna. The greatest influence on the dynamics of the quantitative characteristics of meiofauna the study area has a water temperature.*

**Key words:** meiobenthos interstitial fauna, juvenile macrobenthos.

**Введение**

Состав и количественное распределение бентоса в прибрежной зоне зависит, в первую очередь, от открытости прибою и характера грунта [6, 9]. Характер песчаных биотопов на мелководьях определяется преимущественно гидродинамическим режимом акватории. Интерстициальная система (совокупность пространств между песчинками) подвержена циклическим изменениям, связанным с штормами/штилем, приливными, суточными и сезонными циклами.

Интерстициальная система населена специализированной жизненной формой (или спектром жизненных форм) микроскопических животных, обладающих набором сходных адаптаций для жизни в капиллярных пространствах между песчинками: интерстициальной фауной [4]. Кроме того, существует более широкое понятие, применяемое для обозначения микроскопических многоклеточных, населяющих различные биотопы (илы, пески, макрофиты, поселения макрозообентоса и т.д.) – мейобентос или мейофауна [1, 3, 4]. Поскольку в настоящей работе речь идет о мейофауне песчаных мелководий северо-западной части Японского моря, оба термина употребляются как синонимы.

У мейобентоса сезонные изменения происходят за счет в основном внутренних ресурсов сообщества, роль иммиграции извне незначительна. У них нет пелагической стадии, перенос с частицами грунта и на плавающих водорослях вместе с приливом не слишком эффективен. В каждый момент времени численность входящих в сообщество видов есть, главным образом, результат их развития в прошлом в пределах данного биотопа [2]. Моря умеренных широт представляют особый интерес для изучения мейобентоса на песчаном мелководье, поскольку цикличность внешних условий здесь выражена наиболее ярко и на население влияют как резкие перепады температуры, так и другие факторы, подверженные сезонным изменениям: ледовый покров, кислородный режим в грунте, опреснение интерстициальной воды, волнение, доступность пищи и пресс хищников.

Для понимания закономерностей формирования структуры экосистем песчаных мелководий необходимо установление особенностей сезонной динамики видов, имеющих высокую численность и определяющих структуру и количественное развитие сообществ.

В бентосной экологии зависимость распределения и обилия организмов от внешних факторов имеет длительную историю изучения [9]. Однако из-за сложности исследования биологии и экологии мейобентосных животных работы такого плана немногочисленны, и каждая из них имеет более чем частный или региональный характер.

В данной работе приводятся результаты исследования состава интерстициальной фауны мелководной зоны побережья Приморья и влияния на нее внешних факторов.

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

Материалами для работы послужили сборы проб мейобентоса, которые проводились в 2007-2011 гг. в рамках программы комплексных исследований сообществ песчаных мелководий Японского моря.

Для исследования таксономического состава и мейобентоса различных удаленных друг от друга акваторий использован материал, отобранный на песчаных мелководьях 11 бухт на участке от зал. Китовый (зал. Посыета) до зал. Владимира (таблица) в летний период.

Круглогодичные исследования таксономического состава, сезонной динамики и межгодовых изменений плотности поселения мейобентоса проводились в течение трех лет в бухте Патрокл.

Пробы грунта для изучения мейобентоса собирались на станциях, расположенных в зоне действия прибойного потока. В летний период, при действии нагонных ветров, глубина в точке наблюдений составляла 0,7-1,2 м, в осенне-зимний период, при сгонных ветрах – 0,5 м. Отбор проб производился преимущественно в отлив, при отсутствии волнения. Пробы собирали при помощи водолазного дночерпателя с площадью захвата 40 см<sup>2</sup>. Для изучения мейобентоса из монолита грунта трубчатым пробоотборником высотой 5 см, диаметром 5 см (площадь вырезания 20 см<sup>2</sup>) отбирали 3 параллельные пробы. При проведении сезонных наблюдений пробы отбирались ежемесячно. Всего собрано и обработано качественных и количественных 236 проб мейобентоса.

Измерение температуры и солености придонного слоя воды проводилось с помощью гидрологического зонда ЕС МЕТЕР СМ-21Р параллельно с отбором проб грунта при выполнении круглогодичных наблюдений. В 2007-2008 гг. в бухте Патрокл измерялась температура воды и исследуемого слоя грунта. Оценивалась степень волнения, сила и направление ветра, таксономический состав и количество макробентоса в районе работ.

Гидрологические сезоны выделялись в соответствии с температурными условиями придонного слоя воды исследуемых участков акватории: зима – период отрицательных значений температуры (вторая половина декабря – первая половина марта); весна – температура воды от 0 до +15 °С (вторая половина марта – первая половина июня); лето – температура воды выше +15 °С (вторая половина июня – первая половина сентября); осень – температура воды от +15 до 0 °С (вторая половина сентября – первая половина декабря).



### Месторасположения станций и объем использованного материала Stations location and the amount of material

Район сбора проб	Координаты	Количество проб
Бухта Песчаная (зал. Китовый)	42°60' с.ш. 131°14' в.д.	24
Бухта Бойсмана	42°45' с.ш. 131°16' в.д.	9
Бухта Пограничная	43°28' с.ш. 131°42' в.д.	21
Бухта Патрокл (пролив Босфор Восточный)	43°08' с.ш. 131°95' в.д.	164
Бухта Лазурная	43°19' с.ш. 132°11' в.д.	3
Бухта Рифовая	42°85' с.ш. 132°61' в.д.	6
Бухта Прибойная (зал. Восток)	42°87' с.ш. 132°7' в.д.	3
Бухта Киевка	42°84' с.ш. 133°68' в.д.	3
Бухта Соколовского (о-в Петрова)	42°89' с.ш. 133°79' в.д.	3
Зал. Владимира (бухта Южная)	43°74' с.ш. 135°49' в.д.	3
Зал. Ольги	43°71' с.ш. 135°26' в.д.	3
Всего		236

Среднее значение обилия и плотность поселения организмов на единицу площади рассчитывались для трех параллельных проб. Ошибку средних значений вычисляли через нормированное стандартное отклонение.

### Результаты и их обсуждение

В ходе проведенных исследований в морских песках мелководной зоны материкового побережья северо-западной части Японского моря найдены представители 18 таксономических групп бентоса различного ранга (рис. 1).

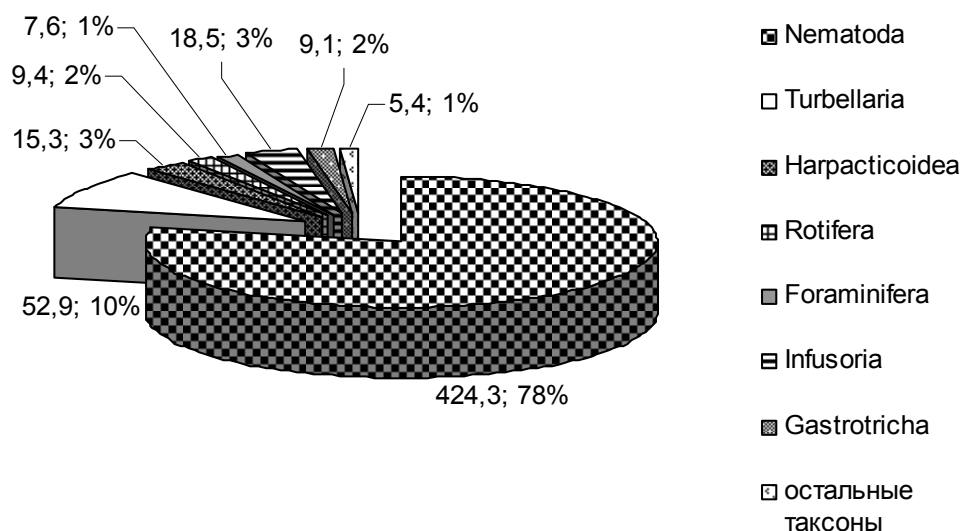


Рис. 1. Процентное соотношение интерстициальной фауны в морских песках исследуемого района  
Fig. 1. The percentage of interstitial fauna in the marine sands of the study area

В составе мейофауны зарегистрированы 13 таксонов постоянных компонентов мейофауны (инфузории, фораминиферы, нематоды, гарпактициды, остракоды, Turbellaria, nemertini, kinorhynchs, halacarides, priapulida) макрофауны – 5 таксонов макробентоса (полихеты, двустворчатые и брюхоногие моллюски, иглокожие, амфиподы, декаподы). В составе псевдомейобентоса отмечалась молодь полихет, двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Макрофитов в исследуемом диапазоне глубин не отмечено.

Единственным таксоном, встречавшимся на всех станциях и составлявшим от 75,8 до 87,0 % от общего количества мейобентоса, являлись свободноживущие нематоды. Вторая по обилию группа мейобентоса – турбеллярии. Остальные систематические группы беспозвоночных составляли 1-2 % от общей плотности поселения мейофауны.

Единично отмечены равноногие раки, галакариды, гастротрихи и коловратки. Таксоны *Gastrotricha*, *Turbellaria*, *Rotifera* и *Harpacticoida* крайне слабо изучены в Дальневосточном регионе.

Таксономическое разнообразие было подвержено сезонным и межгодовым изменениям (рис. 2-4). Круглогодично в составе интерстициальной фауны присутствовали четыре группы беспозвоночных: нематоды, турбеллярии, гарпактициды и молодь полихет. Исключительно при положительной температуре воды встречались фораминиферы, коловратки, галакариды, молодь двустворчатых и брюхоногих моллюсков.

Минимальное число таксонов отмечалось зимой. При этом в зимний период 2007-2008 гг. отмечено вдвое большее количество систематических групп, по сравнению с зимними сезонами 2008-2009 и 2009-2010 гг. (рис. 2-4).

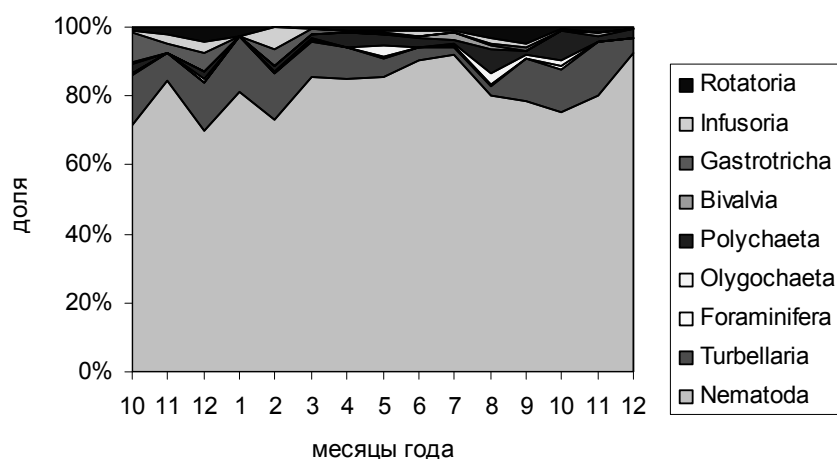


Рис. 2. Изменения соотношения основных таксономических групп мейофауны в морских песках осенью 2007 и в течение 2008 гг.

Fig. 2. Changes of meiofauna major tanksons ratio in marine sands of the fall of 2007 and during 2008

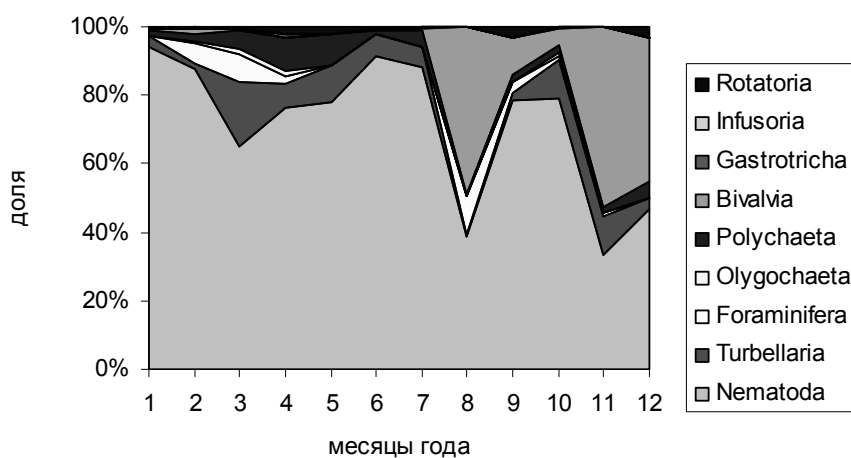


Рис. 3. Изменения соотношения основных таксономических групп мейофауны в морских песках в течение 2009 г.

Fig. 3. Changes of meiofauna major tanksons ratio in marine sands in 2009

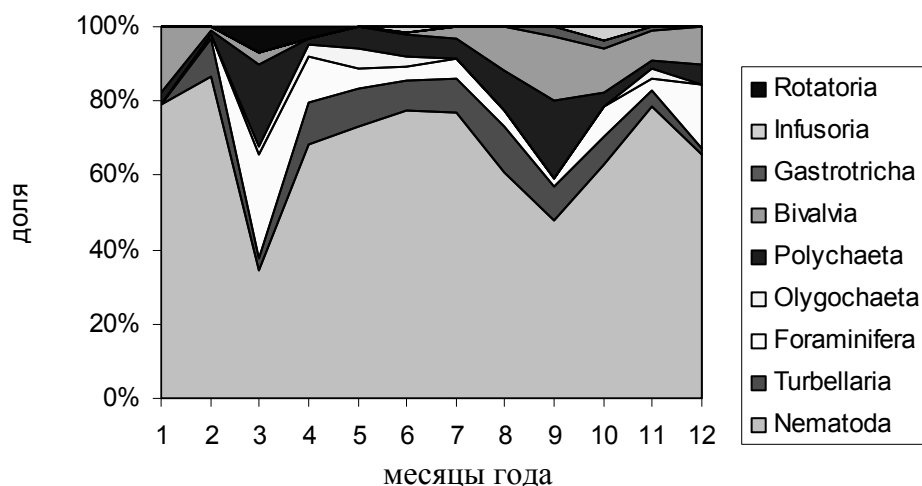


Рис. 4. Изменения соотношения основных таксономических групп мейофауны в морских песках бухты Патрокл в течение 2010 г.

Fig. 4. Changes of meiofauna major taxons ratio in marine sands in 2010

Весной наблюдалось увеличение количества таксономических групп мейобентоса. Летний таксономический состав был наиболее разнообразен. После начала строительных работ на берегу бухты Патрокл в составе эвмейобентоса этой бухты с ноября 2009 г. по декабрь 2010 г. выявлено всего 6 таксонов мейофауны из ранее зарегистрированных 10.

Подобное соотношение таксономических групп достаточно часто наблюдается на песчаных прибрежных мелководьях открытого побережья умеренных широт.

На илистых грунтах нематоды составляют до 90 % от общего количества мейобентоса, на песчаных грунтах доля нематод обычно составляет 70-80 %. Турбеллярии обычно являются второй либо третьей по обилию группой в составе мейобентоса прибрежной зоны и преобладают в основном на хорошо аэрированных прибойных побережьях [4].

Таким образом, фауна исследованных акваторий являлась типичной интерстициальной.

Достаточно высокое значение коэффициента межвидового сходства Серенсена-Чекановского ( $K = 0,8$ ) показало, что в течение всего периода исследования организмы относились к одному сообществу. Несмотря на существующие сезонные и межгодовые различия специфических сезонных комплексов в составе мейофауны, песчаных грунтов мелководной зоны исследуемого района не формируется.

В условиях песчаного мелководья эвмейобентос играл ведущую роль, на его долю приходилось 83 %, псевдомейобентос составил 17 % от общей плотности мейофауны. В зимний и весенний периоды доля молодежи макробентосных беспозвоночных не превышала 7 %, в составе псевдомейобентоса преобладала молодежь полихет и брюхоногих моллюсков.

Молодь полихет являлась массовой группой псевдомейобентоса в весенний период. В целом на долю полихет пришлось 2 % от общей численности мейобентоса (рис. 5). Пики отмечены в мае-июне (64 экз./10 см<sup>2</sup>). В остальные месяцы численность не превышала 3 экз./10 см<sup>2</sup>. Личинки полихет в составе меропланктона встречаются круглогодично. Молодь полихет отмечалась в составе мейофауны круглогодично, с весенним пиком плотности, что соответствует характеру динамики пелагических личинок полихет, прослеженному В. Омеляненко [7]. В конце лета и осенью доля псевдомейобентоса возрастала за счет появления молодежи двустворчатых моллюсков. Так, в августе-сентябре 2009 г. доля молодежи *Bivalvia* достигла 20 % от общей плотности мейофауны и составила 165 экз./10см<sup>2</sup>.

Личинки почти всех видов двухстворчатых моллюсков находятся в планктоне зал. Петра Великого в течение 4 мес., как правило, с июня по сентябрь. Именно в этот период наблюдается максимум видового богатства меропланктона. Личинки *Gastropoda* и *Polychaeta* встречаются в планктоне круглогодично. Минимальная численность меропланктона отмечается зимой (Касьянов и др., 1980; Омеляненко, 2005). Сроки появления молоди макробентоса в песчаных грунтах в целом соответствуют срокам оседания личинок макробентосных животных.

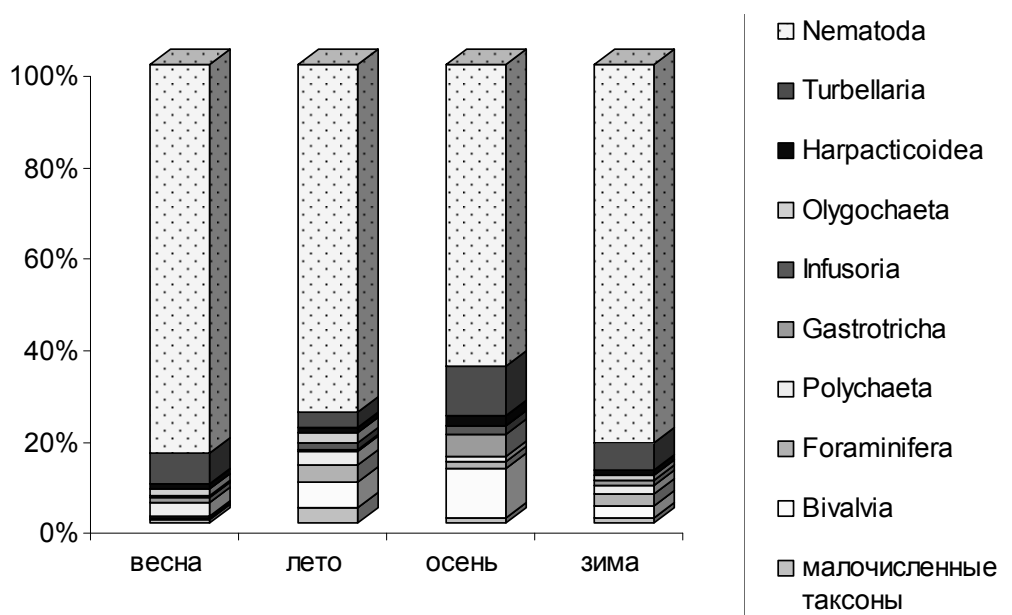


Рис. 5. Сезонные изменения соотношения массовых групп эв- и псевдомейобентоса в морских песках бухты Патрокл

Fig. 5. Seasonal changes in the ratio of mass groups pseudo- and evmeiobenthos in bay Patorkl marine sands

Известно, что в динамичных условиях песчаных прибойных пляжей, когда вся мейофауна является интерстициальной, временных форм немного, в то время как в мелкозернистых осадках защищенных бухт, псевдомейобентос может быть обилен в течение определенного сезона [10]. Эта закономерность распространяется и на прибрежную зону зал. Петра Великого. Так, в кутовой части Амурского зал. (зал. Угловое), на илистых грунтах, в летний период по плотности поселения и биомассе доминировал псевдомейобентос, среди которого преобладала молодежь амфипод [8]. Прослеженное нами соотношение постоянного и временного компонентов мейофауны является характерным для интерстициальной фауны.

При исследовании функциональных характеристик природных систем каждый изучаемый район определяется присущим только ему комплексом физико-географических характеристик. Непосредственное воздействие среды на организмы может быть оценено лишь исходя из опосредованного воздействия на микросреду животного менее специфических факторов среды [9].

Определяющими факторами, влияющими на динамику численности и состав мейобентоса, являются температурные и трофические условия. Изменения температуры влияют на вязкость поровой воды и тем самым на скорость потока и интенсивность капиллярных взаимодействий. Температура также влияет на темпы химических и биохимических процессов. Поскольку температура и соленость являются основными абиоти-

ческими факторами, определяющими пространственное и темпоральное распределение гидробионтов, в течение всего периода наблюдений отслеживалась динамика температурных и соленостных характеристик воды и грунта на мониторинговой станции в бухте Патрокл.

Анализ влияния температуры воды на количественные показатели мейофауны позволил выявить достоверную нелинейную зависимость обилия мейобентоса от температуры воды (рис. 6). В диапазоне значений температуры от  $-2$  до  $+10$  °C с повышением температуры воды наблюдается возрастающий тренд численности. При дальнейшем увеличении температуры тренд становится убывающим.

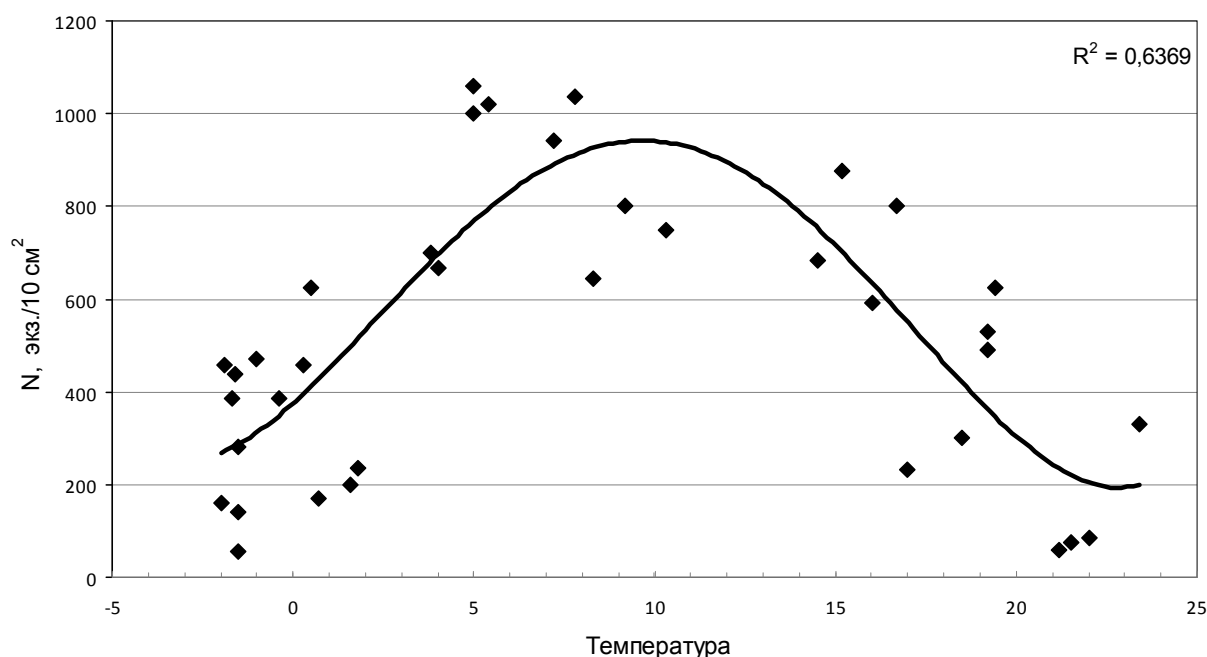


Рис. 6. Зависимость общей плотности поселения мейофауны от температуры воды  
Fig. 6. The dependence of the meiofauna abundance from the water temperature

Зависимость плотности поселения мейобентоса от солености воды является недостоверной ( $R^2 = 0,16$ ), поскольку в состав мейофауны прибрежной зоны входят преимущественно эвригалинные формы, и изменения солености в наблюдавшемся диапазоне незначимы для интерстициальных организмов. Данная особенность отмечена и для мейобентоса других районов [2, 3, 4]. Таким образом, наибольшее влияние на динамику количественных характеристик мейофауны исследованного района оказывает температура воды.

### Выводы

1. В составе мейофауны песчаных грунтов мелководной зоны исследуемого района не формируется специфических сезонных комплексов.
2. Сроки появления молоди макробентоса в песчаных грунтах соответствуют срокам оседания личинок макробентосных животных.
3. Прослеженное соотношение постоянного и временного компонентов мейофауны является характерным для интерстициальной фауны.
4. Температура воды оказывает наибольшее влияние на динамику количественных характеристик мейофауны исследованного района.

### Список литературы

1. Адрианов А.В. Современные проблемы изучения морского биологического разнообразия // Биол. моря. – 2004. – Т. 30, № 1. – С. 3-19.
2. Бурковский И.В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 285 с.
3. Гальцова. В.В. Мейобентос в морских экосистемах. – Л.: Академия наук СССР, 1991. – 240 с.
4. Мокиевский В.О. Экология морского мейобентоса. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2009. – 286 с.
5. Касьянов В.Л., Медведева Л.А., Яковлев С.Н., Яковлев Ю.М. Размножение иглокожих и двухстворчатых моллюсков. – М.: Наука, 1980. – С. 152-178.
6. Кусакин О.Г. Литоральные сообщества // Океанология. Биол. океана. Т. 2. – М.: Наука, 1977. – С. 111-133
7. Омеляненко В.А. Прибрежный меропланктон залива Петра Великого Японского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток: ИБМ ДВО РАН, 2006. – 23 с.
8. Павлюк О.Н., Требухова Ю.А., Белогурова Л.С. Влияние реки Раздольной на структуру сообщества морских свободноживущих нематод Амурского залива (Японское море) // Биол. моря. – 2007. – Т. 32, № 4. – С. 253-261.
9. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 352 с.
10. Gallucci F., Steyaert M., Moens T. Can field distributions of marine predacious nematodes be explained by sediment constraints on their foraging success? – Mar. Ecol. Prog. Ser 304. – 2005. – P. 167-178.
11. McLachlan A., Brown A.C. The ecology of sandy shores // Academic Press, Oxford, Second Edition. – 2006. – 387 p.

**Сведения об авторе:** Смирнова Елена Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: smir.el.val@gmail.com.

УДК 628.35-574.24.044

**А.И. Федорова, С.Д. Угрюмова**Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО  
ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

*Отобраны пробы морской воды в 16 точках зал. Петра Великого (Уссурийский зал.: бухты Лазурная, Стеглянная, Сухопутная, Новик, пр. Босфор Восточный, южное побережье о-ва Попова; Амурский зал.: бухты Мелководная, Песчаная, Угловая; зал. Посьета: бухты Троица, Экспедиции, Рейд Паллада; Славянский зал.: бухты Северная, Табунная; зал. Находка: бухты Врангель, Находка). Определены наиболее эффективные методы определения механических примесей и солёности в морской воде. Представлены результаты экспериментального исследования отобранных проб морской воды зал. Петра Великого на содержание механических примесей, кальция и магния, солесодержания и показания температуры морской воды в поверхностных водах в летнее время (с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г.). Используемые в экспериментальном исследовании приборы отличаются простотой эксплуатации, компактностью, быстротой и точностью измерений, водонепроницаемостью и низким потреблением электроэнергии.*

**Ключевые слова:** исследование, морская вода, зал. Петра Великого, анализ, эксперимент, механические примеси, кальций, магний, пробы, солесодержание, температура, поверхностные воды.

**A.I. Fedorova, S.D. Ugryumova****COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF A PILOT STUDY  
OF SEA WATER PETER THE GREAT BAY**

*Selected samples of sea water at 16 points Peter the Great Bay (Ussuri Bay: b. Azure, b. Glass, b. Land, b. Novick, etc. Eastern Bosphorus, the south coast of Popova; Amur Bay: b. Shallow, b. Sandy, b. Corner, Gulf Pos'eta: b. Trinity, b. Expeditions, b. Reid Pallada, Slavic Bay: b. northern, b. tabun, Nakhodka Bay: b. Wrangell, b. Nakhodka). The most effective methods for determining the solids and salinity in sea water. Experimental results of the samples of sea water Gulf of Peter the Great on the content of solids, calcium and magnesium, salinity, and temperature readings of sea water in the surface waters in the summer (June 1, 2013 to July 14, 2013). Used in a pilot study instruments are easy to use, compact, fast and accurate, waterproof and low power consumption.*

**Key words:** research, sea water, the Gulf of Peter the Great, analysis, experiment, mechanical impurities, calcium, magnesium, samples, salinity, temperature, and surface water.

Зал. Петра Великого является самым обширным в Японском море. Он находится в северо-западной части моря. Воды зал. Петра Великого ограничены со стороны моря линией, соединяющей устье р. Туманной с мысом Поворотным.

Береговая линия сильно изрезана, протяженность ее, включая острова, около 1500 км. По южной стороне залив имеет ширину около 200 км. Полуостровом Муравьев-Амурский и группой островов зал. Петра Великого разделяется на 2 больших залива: Амурский и Уссурийский. Кроме того, в пределах зал. Петра Великого расположены 4 внутренних залива второго порядка: Посьета, Стрелок, Восток и Находка [2, 3].

Нами были отобраны, законсервированы и исследованы пробы морской воды в 16 точках зал. Петра Великого в период с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г. [1].

Отбор проб морской воды проводился с целью исследования качества морской воды в местах водозабора и соответствия морской воды требованиям рыбохозяйственных нужд.

Отбор проб морской воды производился нами в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта).

Морская вода медленно подавалась в пробоотборную емкость до ее переполнения. Затем сосуды с отобранной пробой закупоривали пластмассовыми пробками, прокипяченными в дистиллированной воде. Между пробкой и отобранной пробой в сосуде оставляли воздух объемом 5-10 мл [1, 12].

При отборе проб особое внимание уделялось гидрологическим и климатическим условиям (осадки и их обилие и др.). Данные фиксировались в специальном протоколе.

Пробы исследовались на содержание механических примесей, кальция и магния, со-десодержания и показаний температуры морской воды в поверхностных водах в летнее время.

Основным параметром, определяющим движение наносов (совокупность твердых взвешенных частиц в морской воде, муть), является концентрация и размерный состав взвешенного в воде вещества.

Для определения количества взвешенных частиц в морской воде обычно используют следующие методы: метод гравиметрии, требующий много времени и чувствительный к методике эксперимента, в основе которого лежат законы сохранения массы и постоянства вещества; метод сепарации, заключающийся в пропускании океанской воды через ультрацентрифугу, конечный этап которой заключается в подсчете проб частиц под микроскопом; метод измерения количества примесей при помощи пробоотборников (ловушек); метод измерения объемной концентрации взвеси по пульсациям электропроводности морской воды; нефелометрический метод, основанный на взаимодействии мельчайших частиц с падающим светом; и турбидиметрический метод, при помощи специального прибора турбидиметра (мутномера) [8, 10].

Исследование показало, что наиболее эффективным методом определения механических примесей в морской воде является турбидиметрический метод.

Остальные методы обладают следующими недостатками: разделение взвеси на фракции происходит не по размерам, а по так называемой гидравлической крупности, невозможности точно учесть, как отличается собранная проба от взвеси в исследуемой воде, и тем, что подсчет под микроскопом занимает много времени, а главное, он связан с большими ошибками, приводящими к занижению числовой концентрации. Наблюдатель просто не видит большую часть частиц, размеры которых лежат за пределом разрешающей способности микроскопа. Кроме того, занижению способствует слипание частиц, затенение мелких частиц крупными.

Турбидиметр (мутномер) обеспечивает высокую достоверность измерений, позволяет делать точные выводы о композиции смеси и концентрации взвешенных в ней частиц и значительно сокращает время ожидания результата.

При исследовании морской воды на содержание механических примесей нами было использовано устройство оценки чистоты воды Water Checker L-1105. Прибор включает в себя емкости для морской воды, корпус, кнопки управления, контакты датчика, дисплей и водонепроницаемую прокладку.

Достоинствами данного прибора считается простота эксплуатации, компактность, быстрота и точность измерения, водонепроницаемость, низкое потребление электроэнергии.

Для определения степени загрязнения воды отбирается несколько капель пробы морской воды в специальный сосуд. Через несколько секунд результат фиксировался на дисплее в виде цифрового значения. Уровень примесей определялся как TDS-Total Dissolved Solid и обозначал концентрацию нерастворимых веществ, распределенную в морской воде, измерялся в ppm или мг/л. Интерпретировали полученные цифровые зна-



чения в соответствии с табл. 1. Результаты, полученные при исследовании отобранных проб морской воды из зал. Петра Великого на содержание механических примесей, внесены в сводную табл. 2.

Растворимые соли кальция и магния обуславливают общую жесткость воды. Если они присутствуют в воде в небольших количествах, то вода называется мягкой. При большом содержании этих солей (100-200 мг солей кальция в 1 л в пересчете на ионы) вода считается жесткой.

Чрезмерное содержание кальция и магния ведет к быстрому появлению ржавчины и коррозии у металлических элементов оборудования в технологических линиях подготовки морской воды для культивирования гидробионтов. Нехватка же кальция и магния отрицательно сказывается на росте и здоровье гидробионтов. Рекомендуемые значения содержания кальция и магния для морской водой, используемой для рыбохозяйственных целей, составляют: Ca – 400-450 мг/л; Mg – 1200-1400 мг/л.

Для точного измерения содержания кальция (Ca) и магния (Mg) в морской воде нами были использованы специальные лабораторные тесты для морской воды – «Тест JBL Magnesium/Calcium». Тестовый комплект JBL Test-Set Mg+Ca представляет собой легкий в применении капельный тест для измерения уровня содержания магния и кальция в морской воде. Измерение уровня содержания магния возможно только путем получения суммы Mg + Ca, путем вычитания показателя уровня кальция из суммарной величины Mg + Ca получают показатель уровня содержания магния в воде [8, 10].

Методика эксперимента заключалась в следующем:

1. Определяли сумму кальция в морской воде.

Чистую пробирку несколько раз ополаскивали пробой морской воды, взятой в зал. Петра Великого. Затем заливали в пробирку тестируемую морскую воду до отметки 10 мл, учитывая, что стеклянные мерные цилиндры, пробирки и мерные стаканы заполняются таким образом, чтобы жидкость (морская вода) касалась деления нижним краем мениска, поскольку поверхность жидкости имеет форму мениска. Чтобы получить точный результат, использовали шприц.

В пробирку с морской водой добавляли 5 капель реактива «А», наблюдаемое в это время помутнение раствора не влияло на результат тестирования. Учитывали, что реагенты не должны стекать в воду по стенкам пробирки, это может создать погрешность.

Через 1 мин добавляли 1 мерную ложку реактива «В» и перемешивали до тех пор, пока порошок полностью не растворится. Цвет морской воды в пробирке приобрел розовый оттенок.

По каплям добавляли реагент «С», считая капли, перемешивая раствор после каждой капли до тех пор, пока не произошла смена цвета с розового через фиолетовый на голубой. Количество израсходованных капель, помноженное на 50, дало уровень содержания кальция в миллиграммах на литр.

Таблица 1

**Значения уровня примесей для стандартных типов воды, мг/л**

Table 1

**The total dissolved solid (TDS) for the standard types of water, mg/l**

Очень чистая пресная вода	Чистая пресная вода	Нормальная пресная вода / очень чистая морская вода	Пресная вода, не рекомендуемая к употреблению / чистая морская вода	Вода, не пригодная для питьевых целей / нормальная морская вода	Морская вода, не рекомендуемая к использованию
0-30	31-100	40-120	50-250	200-600	601-999

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования морской воды зал. Петра Великого в летнее время  
(с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г.)

Table 2

Results of the pilot study the marine waters of the Gulf of Peter the Great in the summer (June 1, 2013 on July 14, 2013)

№ п/п	Место отбора пробы	Дата отбора пробы	Осадки и их обилие	Содержание механических примесей		Содержание кальция (Ca), мг/л	Содержание магния (Mg), мг/л	Соле-содержание, ‰	Температура, °С
				мг/л	состояние морской воды				
Усеурийский зал.									
1	Бухта Лазурная (Шамора)	01.06.13	-	280	Нормальная	400	1218	33,12	16,9
2	Бухта Стеклянная	08.06.13	-	273	То же	404	1232	32,98	17,0
3	Бухта Сухопутная (Тихая)	23.06.13	-	268	--	433	1221	32,03	18,2
4	Бухта Новик (Русский о-в)	29.06.13	-	208	Чистая	413	1246	30,75	20,5
5	О-в Елена (пролив Босфор Восточный)	30.06.13	-	205	То же	447	1300	33,07	21,7
6	О-в Попова (южное побережье)	01.07.13	-	201	--	446	1287	33,36	18,1
Амурский зал.									
7	Бухта Мелководная	03.07.13	-	243	Нормальная	402	1227	26,78	22,4
8	Бухта Песчаная	05.07.13	-	256	То же	421	1264	27,16	22,9
9	Бухта Угловая (полу-в Де-Фриз)	08.07.13	-	276	--	401	1225	28,01	23,5
Зал. Посьета									
10	Бухта Троица	09.07.13	-	187	Чистая	438	1302	30,73	23,6
11	Бухта Экспедиции	10.07.13	-	193	То же	439	1306	30,98	23,5
12	Бухта Рейд Паллада	11.07.13	-	191	--	440	1308	30,71	23,9
Славянский зал.									
13	Бухта Северная	12.07.13	-	176	Чистая	449	1350	33,93	23,3
14	Бухта Табунная (Безверхово)	13.07.13	-	199	То же	443	1342	33,81	22,8
Зал. Находка									
15	Бухта Врангель	14.07.13	-	234	Нормальная	444	1346	33,64	22,0
16	Бухта Находка	14.07.13	-	252	То же	437	1338	32,43	22,4

2. Определяли уровень содержания кальция и магния в морской воде (Mg + Ca).

Аналогичным образом, как в п. 1, заполняли пробирку тестируемой морской водой до маркировки 10 мл. Чтобы получить точный результат, использовали медицинский шприц.

Добавляли в пробирку 5 капель магниевых реагента «А» и перемешивали.

Через 1 мин по каплям добавляли магниевый реагент «В», считая капли, перемешивая раствор после каждой капли до тех пор, пока не происходила смена цвета с красного через серо-коричневый на зеленый [14].

3. Находили уровень содержания магния в морской воде (Mg) по уравнению [14]:

$$\text{Mg} = (\text{Mg} + \text{Ca}) - \text{Ca},$$

где Mg – содержание магния в исследуемой пробе морской воды; Mg + Ca – суммарное содержание магния и кальция в исследуемой пробе морской воды; Ca – содержание кальция в исследуемой пробе морской воды.

Результаты экспериментального исследования морской воды на содержание кальция и магния сведены в табл. 2.

Морскую воду часто называют соленой. Под соленостью морской воды понимают массу (в граммах) сухих солей в 1 кг морской воды. В пределах Мирового океана соленость колеблется от 33 до 37 ‰, в среднем ее можно считать равной 35 ‰.

Перечень элементов, содержащихся в морской воде, очень велик, однако концентрация большинства из них очень низка. Среди веществ, содержащихся в морской воде в малых концентрациях (от 1 до 0,01 млн д.), имеются элементы азот, литий, рубидий, фосфор, йод, железо, цинк и молибден. В морской воде обнаружено не менее 50 других элементов в еще более низких концентрациях.

Под соленостью морской воды (S+) в океанографии понимают одну из основных характеристик водных масс, распределения морских организмов, элементов морских течений и т.д. Особую роль она играет в формировании биологической продуктивности морей и океанов, так как многие организмы очень восприимчивы к незначительным ее изменениям.

Соленость морской воды определяют обычно аргентометрическим титрованием (по хлорности), комплексами «Гидрозонд» и электрометрическим способом на солемерах [8].

Как показало исследование, наиболее эффективным является электрометрический способ определения солености морской воды, основанный на измерении относительной электропроводности морской воды с помощью бесконтактного индукционного солемера, что позволяет ускорить и увеличить точность ее определения по сравнению с аргентометрическим титрованием.

К основным недостаткам других методов относят невозможность измерения солености морской воды напрямую на месте взятия проб, использование лишь в лабораторных условиях; высокую цену комплексов «Гидрозонд», значительные эксплуатационные расходы, несовершенство конструкции и недостаточную изученность.

При экспериментальном определении солености в морской воде нами был использован солемер TDS-4. Достоинствами данного прибора являются простота эксплуатации, компактность, быстрота и точность измерения, низкое потребление электроэнергии.

Для определения солености погружали солемер в пробу морской воды до максимально возможного уровня (5 см), слегка помешивая для избавления от воздушных пузырьков. Дожидались стабилизации показаний на жидкокристаллическом дисплее (10-15 с) и после чего снимали показания.

Измерение температуры является одной из важнейших задач при различных технологических процессах.

Каждый метод измерения температуры имеет свои особенности, определяемые как принципом, так и применяемыми средствами измерений и схемами их подключения. Кроме того, при измерении температуры следует учитывать взаимодействие между термомпреобразователем и измеряемой средой.

Диапазон температур, с которыми приходится встречаться в научных исследованиях, очень широк – включает тысячные доли градуса вблизи абсолютного нуля, получаемые в экспериментах по глубокому охлаждению, и температуры 109 К, характеризующие состояние внутризвездного вещества. Наиболее изученной и освоенной областью измерений является интервал от 10 до 10000 К.

Температура измеряется с помощью устройств, использующих различные термометрические свойства жидкостей, газов и твердых тел. Существуют десятки различных устройств, применяемых в промышленности, при научных исследованиях, для специальных целей [13].

В большинстве случаев температуру пресной и морской воды измеряют ртутным термометром с точностью  $\pm 0,2$  °С, причем разность температур не превышает  $\pm 0,5$  °С.

Температура морской воды в поверхностных водах зал. Петра Великого определялась нами при помощи цифрового мультиметра Meter DT-266С, так как он обладает широким пределом измерений, хорошей видимостью шкалы (панели вывода цифровых электронных результатов, дисплей) и приемлемой точностью измерения [6].

В мультиметре Meter DT-266С температура воды измерялась специальным выносным датчиком температуры, позволяющим проводить измерения в диапазоне от -5 до +1000 °С. Этот датчик в виде провода с конечным чувствительным металлическим концом – термопарой – присоединялся в определенный разъем (TEMP) для термопары в прибор мультиметра.

Перед измерением температуры переключатель функции устанавливали на диапазон °С, далее помещали спай термопары в зону поверхностных вод зал. Петра Великого в нужной точке на 3 и считывали показания дисплея [5].

Таким образом, нами были отобраны, законсервированы и исследованы пробы морской воды в 16 точках зал. Петра Великого в период с 1 июня 2013 г. по 14 июля 2013 г.

В результате проведенного экспериментального исследования было измерено содержание механических примесей в пробах взятой морской воды, которое составило 176-280 мг/л. Полученные значения лежат в допустимых пределах и соответствуют классам чистая и нормальная морская вода. Содержание кальция в пробах морской воды составило 400-409 мг/л, магния – 1218-1350 мг/л, что допустимо для рыбохозяйственных целей. Солеосодержание в пробах исследуемой морской воды составило 26,78-33,93 мг/л; температура в поверхностных слоях зал. Петра Великого лежала в пределах от 16,9 до 23,9 °С. Полученные результаты находятся в допустимых пределах для рыбохозяйственных нужд [11, 13]. В дальнейшем нами планируется провести экспериментальное исследование морской воды в зал. Петра Великого на содержание механических примесей, кальция и магния, солеосодержания и показаний температуры морской воды в поверхностных водах в летнее время до и после фильтрования на насыпных фильтрах с зернистой загрузкой.

### Список литературы

1. ГОСТ 17.1.5.05-04. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – М.: Госстандарт РФ, 2004. – 9 с.

2. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. – Владивосток: ТИПРО-Центр, 2001. – 193 с.
3. Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря: монография / отв. ред. Н.К. Христофорова. – Владивосток: Издательский дом ДВФУ, 2012. – 440 с.
4. Угрюмова С.Д. Управление отходами пищевых производств на основе безотходных технологий / С.Д. Угрюмова, Л.В. Кучеренко, А.В. Перебейнос, Е.В. Макарова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. – 231 с.
5. Угрюмова С.Д. Экспериментальное исследование насыпной загрузки в процессе фильтрования морской воды / С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова, И.В. Панюкова // Приморские Зори-2012. Международные научные чтения: сб. науч. тр.-13. – Владивосток, 2012. – С. 241-245.
6. Угрюмова С.Д. Оценка надежной эксплуатации фильтрующей загрузки в линии культивирования дальневосточного трепанга / С.Д. Угрюмова, А.И. Федорова // Науч. тр. Дальрыбвтуза. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. – Т. 27. – С. 171-180.
7. Федосов М.В. Современные методы рыбохозяйственных морских гидрохимических исследований: Определение солёности морской воды / М.В. Федосов, С.Г. Орадовский. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – С. 37-44.
8. Methods of seawater analysis/ Grasshoff K. et. al. (Eds.). Verlag Chemie, Weinheim, 1983. – P. 99-23.
9. ГОСТ 17.1.3.07-99. Охрана природы. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. – М.: Госстандарт РФ, 1999. – 21 с.
10. Фомин Г.С. Вода. Контроль химический, бактериологический и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справ. – М.: Протектор, 2000. – 84 с.
11. Перечень рыбохозяйственных нормативов: ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М., 1999. – 35 с.
12. ГОСТ 27065-01. Гидросфера – критерии и показатели качества вод. – М.: Госстандарт РФ, 2001 – 12 с.
13. ОСТ 155 37 2-87. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. – М.: Госстандарт СССР, 1987. – 29 с.
14. РД 52.10.243-92. Руководство по методам химического анализа морских вод. – Л.: Гидрометеиздат, 2010. – 226 с.

**Сведения об авторах:** Угрюмова Светлана Дмитриевна,  
доктор технических наук, профессор;  
Федорова Александра Игоревна, аспирант.