

ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ МАЛАКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Дальневосточное отделение
Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского

RUSSIAN FAR EAST MALACOLOGICAL SOCIETY
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
Far Eastern Branch
A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology

БЮЛЛЕТЕНЬ
Дальневосточного
малакологического общества

Вып. 22
№ 1/2

THE BULLETIN
of the Russian Far East
Malacological Society

Vol. 22
N 1/2

Владивосток • Vladivostok
2018

Редколлегия *Editorial Board*

Главный редактор Editor

Лутаенко Константин Анатольевич
Национальный научный центр морской биологии
ДВО РАН, Владивосток 690041, Россия

Konstantin A. Lutaenko
National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern
Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok
690041, Russia

Члены Members

Аmano, Кадзутака
Образовательный университет Дзюэцу, Дзюэцу, префектура Ниигата 943, Япония

Kazutaka Amano
Joetsu University of Education, Joetsu, Niigata Prefecture
943, Japan

Богатов Виктор Всеволодович
ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток 690022, Россия

Viktor V. Bogatov
FSC of Biodiversity Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690022, Russia

Винарский Максим Викторович
Санкт-Петербургский государственный университет, С.-Петербург 199034, Россия

Maxim V. Vinarski
St. Petersburg State University, St. Petersburg 199034, Russia

Гульбин Владимир Васильевич
Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, Владивосток 690041, Россия

Vladimir V. Gulbin
National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia

Кантор Юрий Израилевич
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва 119071, Россия

Yuri I. Kantor
A.N. Severtzov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow 119071, Russia

Коуэн, Юджин
Музей естественной истории Санта-Барбары, Санта-Барбара 93105-2935, Калифорния, США

Eugene V. Coan
Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara 93105-2935, California, USA

Прозорова Лариса Аркадьевна
ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток 690022, Россия

Larisa A. Prozorova
FSC of Biodiversity Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690022, Russia

Чжан Цзуньлун
Институт океанологии АН КНР, Циндао 266071, КНР

Zhang Junlong
Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, People's Republic of China

Кван-Сик Чхве
Национальный университет Чеджу, Чеджу 690-756, Республика Корея

Kwang-Sik Choi
Jeju National University, Jeju 690-756, Republic of Korea

Чиба, Сатоси
Университет Тохоку, Сендай, префектура Мияги 980-8577, Япония

Satoshi Chiba
Tohoku University, Sendai, Miyagi Prefecture 980-8577, Japan

Интернет-версия журнала: <http://rfems.dvo.ru/index.php/ru/rfems-menu-ru/rfems-bulletin-menu-ru>

Online journal: <http://rfems.dvo.ru/index.php/en/rfems-menu-en/rfems-bulletin-menu-en>

Содержание

Выпуск 22(1/2)

Научные сообщения

<i>Л.А. Гайко</i> Обзор методов прогноза урожайности спата моллюсков в хозяйствах марикультуры Приморья и возможное направление их совершенствования	5
<i>Е.М. Саенко, А.В. Расценкина</i> Некоторые сведения по гистологии <i>Nodularia vladivostkensis</i> (Bivalvia: Unionidae) из р. Раздольная (Приморский край)	35
<i>Б.И. Сиренко</i> Маленький новый хитон (Mollusca: Polyplacophora) из Гваделупы	55
<i>А.В. Чернышев</i> Erginidae fam. nov. (Patellogastropoda) – новое семейство морских блюдечек	63
<i>Е.Н. Кроль, И.О. Нехаев</i> Изменчивость формы раковины <i>Solariella obscura</i> (Vetigastropoda: Trochoidea) в морях евразийской Арктики и прилегающей западной части Тихого океана	69
<i>Е.М. Чабан, И.А. Екимова, А.В. Чернышев</i> Дополнение к фауне заднежаберных моллюсков залива Петра Великого (Японское море): <i>Melanochlamys chabanae</i> (Heterobranchia: Aglajidae)	79

Исследователи моллюсков Дальнего Востока России и тихоокеанского региона

<i>И.С. Смирнов, С.Ю. Гагаев, Е.М. Чабан и др.</i> Борис Иванович Сиренко	92
---	----

Хроника

<i>А.А. Широкая, Т.Я. Ситникова, М.В. Винарский, Д.М. Палатов, П.В. Кияшко</i> К 75-летию Зувайдулло Иззатуллаевича Иззатуллаева	96
--	----

Потери науки

<i>К.А. Лутаенко</i> Галина Николаевна Волова	107
<i>В.С. Бистерфельд</i> О Галине Николаевне Воловой	114

Contents

Volume 22(1/2)

Original articles

<i>Larisa A. Gayko</i> Review of methods for the forecast of mollusk's spat productivity in sea-farms of Primorye and probable ways of their enhancement	5
<i>Elena M. Sayenko, Anna V. Rasshchepkina</i> Some data on histology of <i>Nodularia vladivostokensis</i> (Bivalvia: Unionidae) from Razdolnaya River (Primorye, Russia)	35
<i>Boris I. Sirenko</i> A new small chiton (Mollusca: Polyplacophora) from Guadelupe	55
<i>Alexei V. Chernyshev</i> Erginidae fam. nov. (Patellogastropoda) – a new family of limpets	63
<i>Ekaterina N. Krol, Ivan O. Nekhaev</i> Variation of shell shape in <i>Solariella obscura</i> (Vetigastropoda: Trochoidea) in the Eurasian Arctic seas and adjacent part of the Western Pacific Ocean	69
<i>Elena M. Chaban, Irina A. Ekimova, Alexei V. Chernyshev</i> Additional data on the opisthobranch fauna of Peter the Great Bay (Sea of Japan): <i>Melanochlamys chabanae</i> (Heterobranchia: Aglajidae)	79

Malacologists of the Russian Far East and the Pacific Region

<i>Igor S. Smirnov, Sergey Yu. Gagaev, Elena M. Chaban et al.</i> Boris I. Sirenko	92
--	----

Chronicle

<i>Alena A. Shirokaya, Tatiana Ya. Sitnikova, Maxim V. Vinarski, Dmitry M. Palatov, Pavel V. Kijashko</i> On the 75th Anniversary of Zuvaidullo I. Izzatullaev	96
--	----

Obituaries

<i>Konstantin A. Lutaenko</i> Galina N. Volova	107
<i>Valentina S. Bisterfeld</i> About Galina Nikolaevna Volova	114

Обзор методов прогноза урожайности спата моллюсков в хозяйствах марикультуры Приморья и возможное направление их совершенствования

Л.А. Гайко

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток 690041, Россия
e-mail: gayko@yandex.ru*

Проведен обзор методик прогноза урожайности спата моллюсков, разработанных сотрудниками Тихоокеанского института рыбного хозяйства и океанографии, Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН и Экспериментальной морской базы (ЭМБ) «Посьет», расположенной в зал. Посьета (Японское море). Методики, опубликованные небольшими тиражами в местных изданиях, представляют собой большую ценность, так как были разработаны на основе уникальных экспериментов на научной базе в зал. Посьета. Наряду с результатами исследований отечественных ученых приведены также некоторые методики японских авторов, которые были взяты за основу при разработке основ культивирования моллюсков в марихозяйствах Приморья.

Ключевые слова: абиотические факторы, гаметогенез, зал. Посьета, коллектор, личинки, марикультура, метод прогноза, моллюски, садок, спат, урожайность.

Review of methods for the forecast of mollusk's spat productivity in sea-farms of Primorye and probable ways of their enhancement

Larisa A. Gayko

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute,
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia
e-mail: gayko@yandex.ru*

A review of forecast methods of yield of mollusk's spat developed by the staff of the Pacific Fisheries Center (TINRO-center), former A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology FEB RAS and the EMB «Possjet» in Possjet Bay (Sea of Japan) previously presented in little-known publications. These techniques merit a greater attention as they were developed on the basis of unique experiments on a scientific-experimental farm in Possjet Bay. Additionally, some techniques of Japanese researchers are described forming the basis for development of cultivation of marine mollusks in marine farms in Primorye.

Key words: abiotic factors, gametogenesis, Possjet Bay, collectors, larvae, mariculture, methods of forecasting, mollusks, cages, spat, yield.

Для успешного промышленного культивирования моллюсков необходимо своевременное прогнозирование времени начала нереста, начала оседания личинок, а также плотности спата. Существующие методики прогнозирования в основном разработаны на Экспериментальной морской базе «Посьет». Знание сроков

нереста необходимо для прогнозирования оптимальных сроков выставления коллекторов, а также для определения временных границ преднерестового и личиночного периодов [Брегман и др., 1987]. Наблюдения за развитием личинок в планктоне позволяют краткосрочно прогнозировать по их размерам сроки установки коллекторов, а по численности – количество спата на коллекторах, в том числе и количество коллекторов. От правильного и своевременного прогнозирования времени и интенсивности оседания личинок зависит судьба будущего урожая, так как период интенсивного оседания личинок очень короткий и длится всего несколько дней [Белогрудов, 1981]. Но рассматриваемые в данном обзоре методики, как правило, основываются на выявлении эмпирических зависимостей между различными биологическими и гидротермальными показателями [Белогрудов, 1981; Брегман и др., 1987]. Возможно, в небольших марихозяйствах применение этих методик в настоящее время действительно даст положительные результаты. Но для крупных хозяйств марикультуры применение только этих методик не позволит составлять прогнозы с большой заблаговременностью. Поэтому в таких хозяйствах для повышения рентабельности необходимо использовать возможности гидрометеорологического обслуживания хозяйств марикультуры, как это практикуется, например, в агрометеорологии. В то же время имеют место примеры использования различных гидрометеорологических и космофизических предикторов при прогнозировании промысловой обстановки и запасов биоресурсов, которые могут быть использованы и для прогноза урожайности хозяйств марикультуры. Используемые для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур физико-статистические методы также могут быть с успехом применены и к морскому фермерству [Гайко, 2004а, б, 2006, 2013, 2014а, б, 2016, 2017, Gayko, 1996, 1999, 2000а, б, с, 2011].

Исходные положения и материалы

Факторы среды влияют на любой этап годового гонадного цикла моллюска и варьируют из года в год [Касьянов и др., 1983]. Сложность составления прогноза для биологической системы состоит в том, что эта система является открытой и практически невозможно учесть все факторы, влияющие на процесс ее развития. Так, начало нереста зависит от сроков созревания половых продуктов и появления сигнального фактора, который провоцируют нерест, влияя через рецепторы на нервные центры [Мотавкин, Вараксин, 1983]. Сигнальными факторами, согласно разным авторам, являются: температура, лунная периодичность, соленость, тайфуны и ураганы, концентрация фитопланктона, длина светового дня [цит. по Касьянову, 1989]. Согласно правилу минимума, из всех факторов, влияющих на процесс, определяющим конечный результат, будет тот, который в данных условиях окружающей среды находится в минимуме, т.е. близок к экстремальным для данного вида значениям. Определяющими факторами для созревания гонад П.А. Мотавкин [1986] принимает температуру и пищевые условия.

Температуру воды можно рассматривать как фактор, значение которого неизменно велико на любой стадии развития моллюсков, так как все беспозвоночные – объекты марикультуры относятся к stenothermic животным, которые, не обладая специальными механизмами терморегуляции, особенно чувствительны к изменениям температуры.

Также о приоритете температуры в процессе созревания гонад в наших водах, расположенных в умеренных широтах, свидетельствует сезонность температурных колебаний [Милейковский, 1981; Дзюба, 1986]. Кратковременный период высоких летних температур используется беспозвоночными для нереста и личиночного развития, а гаметогенетические процессы сдвинуты на более холодный период [Касьянов, 1989]. Критическая температура для развития половых клеток приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) принимается за 0°C, так как при температуре ниже 0°C рост гамет практически прекращается [Дзюба, 1986]. Но на процесс гаметогенеза приморского гребешка и, возможно, других моллюсков, зимний период все же оказывает существенное влияние [Габаев, 1990].

Известно, что каждый вид размножается при определенной температуре, которая является для него оптимальной. При этом слишком высокие и слишком низкие температуры воды одинаково тормозят гаметогенез. Рост гонад у приморского гребешка происходит при низких положительных, но постепенно повышающихся, температурах. Постоянный подъем температуры воды ведет к интенсивному, происходящему в сжатые сроки, нересту. В случае значительных колебаний ее в этот период нерест бывает более продолжительным и менее интенсивным [Белогрудов, 1981]. Низкие температуры воды во время нереста приводят к его задержке, что часто ведет к уменьшению уровня воспроизводства моллюсков или к их смерти. С другой стороны, под сильным воздействием термических факторов моллюски могут выбрасывать не достигшие половой зрелости яйца, что также приводит к небольшому количеству личинок в планктоне [Габаев, 1990]. Отмечаются случаи, когда температура воды может изменяться на 1.5–2.0°C, не провоцируя икрометания [Белогрудов, 1981]. Личиночный период развития двустворчатых моллюсков также очень уязвим к воздействию внешних факторов среды, особенно их резких колебаний.

Для прохождения всего пелагического периода приморского гребешка от оплодотворения до оседания необходимо определенное количество градусодней. В 1927 г. Руннстрем [Rünnstrom, 1927] в своей известной схеме («схема Руннстрема») показал, что сроки созревания половых продуктов и нерест морских беспозвоночных происходят в пределах конкретных температурных диапазонов и зависят от суммы тепла, накопленного в течение вегетационного периода. Эта величина является физиологической константой. Например, для созревания гонад приморского гребешка, низкобореального вида, требуется 550–350 градусодней [Приморский гребешок..., 1986]. В настоящее время эти основные правила уточняются и дополняются, но не отвергаются. Вероятно, что необходимая сумма тепла для созревания гонад каждого вида закреплена генетически в форме теплоустойчивости клеток и тканей [Жирмунский, 1982].

В зал. Посъета учеными Тихоокеанского института рыбного хозяйства и океанографии (ранее ТИНРО, в настоящее время – Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, ТИНРО-центр), Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН (ранее ИБМ ДВО РАН, в настоящее время – Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, ННЦМБ ДВО РАН) и сотрудниками Экспериментальной морской базы (ЭМБ) «Посъет» в течение длительного времени ежегодно собирались сведения о времени наступления нереста, динамике численности личинок моллюсков в планктоне, динамике интенсивности оседания личинок на коллекторы, размерной структуре личинок и спата. Было установлено, что приморский гребешок в рассматриваемом районе нерестится в мае–июне. Конец созревания гонад не совпадает с нерестом. Между полной зрелостью гонад и выведением половых клеток во внешнюю среду наблюдается промежуток в 1–2 недели. Также было отмечено, что в урожайные годы плотность осевшего на коллекторы спата гребешка порой в десятки раз выше, чем в неурожайные [Раков, 1977; Белогрудов, 1981]. Эти многолетние данные с учетом гидрометеорологических (температура, скорость и направление течений) и гидробиологических (развитие фитопланктона и других звеньев пищевой цепи) факторов использовались для разработки методики биологического прогнозирования сроков появления ранних стадий развития культивируемых двустворчатых моллюсков в зал. Посъета, сроков и интенсивности оседания личинок. За основу культивирования приморского гребешка в зал. Посъета был принят японский опыт разведения моллюсков [Ito et al., 1975], основанный на сборе личинок гребешка на искусственный субстрат. Японцами также широко используются фенологические прогнозы, составляемые на основе наблюдений за сроками цветения сакуры, прилета птиц и т.п., которые, вероятно, следует отнести к самым древним прогнозам.

На основании анализа литературных источников и материалов наблюдений выявлены следующие факторы, отвечающие за урожайность: качество половых продуктов; время наступления нереста (начало нереста); продолжительность личиночного развития; интенсивность оседания личинок; длительность периода I фазы развития гонад (осенью); длительность периода II фазы развития гонад (весной); длительность периода критической температуры для развития гонад.

Под урожайностью приморского гребешка в данном исследовании понимается количество осевшего спата на коллекторы (экз./колл.) или на м² коллектора (экз./ м²).

Основные методики прогноза

Существующие методики прогнозирования плотности спата приморского гребешка основываются на выявлении эмпирических зависимостей между различными биологическими и гидротермальными показателями [Брегман и др., 1987]:

– накопленной суммой тепла (Q_1 , градусодни) за первый период (промежутков времени от даты устойчивого перехода поверхностной температуры воды через 0°C до даты начала массового нереста) и величиной гонадного индекса (ГИ). Время наступления нереста определялось по резкому уменьшению ГИ. Гонадный индекс определяется как отношение массы гонады (m_g) к массе мягких тканей вместе с гонадой (после стекания мантийной жидкости) (m_{mk}), выраженное в процентах [Ito et al., 1975]:

$$ГИ = \frac{m_g}{m_{mk}} \times 100, \quad (1)$$

– плотностью собранного спата (r , экз./колл. – сетной мешочек) и длительностью ледового периода (L , сут),

– плотностью собранного спата и накопленной суммой «тепла» (Q_1 , градусодни), вариабельностью (V – коэффициент вариабельности, %), поверхностной температурой воды (t , $^{\circ}\text{C}$) в первый период (T_1 , сут) (от перехода температуры воды через 0°C весной до начала нереста),

– плотностью собранного спата и накопленной суммой «тепла» (Q_2 , градусодни), вариабельностью температуры воды (V_2 , %) во второй период (T_2 , сут) (от даты начала массового нереста до даты начала массового оседания личинок),

– между максимальной численностью личинок гребешка (экз./м³) перед оседанием (с глазком) и плотностью собранного спата на коллекторах (r , экз./колл. – сетной мешочек).

Эти объекты поодиночке или группами использовались в различных схемах прогнозов.

По заблаговременности все биологические прогнозы, применяемые в марикультуре для предсказания урожайности, можно разделить на три группы:

1. Долгосрочные прогнозы, имеющие заблаговременность до четырех месяцев. Составляются на основе многолетних биологических, гидрометеорологических и фенологических наблюдений. Точность долгосрочных прогнозов зависит от длительности ряда наблюдений и объема собранного многолетнего материала.

2. Краткосрочные прогнозы, охватывают период в несколько суток до начала нереста. Для прогноза из природных популяций делают выборку половозрелых моллюсков и производят биологический анализ.

3. Текущие прогнозы, выполняются после начала оседания личинок на коллекторы. Изучая динамику численности личинок в планктонных пробах в случае появления в планктоне новых генераций личинок можно рекомендовать дополнительный сбор спата или предлагать меры, предохраняющие коллекторы от избыточного оседания личинок [Раков, 1979].

По исполнению прогнозы разделяются на графические [Подольский, 1967] и расчетные [Белогрудов, 1981].

Перейдем к непосредственному обзору методов прогноза сроков нереста, оседания личинок и урожайности спата моллюсков в хозяйствах марикультуры Приморья.

Прежде, чем приступить к прогнозу сроков нереста моллюсков, необходимо предварительно провести *оценку качества половых продуктов*, т.е. определить полноценность их созревания. Для оценки предлагается использовать несколько методов.

1. Для определения полноценного созревания половых продуктов Ю.Э. Брегманом с соавторами [1987] была установлена эмпирическая зависимость между температурой воды, накоплением определенного количества градусодней до начала нереста (первый период) и величиной гонадного индекса [Брегман и др., 1987]. Половые продукты развиваются нормально и они полноценны, если при температуре воды 12°C соблюдается следующая зависимость:

$$Q_1 = 35.228GI - 451.88, \quad (2)$$

где Q_1 – количество градусодней за первый (преднерестовый) период, °C; GI – гонадный индекс, %.

Пр и м е р. У гребешка из б. Миносок 28.05.1987 г. $GI=24\%$. Рассчитанная по формуле (2) сумма градусодней $Q_1=394$, и это значение близко к ее фактической величине (384.1 градусодней). Осмотр гонад подтвердил, что развитие половых продуктов у гребешка в б. Миносок в 1987 г. шло нормально, и они были хорошего качества.

2. Сотрудник ЭМБ «Посьет» В.Г. Регулев [Отчеты..., 1975–1985; Регулев, 1982] предлагал определять полноценность половых продуктов двустворчатых моллюсков в зал. Посьета (на примере устрицы), рассчитывая градусодни от нулевой отметки температуры (0°C) до температуры начала нереста (18°C) по формуле:

$$Q = \sum_{t=0}^{18} t_i, \quad (3)$$

где Q – сумма градусодней, °C; t_i – среднесуточная температура воды, где $i = 0^\circ \dots 18^\circ$.

При отсутствии ежесуточных данных температуры воды можно пользоваться их среднемесячными значениями, умноженными на количество дней в месяце по формуле:

$$Q = \sum_{n=3}^6 \bar{t}_n \times m, \quad (4)$$

где Q – сумма градусодней, °C; $\bar{t}_n$ – среднемесячная температура воды, °C, где n изменяется от 3 (март) до 6 (июнь); m – число дней в месяце (в марте – от даты достижения 0°C, в июне – по дату 18°).

Пример. В 1981 г. по данным ГМС Посыет поверхностная температура воды перешла через 0°C 20 марта и достигла температуры 18°C 25 июня. Сумма градусодней составила за этот период (по формуле 3) $Q=891$ град. дней.

Для того чтобы нерест начался своевременно, необходимо, чтобы число градусодней в текущем году (Q) было больше или равно среднему многолетнему значению:

$$Q \geq \bar{Q}. \quad (5)$$

В противном случае, даже если температура воды достигнет точки нереста, гонады будут недостаточно зрелыми. В 1981 г. это условие соблюдено: $891 > 871$ (пример расчета среднего многолетнего значения приведен ниже). Кроме этого, чтобы нерест наступил вовремя, необходимо, чтобы остальные параметры в это время, особенно соленость, были близки к норме.

3. В.Г. Регулев [л.с.] также предлагает графический метод расчета числа градусодней, откладывая по оси абсцисс даты, по оси ординат – среднемесячную температуру воды ($^{\circ}\text{C}$). Тогда число градусодней, необходимое для созревания половых продуктов, можно выразить площадью, заключенной между кривой температуры и перпендикуляром на ось X из точки с температурой 18°C , при этом точка $t=0^{\circ}\text{C}$ должна находиться в начале координат (рис. 1).

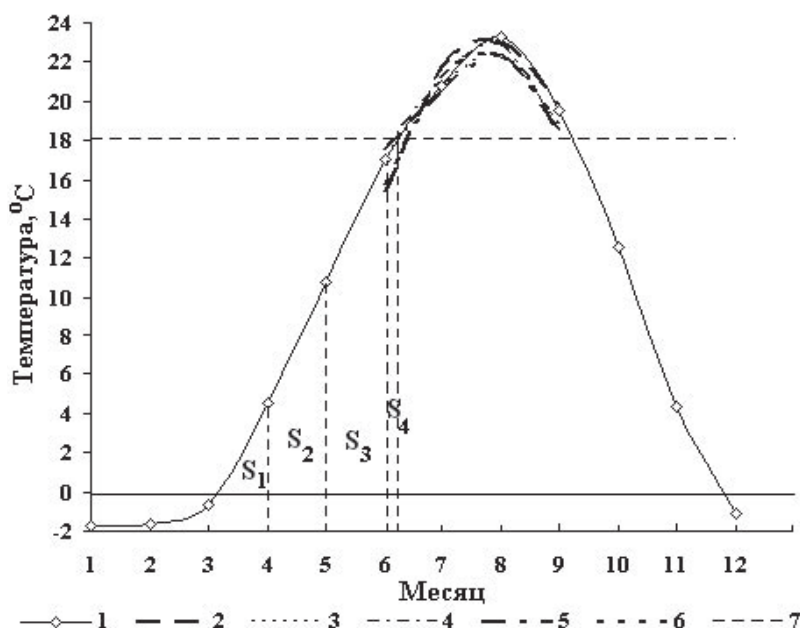


Рис. 1. Среднемесячная температура воды в б. Новгородская на поверхности: 1 – за период 1931–1973 гг.; 2 – за 1977 г.; 3 – за 1978 г.; 4 – за 1979 г.; 5 – за 1980 г.; 6 – за 1981 г.; 7 – температура нереста (18°C).

Fig. 1. Average monthly sea surface water temperature in Novgorodskaya Bay: 1 – for the period 1931–1973; 2 – for 1977; 3 – for 1978; 4 – for 1979; 5 – for 1980; 6 – for 1981; 7 – spawning temperature (18°C).

По графику многолетнего хода поверхностной температуры воды можно считать количество градусодней, необходимое для развития гонад. Как видно из рис. 1, температура 18°C приходится на 9 июня. Средняя многолетняя температура переходит через 0°C 6 марта. Для расчета необходимого для развития гонад количества градусодней разбиваем площадь между перпендикуляром и кривой на трапеции:

$$Q = \sum S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = \sum_{i=1}^4 \frac{t_i \times m}{2} = \frac{4.5 \times 22}{2} + \frac{(4.5 + 10.8) \times 30}{2} + \frac{(10.8 + 16.9) \times 31}{2} + \frac{(16.9 + 18.0) \times 6}{2} = 871 \quad (6)$$

где Q – количество градусодней; S – площадь между кривой температуры, перпендикуляром из точки 18°C и осью абсцисс; $S_1, S_2, \dots, S_4$ – площади трапеций с основаниями, равными количеству дней в каждом рассматриваемом месяце; t_i – температура на начало, конец периода и на начало каждого месяца (°C).

Этот метод может также быть применен для расчета числа градусодней, необходимых для созревания половых продуктов и у других моллюсков.

Прогнозирование сроков нереста моллюсков, сроков начала оседания личинок и сроков выставления коллекторов

1. Для прогнозирования сроков нереста Ю.Э. Брегман и др. [1987] используют расчет средней многолетней суммы «тепла», накопленной за первый период, и длительность этого периода. Для созревания половых продуктов гребешка требуется определенный температурный режим, при котором за преднерестовый период обеспечивается накопление определенной суммы «тепла». Для гребешка в б. Миносок за 12-летний период она составила 296.5 ± 27.9 град. дней (при стандартной ошибке $\sigma = 43.9$), а период накопления «тепла» занимает 42–66 сут (в среднем 54.7 ± 4.2 , $\sigma = 6.54$). Следовательно, отсчитав вперед от даты устойчивого перехода поверхностной температуры воды через 0°C среднюю длительность первого периода, можно определить возможную дату начала нереста. С момента начала нереста до оседания личинок гребешка в условиях южного Приморья проходит 25–35 дней. За 2–3 дня до этого срока необходимо выставить в море коллекторы для сбора спата.

2. Уточнить сроки выставления коллекторов можно, наблюдая за развитием планктонных личинок [Белогрудов, 1981]. Для этого Е.А. Белогрудов рекомендует производить отбор проб планктона через 10–14 сут после начала нереста ежедневно. От момента появления в планктоне личинок на стадии великонхи (у них есть глазок черного цвета) до их оседания в южном Приморье проходит обычно 4–5 сут. За это время необходимо выставить коллекторы. Но в связи с тем, что до начала оседания личинок коллекторы должны находиться в воде не менее двух суток, их выставление надо начинать при достижении личинками размеров 225–235 мкм.

3. Дату начала массового нереста можно определить, отбирая в первых числах мая каждые 3–4 дня пробы одновозрастных гребешков (4–5-летки высотой 11–13 см) в количестве 10 шт [Брегман, Седова, 1989]. Отбор и обработка проб повторяется, пока на поверхности гонад не менее чем у 50% особей появятся вмятины, а максимальные значения гонадного индекса (21–24%) резко не понизятся. Установленная таким образом дата будет с точностью ± 2 дня являться датой начала массового нереста. В зал. Посъета (б. Миноносок) за период с 1975 по 1987 г. нерест гребешка начинался с 10 по 28 мая.

4. Е.А. Белогрудов и Н.М. Скоклеева [1983] строят свой прогноз, основываясь на том, что размножение гребешка, как и большинства донных животных, происходит при относительно постоянных температурах, сложившихся в преднерестовый период. На основании анализа температурных условий, сделанного ранее для б. Миноносок [Винокурова, Скоклеева, 1980], в уравнениях регрессии для расчета поверхностной температуры в бухте (T_0) в качестве исходной использовалась средняя температура воды между ГМС Посъет и Гамов (t_0), расположенных соответственно в закрытой бухте и в открытой части залива:

$$T_0 = 1.05\bar{t}_0 - 0.5 \pm 1,0 \text{ (для входной части б. Миноносок),} \quad (7)$$

$$T_0 = 1,021\bar{t}_0 \pm 0,65 \text{ (для средней части б. Миноносок).} \quad (8)$$

За исследуемый ряд лет (1971–1979 гг.) был построен график взаимосвязи между датами начала нереста и суммой среднемесячных температур за март–апрель (период активного гаметогенеза и преднерестовая стадия). В качестве среднемесячных температур брались средние между температурами ГМС Посъет и Гамов (рис. 2).

Как показывает график, между датами начала нереста и суммой среднемесячных температур наблюдается примерно обратная прямолинейная зависимость. Эта зависимость аппроксимируется уравнением:

$$D_{nn} = -0.92 \times \bar{t}_0 + 16.38, \quad (9)$$

где D_{nn} – дата начала нереста, t_0 – средняя температура воды на поверхности между ГМС Посъет и Гамов ($^{\circ}\text{C}$).

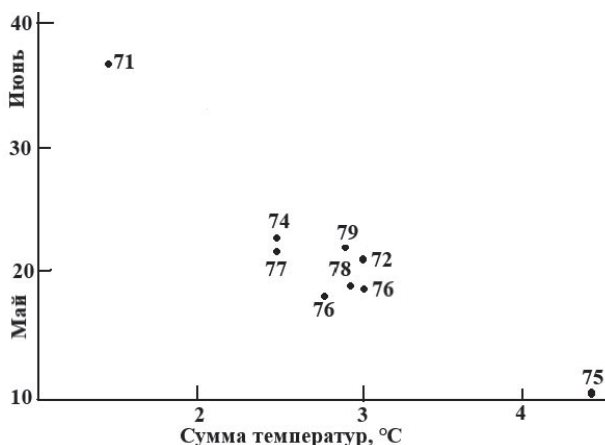


Рис. 2. График взаимосвязи между суммой средних месячных температур воды марта и апреля и датами начала нереста.

Fig. 2. Graph of relationship between the sum of the average monthly water temperatures of March and April and the start dates of spawning.

Проверка этой взаимосвязи действительно выявила высокую степень корреляции между этими параметрами ($r=-0.74$).

Согласно графику, годам, по термическим условиям близким к норме, соответствуют узкие диапазоны температур ($2.5-3.0^{\circ}\text{C}$) и дат (18–23 мая). Среднемноголетняя дата начала нереста за исследуемый период приходится на 20–21 мая.

Используя график взаимосвязи на основании суммы температур конкретного года можно с точностью до ± 2 дней предсказать дату нереста гребешка в б. Миноносок. В аномальные по термическому режиму годы, как в данном случае в холодном 1971 и теплом 1975 г., можно ожидать соответственно более позднего начала нереста при сумме температур меньше 2.0°C и более раннего – при сумме температур больше 4.0°C .

5. В.А. Раков [1977] сделал попытку применить метод биологического прогнозирования – метод номограмм, разработанный П.Г. Подольским [1967] для зерновых растений, на пойкилотермных животных (на примере тихоокеанской устрицы). Этот метод номограмм В.А. Раков применил для прогнозирования сроков оседания личинок устрицы в зал. Посъета и сделал вывод о пригодности его для этих целей.

Для расчета зависимости длительности созревания гонад от температуры воды использовался метод сумм эффективных температур, основанный на уравнении равносторонней гиперболы [Раков, 1977]:

$$d = \frac{Q}{t_{cp} - t_0}, \quad (10)$$

где d – длительность развития гонад, сут; t_{cp} – средняя температура за этот период, $^{\circ}\text{C}$; t_0 – биологический «0» данного вида: температура, ниже которой развитие гонад не происходит (физиологическая константа), $^{\circ}\text{C}$; Q – сумма градусо-дней, необходимая для созревания гонад данного вида (также биологическая константа), $^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, в уравнение входят две константы и две переменные (d и t), связанные обратно пропорциональной зависимостью, то есть, чем выше температура за период созревания гонад, тем короче этот период, и наоборот. Эта зависимость справедлива для культивируемых моллюсков, независимо от их биогеографической принадлежности. Этот же метод сумм эффективных температур, основанный на уравнении равносторонней гиперболы, В.А. Раков [1977, 1979] применил также для расчета продолжительности периода развития личинок устрицы. Для этого использовалось то же уравнение (формула 10), но там d – продолжительность периода развития личинок (сут); t_{cp} – средняя температура воды за этот период, $^{\circ}\text{C}$; Q – константная сумма эффективных температур $^{\circ}\text{C}$; t_0 – константный нижний порог эффективных температур, равный 18°C для зал. Петра Великого.

На основании взаимосвязи между динамикой численности личинок устрицы в планктоне и динамикой интенсивности оседания личинок на коллекторы В.А. Раков предлагает графический метод долгосрочного биологического прогнозирования путем построения номограмм для каждого конкретного района. Этот метод заключается в построении сетки среднепериодных температур или сетки тепловых ресурсов данного района залива. Графически решаются эмпирические уравнения, в которые входят характеристики тепловых ресурсов залива и тепловые потребности личинок. Уравнение тепловых ресурсов задается в виде линии, которая выражает закономерности изменения среднепериодной температуры воды в годовом цикле, в зависимости от продолжительности периодов, отчисляемых от единой даты. Линия среднепериодных температур воды обозначается этой датой. Разные исходные даты дают разные линии, которые, пересекаясь, образуют сетку среднепериодных температур или сетку тепловых ресурсов данного района залива.

При построении сетки тепловых ресурсов в зал. Посъета использовались среднепериодные температуры воды, вычисленные по среднедекадным многолетним данным поверхностной температуры воды на ГМС «Посъет». Номограмма получается при наложении на сетку тепловых ресурсов кривой продолжительности личиночного развития устриц в зависимости от температуры воды, выполненной в том же масштабе. Точки пересечения кривой развития личинок в планктоне и линии среднепериодных температур воды представляют собой даты оседания личинок устриц на коллекторы (рис. 3). Этот метод рекомендуется применять и для других моллюсков.

В последующем метод номограмм был применен для прогнозирования длительности созревания гонад и для приморского гребешка, и дал положительные результаты [Стенина, Раков, 1993]. Номограмма строилась для каждого конкретного года. Рассмотрим для примера 1972 г. На рис. 4 изображена сетка тепловых ресурсов б. Новгородская с кривой продолжительности созревания гонад приморского гребешка в зависимости от температуры.

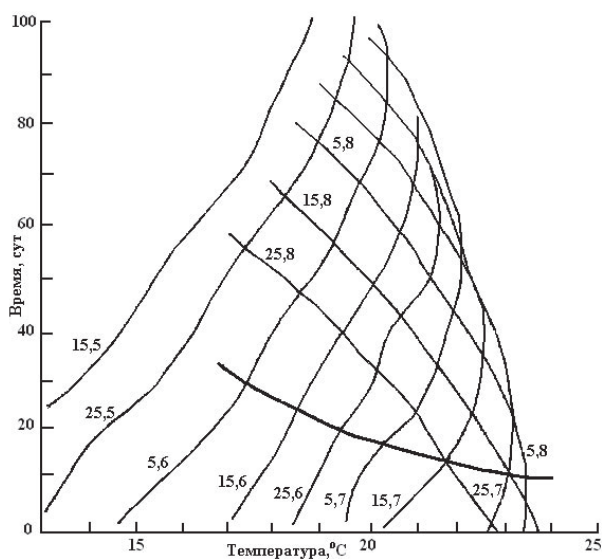


Рис. 3. Сетка термальных ресурсов зал. Посъета с кривой развития личинок тихоокеанской устрицы (номограмма) [Раков, 1977].

Fig. 3. A grid of thermal resources of waters of Possjet Bay and the curve line of development of larvae of the giant oyster *Crassostrea gigas* (nomogram) [Rakov, 1977].

Пр и м е р. Дата перехода через 0°C прилась в 1972 г. на 8-ю декаду. Находим на графике линию 8-й декады и точку пересечения ее с кривой развития гонад. Эта точка соответствует 60 сут на оси ординат, следовательно длительность созревания гонад, начавших развитие в 8-ю декаду, равна 60 сут, т.е. нерест ожидается через 135 сут ($75 + 60 = 135$) после начала развития, т.е. в 14-той декаде. Действительно, в 1972 г. нерест гребешка в б. Новгородская начался в 14-той декаде.

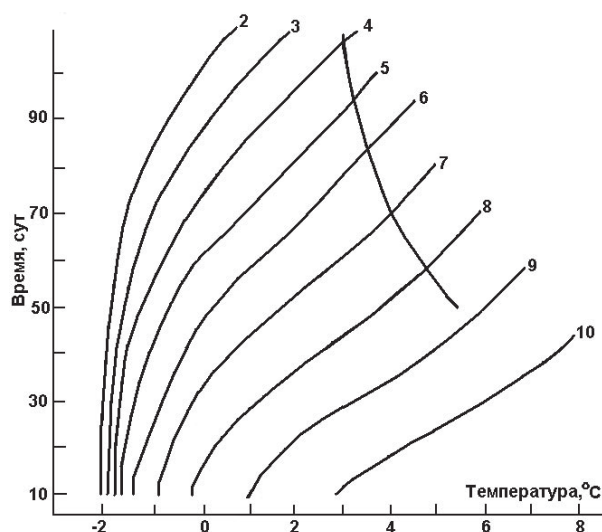


Рис. 4. Сетка термальных ресурсов зал. Посыета с кривой развития личинок приморского гребешка (номограмма для 1972 г.).

Fig. 4. A grid of thermal resources of waters of Possjet Bay and the curve line of development of larvae of the *Crassostrea gigas* (nomogram for 1972).

Также совпали даты нереста в 1970 и 1971 гг. В 1973 г. ошибка этого метода составила семь дней. Таким образом, из четырех рассмотренных случаев в трех нерест оказался предсказанным точно, поэтому можно рекомендовать прогнозировать начало нереста приморского гребешка с помощью графического метода номограмм.

6. Для определения начала нереста устрицы В.А. Раков [1977, 1979] предлагает уравнение регрессии, выражающее зависимость начала нереста устрицы от средней поверхностной температуры воды за период созревания гонад во второй фазе:

$$D_{nn} = -2.23 \times \bar{t}_0 + 23.2, \quad (11)$$

где D_{nn} – дата начала нереста; $\bar{t}_0$ – средняя поверхностная температура начала нереста устрицы в данном районе по многолетним наблюдениям.

Между параметрами выявлена высокая обратная взаимосвязь, коэффициент корреляции $r = -0.76$.

7. Для определения начала нереста приморского гребешка [Стенина, Раков, 1993] предлагается уравнение множественной корреляции, определяющее начало нереста:

$$D_{nn} = 11.9 + 0.14 \times h + 0.3 \times \bar{t}_0 - 0.7 \times \bar{t}_2, \quad (12)$$

где D_{nn} – дата начала нереста; h – глубина, на которой находится популяция, м; $\bar{t}_0$ – средняя поверхностная температура начала нереста приморского гребешка в данном районе по многолетним наблюдениям, $^{\circ}\text{C}$; $\bar{t}_2$ – средняя поверхностная

температура воды за два преднерестовых месяца (март–апрель) в данном районе в конкретный год, °C.

На рис. 5 приведены графики начала нереста приморского гребешка (1) и тихоокеанской устрицы (2), очевидно, что между ними существует тесная взаимосвязь, графики синхронны.

8. Используя постулат, что годовые изменения сроков нереста зависят от температуры воды и могут определяться по кумулятивной температуре, японский ученый К. Мару [Maru, 1985] предложил определять дату начала нереста по суммированию градусодней от точки перехода температуры воды через 2.2°C после 1 апреля до величины 285°C. Дата, на которую приходится эта сумма, и будет датой начала нереста. Суммируется среднесуточная (осредненная по четырехсрочным наблюдениям) температура воды. Также подмечено, что начало нереста гребешка совпадает с началом цветения сакуры.

Прогнозирование сроков и ожидаемой интенсивности оседания личинок (или плотности спата) гребешка

1. За срок сбора спата К. Мару [Maru, 1985] принимает дату, наступающую через 100 дней после пика нереста. Ожидаемая плотность осевшего спата рассчитывается по уравнению регрессии в зависимости от максимальной численности личинок в планктоне, имеющих размеры раковины более 200 мкм.

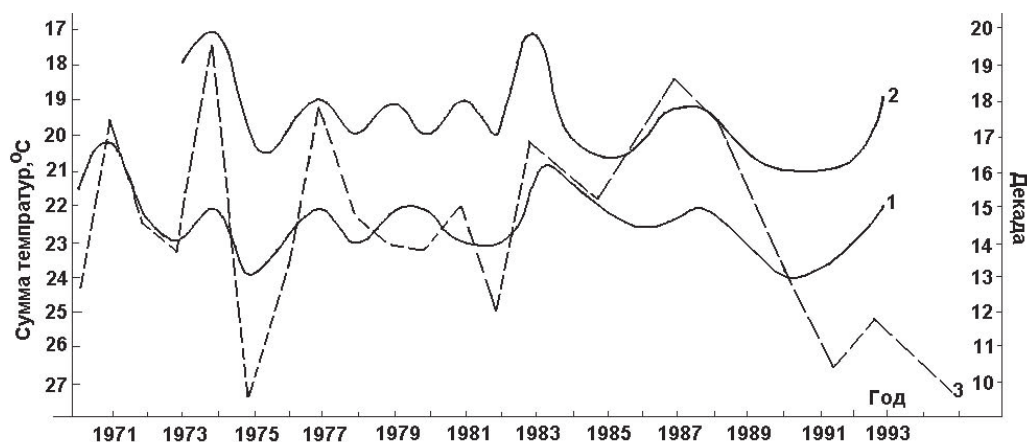


Рис. 5. Зависимость начала нереста приморского гребешка и тихоокеанской устрицы в зал. Петра Великого от суммы поверхностных температур (март–июнь): 1 – начало нереста приморского гребешка; 2 – начало нереста тихоокеанской устрицы; 3 – сумма поверхностных температур за период с марта по июнь.

Fig. 5. Dependence of start of spawning of the Japanese scallop and Pacific (giant) oyster in Peter the Great Bay on the sum of sea surface temperatures (March–June): 1 – beginning of spawning of the Japanese scallop; 2 – beginning of spawning of the Pacific oyster; 3 – sum of sea surface temperatures for the period from March to June.

2. Е.А. Белогрудовым установлено, что развитие личинок в планктоне от начала нереста гребешка до их оседания длится 22–30 дней, причем от начала нереста до появления личинок размером 150 мкм проходит 14–22 дня, а до оседания (до 250–275 мкм) они растут еще 7–10 дней [Белогрудов, Скоклёнова, 1983]. Как видно из рис. 6, амплитуда сроков развития личинок до 150 мкм значительно больше (до 8 дней), чем от 150 до 275 мкм (3 дня), поэтому прогнозировать сроки выставления коллекторов желательно по второму периоду роста личинок и устанавливать коллекторы в зал. Посыета необходимо в этот же промежуток времени.

3. Ю.Э. Брегман с соавт. [1987] предложили методику прогноза плотности спата заблаговременностью 20–30 сут, основанную на использовании выявленной ранее [Брегман, Шаповалова (Гайко), 1986] взаимосвязи между плотностью спата (P , экз./колл. – сетной мешочек) и длительностью ледового периода от даты начала ледообразования до даты полного очищения ото льда (L , сут) накануне прогноза; суммой среднесуточных температур воды на поверхности в период от даты устойчивого перехода поверхностной температуры воды через 0°C до начала массового нереста гребешка ($Q_1, ^{\circ}\text{C}$). Длительность ледового периода, используемая в прогностических уравнениях [Брегман, Седова, 1989], определялась от даты устойчивого покрытия льдом всей акватории до даты полного выноса льда. Дата устойчивого перехода поверхностной температуры воды через 0°C ¹ рассчитывалась по данным ГМС «Посыет» (в южном Приморье этот переход происходит во второй половине марта – в первой декаде апреля). Сумма температур для каждого установленного периода времени определялась простым сложением среднесуточных температур воды на поверхности выбранной бухты.

По результатам обработки исходных данных (1975–1986 гг.) наибольшее влияние на плотность спата гребешка (P) оказывает сумма градусодней в I периоде ($Q_1, ^{\circ}\text{C}$):

$$P = 5.189Q_1 - (1221.83 \pm 53.51); r=0.790, \quad (13)$$

меньшее влияние оказывает длительность ледового периода (L , сут):

$$P = (3728.6 \pm 702) - 23.15L; r=0.594, \quad (14)$$

и незначительно влияет вариабельность температуры воды на поверхности (V_1) в тот же период, $r=-0.106$.

¹ Дата устойчивого перехода поверхностной температуры воды через 0°C рассчитывается следующим образом. Исследуется ряд срочных (измеренных в срок наблюдений) данных температуры воды, начиная с марта месяца, пока не выявится положительная температура. Далее, как правило, идет чередование положительных и отрицательных температур. Суммируются все, идущие последовательно, положительные и отрицательные температуры, и та дата, начиная с которой абсолютная сумма положительных температур превысит абсолютную сумму отрицательных, принимается за дату устойчивого перехода поверхностной температуры воды через 0°C весной. Например, ... -0.2°C , $+0.4^{\circ}\text{C}$, 0.0°C , $+0.3^{\circ}\text{C}$, -0.5°C , -0.2°C , -0.1°C , $+0.3^{\circ}\text{C}$, $+0.1^{\circ}\text{C}$, -0.1°C , -0.4°C , $+0.2^{\circ}\text{C}$, $+0.4^{\circ}\text{C}$, $+0.3^{\circ}\text{C}$, -0.1°C , $+0.5^{\circ}\text{C}$, + ... Суммируем: $\sum|+0.7^{\circ}\text{C}| < \sum|-0.8^{\circ}\text{C}| > \sum|+0.4^{\circ}\text{C}| < \sum|-0.5^{\circ}\text{C}| < \sum|+0.9^{\circ}\text{C}| > \sum|-0.1^{\circ}\text{C}| < \sum|+0.5^{\circ}\text{C}|$... Дата, когда температура составила 0.2°C (из $\sum+0.9^{\circ}\text{C}$), принимается за дату устойчивого перехода температуры воды через 0°C весной.

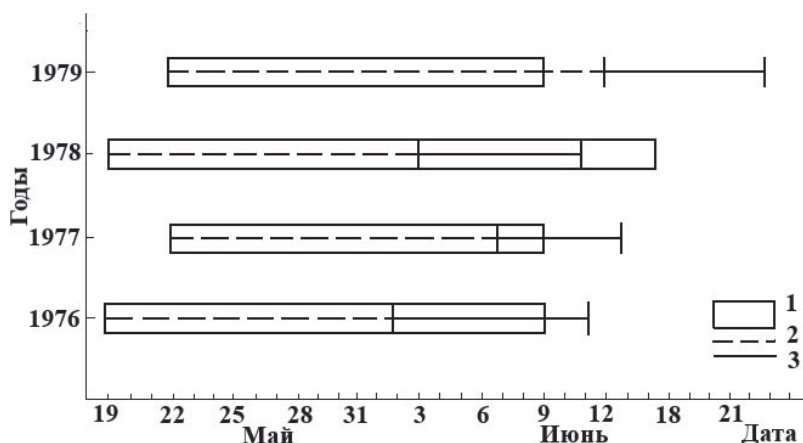


Рис. 6. Сроки нереста приморского гребешка (1), роста и развития его личинок в планктоне от начала нереста до размеров 150 мкм (2) и от 150 мкм до 250–275 мкм (3).

Fig. 6. Terms of spawning of the Japanese scallop (1), growth and development of its larvae in plankton from the beginning of spawning to the sizes of 150 microns (2) and from 150 microns to 250–275 microns (3).

Во II периоде, наоборот, вариабельность температуры воды (V_2) оказывает сильный обратный эффект на урожайность:

$$P = (1222.8 \pm 71.4) - 72.4V_2; r = -0.722. \quad (15)$$

Достаточно велико совместное влияние суммы градусодней и вариабельности температуры во II периоде:

$$P = -0.45Q_2 - 69.32V_2 + 1367.5; r = 0.730. \quad (16)$$

Но наибольший эффект на плотность спата оказывает совместное действие длительности ледового периода и суммы градусодней в I периоде ($r = 0.824$).

Заблаговременный прогноз плотности спата основан на использовании выявленной взаимосвязи между искомой величиной – P , экз./колл. (сетный мешочек) и длительностью ледового периода (L , сут) накануне прогноза, суммой среднесуточных температур воды на поверхности в период от даты устойчивого перехода температуры воды через 0°C до начала массового нереста гребешка ($Q_1, ^\circ\text{C}$) [Временная инструкция..., 1989]. Определение прогнозируемой плотности спата ведется по уравнению:

$$P = 4.32Q_1 - 10.48L + 581.44; r = 0.824. \quad (17)$$

Прогноз дается с 50%-ой ошибкой ($P \pm 0.5P$). Определение необходимого количества коллекторов определяется путем деления значения общего заплани-

рованного сбора спата на его прогнозируемую плотность. Например, если план составляет 30 млн экз., а плотность ожидается равной 200 экз./колл., необходимо выставить $30 \times 10^6 : 200 = 15 \times 10^4$ коллекторов.

Примеры прогнозирования плотности спата в б. Миноносок, зал. Посыета:

Пример 1. 1976 г.

1. $L=138$ сут.
 2. Дата устойчивого перехода температуры воды через 0°C – 12.03.1976 г.
 3. Дата начала массового нереста – 19.05.1976 г.
 4. Сумма среднесуточных температур воды с 12.03 по 19.05 – $Q_1=326.3^\circ\text{C}$.
- Подставляем значения L и Q_1 в уравнение 17 и получаем:

$$P = 4.3 \times 326.3 - 10.5 \times 138 + 581.4 = 535.5 \text{ (экз./колл.)},$$

50% от 535.5 составляет 268 экз./колл., таким образом, ожидаемая плотность спата равна 535.5 ± 268 экз./колл. Фактическая плотность составила в среднем 550 экз./колл.

Пример 2. 1983 г.

1. $L=136$ сут.
2. 20.03.1983.
3. 20.05.1983.
4. $Q_1=386.9^\circ\text{C}$.

$$P = 4.3 \times 386.9 - 10.5 \times 135 + 581.4 = 827.6 \text{ (экз./колл.)}.$$

Ожидаемая плотность спата равна 827.6 ± 414 экз./колл. Фактическая плотность спата составила 1030 экз./колл.

Сравнение рассчитанных по формулам 13, 14, 15, 16 и 17 значений и средней фактической плотностью спата по годам на коллекторах в б. Миноносок позволяет выделить урожайные годы и прогнозировать количество осевшего спата (см. таблицу). Наиболее близкое значение к ожидаемому количеству спата дает прогнозирование по сумме градусодней, накопленных в I период (формула 13). Данную величину можно уточнить по значениям вариабельности температуры во II периоде, что видно из средних значений, полученных по уравнениям 13 и 15 (см. таблицу), но это снижает заблаговременность прогноза. Отмечается сильное расхождение значений фактической и теоретической плотности спата в 1975 и 1980 гг. В первом случае несоответствие объяснить затруднительно, а в 1980 г. в июне–июле было отмечено необычайно сильное цветение ночесветки, что, несомненно, вызвало повышенную смертность личинок гребешка из-за пищевой конкуренции и нарушения химизма воды.

Таким образом, на основании регрессионного анализа было выявлено, что наибольшее влияние на плотность спата гребешка оказывает сумма градусодней за первый период ($r=0.79$), меньшее – длительность ледового периода ($r=0.59$) и незначительно влияет варьирование температуры воды на поверхности в I период ($r=-0.11$) [Временная инструкция..., 1989]. Во втором периоде значительный

Расчетные и фактические плотности спата приморского гребешка (P , экз./колл.)
в б. Миноносок (зал. Посьета)
Calculated and actual densities of the Japanese scallop spat (P , ind./collector)
in Minonosok Inlet (Possjet Bay)

Годы	P	Плотность спата расчетная					P_{cp}
		I период			II период		
		13	14	17	15	16	
1975	50	394±54	140±71	302	165±72	86	280±63
1976	550	471±53	534±70	545	245±72	243	358±62
1977	450	478±52	48±70	332	397±72	414	438±62
1978	150	145±54	256±70	147	542±72	531	344±62
1979	510	530±54	395±70	531	332±72	316	431±62
1980	20	224±53	256±70	213	224±71	217	224±62
1981	330	193±54	349±70	229	303±72	328	248±62
1982	160	350±53	418±70	392	43±71	69	197±62
1983	1030	789±57	603±71	838	846±72	840	817±64
1984	150	-33±53	71±70	-85	303±72	338	135±62
1985	80	106±53	371±71	167	—	—	—
1986	318	152±53	349±70	195	—	—	—
1987	9	771±53	438±70	774	—	—	—

Примечание. P – фактическая средняя плотность спата, экз./колл.; 13, 14, 17, 15, 16 – номера формул; P_{cp} – средняя плотность спата по уравнениям 13 и 15, экз./колл.; I период – преднерестовый период; II период – период нереста.

Note. P – actual average density of spat, ind./collector; 13, 14, 17, 15, 16 – numbers of formulas; P_{cp} – average density of spat on based on formulas 13 and 15, ind./collector; I period – the pre-spawning period; II period – period of spawning.

обратный эффект оказывает варьирование температуры воды ($r=-0.72$), достаточно велико совместное влияние суммы градусодней и варьирование температуры во втором периоде ($r=0.73$). Но наибольший эффект на плотность спата оказывает совместное действие длительности ледового периода и суммы градусодней за первый период ($r=0.82$).

Заблаговременность прогноза можно увеличить, разработав методику прогнозирования хода температуры воды.

4. Д.Д. Габаев [1990] предложил составлять прогноз будущей численности молоди гребешка на коллекторах по количеству ледовых дней в мелководных заливах. Уравнение, характеризующее влияние продолжительности ледовых дней на численность молоди гребешка, имеет вид:

$$P = 25.2L - 2454.1; r=0.83; p<0.001, \quad (18)$$

где L – количество ледовых дней, определяется от даты устойчивого покрытия льдом всей акватории до даты полного выноса льда, сут; P – численность молоди приморского гребешка на коллекторах, экз./м².

На основании прогноза для получения оптимального количества осевших личинок предлагается принимать решение о способах и сроках установки коллекторов.

5. Е.А. Белогрудов [1981] учитывая, что наибольшее значение для нереста гребешка имеет тенденция сумм температур в последние два месяца перед нерестом (апрель–май), сделал попытку выяснить причины «урожайных» и «неурожайных» лет за период с 1970 по 1980 г. Анализ графиков (рис. 7) показал, что если сумма температур в мае перед нерестом больше, чем в апреле, то год будет «урожайным», если равна ей или незначительно больше – «среднеурожайным» (1974, 1978 гг.). Наименьшее количество спата отмечается в годы, когда сумма температур в мае меньше, чем в апреле (1975 г.). При такой ситуации количество личинок и спата зависит от «качества» нереста [Ito et al., 1975]. В этом случае возможен неполный вымет половых продуктов, нерест незрелыми половыми продуктами или появление нежизнеспособных личинок (1978 г.). Но для 1980 г. данный прогноз не оправдался. Нерест прошел в сжатые сроки, близкие к средне-многолетним и характеризовался как полноценный. Этот год прогнозировался как среднеурожайный (между 1974 и 1978 гг.), аномалий в ходе температуры в период развития личинок не наблюдалось. Однако в данном году количество личинок в планктоне и спата на коллекторах было минимальным за все годы. Причем, такое же количество личинок и спата отмечалось и в бухтах Алексева и Северной.

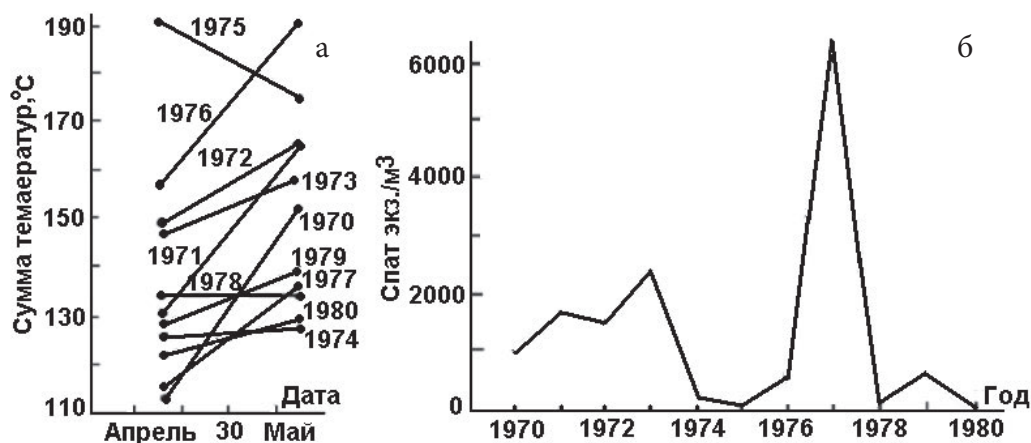


Рис. 7. Сумма температур перед нерестом приморского гребешка (а) и количество спата на коллекторах (б).

Fig. 7. The sum of temperatures before spawning of the Japanese scallop (а) and the number of spat on collectors (б).

Кроме того, в этот год зарегистрирована самая низкая численность личинок устриц на ранних стадиях развития, которые так и не доросли до стадии оседания. Отмечено также снижение численности личинок и спата мидии съедобной. Названные виды моллюсков экологически отличаются от гребешка, и одна лишь температура воды не могла влиять на всех однозначным образом. Есть предположение, что какой-то неблагоприятный сдвиг в среде обитания произошел из-за необычайно интенсивного развития в планктоне ночесветки *Noctiluca* sp., которая также необычно долго (с апреля до августа) образовывала высокие концентрации в большинстве районов зал. Петра Великого. В зал. Восток, где ночесветка отсутствовала, количество спата гребешка составило 250 экз./колл. Это говорит о том, что хотя температура воды и является важнейшим фактором для нормального течения репродуктивного цикла, но не всегда служит единственной причиной, что диктует необходимость изучения влияния и других факторов среды.

6. Краткосрочное прогнозирование плотности спата может осуществляться по эмпирической зависимости между максимальной численностью в планктоне личинок гребешка и плотностью спата на коллекторах. Наблюдения за развитием и динамикой численности личинок моллюсков в планктоне является наиболее точным способом прогнозирования. Между максимальной численностью личинок в планктоне и плотностью спата на коллекторах японскими учеными С. Ито и др. [Ito et al., 1975] была выявлена прямолинейная зависимость. Ими был построен график связи между количеством личинок в планктоне размером от 200 мкм и выше (когда их более 50% от общей численности) и количеством спата на коллекторах. Для условий зал. Посыета такая же зависимость была построена Е.А. Белогрудовым [1981]. При этом учитывались только личинки в стадии оседания (250–275 мкм), так как в период развития отмечается довольно высокая смертность. Отбор проб планктона производился через 10–14 сут после начала нереста ежедневно. При наличии в планктоне личинок размером 250–275 мкм

в количестве 25–30 экз./м³ на коллектор оседает от 200 до 500 экз. спата, при 100–150 экз./м³ – от 600 до 900–1000 экз. спата. Ожидаемая плотность спата определяется по графику (рис. 8).

Пример краткосрочного прогнозирования. Максимальная численность великонхов составляет 100 экз./м³. Откладывая эту величину по линии абсцисс (рис. 8), строим перпендикуляр до пересечения с прямой, по линии ординат определяем количество ожидаемого спата. В данном примере оно составляет около 600 экз./колл.

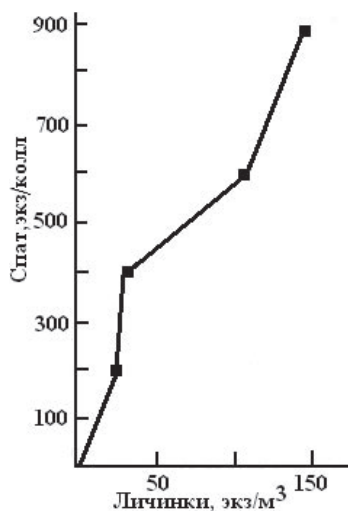


Рис. 8. Связь между количеством личинок гребешка в планктоне размером 250–275 мкм и количеством спата на коллекторах.

Fig. 8. The relationship between the number of the Japanese scallop larvae in plankton with a size of 250 to 275 μ m and the number of spat on collectors.

Теоретическое обоснование схемы прогноза

1. Сопоставление данных о сумме температур, динамике и качества нереста, динамике численности личинок с привлечением дополнительных сведений о других элементах окружающей среды, позволяют прогнозировать урожайные и неурожайные годы. На основании своих исследований Е.А. Белогрудов [1987] предлагает следующую схему прогноза, представленную на рис. 9.



Рис. 9. Блок-схема прогнозирования сроков установки коллекторов и ожидаемого количества спата [Белогрудов, 1980].

Fig. 9. The block diagram of prediction timing for installation of collectors and the expected number of spat [Belogrudov, 1980].

2. Схема прогнозирования сроков установки коллекторов и ожидаемого количества спата, предложенная Ю.Э. Брегманом и др. [1987], состоит в следующем:

1) В конце марта – начале апреля, то есть за 2 месяца до выставления коллекторов, дается прогноз сроков установки коллекторов по длительности ледового периода.

2) В конце мая – начале июня, то есть с месячной заблаговременностью, прогнозируется ожидаемое количество спата. Прогноз составляется следующим образом:

- от даты перехода поверхностной температуры воды через 0°C отсчитываются 42 и 66 суток (возможные крайние сроки начала нереста гребешка);
- по наблюдениям за динамикой *ГИ* и внешним видом гонад уточняются эти сроки;
- оценивается качество половых продуктов;
- рассчитывается сумма градусодней для первого периода;
- находится ожидаемая плотность спата.

3) В самом начале массового оседания личинок гребешка (середина–конец июня) необходимо определить сумму градусодней и коэффициент вариации температуры воды для второго периода, а затем рассчитать ожидаемую плотность спата. Заблаговременность такого прогноза 3–5 дней.

4) С этой же заблаговременностью прогноз можно дать и по графику Е.А. Белогрудова [Белогрудов, Скоклёнева, 1983] (см. рис. 8).

Обсуждение и рекомендации

Таким образом, рассмотренный выше подход к прогнозированию плотности спата приморского гребешка основывается на выявлении эмпирических зависимостей между различными биологическими (качество половых продуктов, величина гонадного индекса, количество личинок в планктоне) и гидротермальными (поверхностная температура воды, сумма градусодней, ледовые характеристики) показателями. Стоит отметить, что применение этих методик экономически обосновано в небольших фермерских марихозяйствах, и действительно может дать положительные результаты. Но для крупных хозяйств марикультуры использование только этих методик не позволит составлять прогнозы с большой заблаговременностью. Также надо иметь в виду, что в смежных областях, при прогнозировании промысловой обстановки и запасов биоресурсов, давно с успехом используются различные гидрометеорологические и космофизические предикторы. Так, например, для долгосрочного прогнозирования миграции сайры В.Ф. Воронина с соавт. рассматривала атмосферные процессы в предшествующие периоды года [Воронина, Павлычев, 1984]. Для оценки возможных изменений биоценоза мидии в Азовском море (средний возраст 5–6 лет) в качестве предикторов использованы средняя скорость ветра в летнее время, средняя за год площадь акватории с высокой соленостью, сумма температур воды в весенне-летний период, среднегодовая соленость моря за предшествующие пять лет и среднегодовой сток рек в предшествующие десять лет [Закутский и др., 1987]. В другой работе [Земская, Ревина, 1987] указано, что при промысловом прогнозировании большое значение имеют выявленные связи и цикличность между атмосферными, океанологическими и биологическими процессами. Для построения адаптивно-обучающейся модели долгосрочного прогнозирования состояния запасов черноморской хамсы [Васильев, Коробов, 1987] в качестве предикторов были выбраны солнечная активность, типы и индексы атмосферной циркуляции, колебания уровня моря, атмосферное давление, водность рек, поверхностная температура воды, глубина верхней границы сероводородной зоны, объемы вылова. С.Ю. Глебова [1988] связывает колебания численности дальневосточной сардины с изменчивостью синоптической ситуации над Восточной Азией. Ю.В. Новиков и С.Ю. Шершенков [1988] для краткосрочного прогнозирования вылова дальневосточной сардины в качестве предикторов используют метеорологические параметры (температуру воздуха, атмосферное давление, влажность и скорость ветра), осредненные по периодам элементарных синоптических процессов и естественным синоптическим периодам. В работе Л.Б. Кляшторина и Н.С. Сидоренкова [1996] в качестве предикторов, влияющих на флуктуацию численности пелагических рыб Пацифики, рассматриваются: глобальная и полушарная (Северное полушарие) средняя температура воздуха у поверхности Земли; изменение частот атмосферной циркуляции по Г.Я. Вангенгейму (ЧФА); индекс Алеутского минимума атмосферного давления (ALP-индекс) и скорость вращения Земли (индекс СВЗ).

Однако, по мнению некоторых отечественных и зарубежных авторов [Жирмунский, Левин, 1986; Magu, 1985] в обозримом будущем не представляется возможным прогнозировать влияние гидрологических и метеорологических изменений на колебание численности личинок и молоди приморского гребешка, с чем мы позволим себе не согласиться. Настало время смены парадигм, новая методология должна базироваться на моделировании причинно-следственных связей между гидрометеорологическими условиями и продуктивностью марихозяйств, т.е. необходимо соединение описательного гидробиологического подхода и агрометеорологического, с присущей ему комплексностью и глубиной анализа явлений и процессов на количественной основе. Основными методами, с помощью которых ведутся разработки прогностических моделей «погода-урожай» в сельском хозяйстве, являются статистические, динамико-статистические, физико-статистические и синоптико-статистические [Свинухов, 1977; Плотников, Якунин, 1980; Журавлева, 1981; Жуковский, 1981; Жуковский и др., 1990; Титов, 1993]. Статистические методы прогноза основаны на оценке как синхронных, так и асинхронных корреляционных зависимостей между значениями различных гидрометеорологических и гелиофизическими параметрами. Синоптико-статистический метод прогноза урожайности сельскохозяйственных культур разрабатывался на основе методов долгосрочных прогнозов погоды. Так как при составлении долгосрочных прогнозов погоды учитывается множество факторов, являющихся источниками долговременных аномалий погоды, то целесообразно строить многопараметрические схемы, которые включали бы наиболее значимые из них.

В работе Ю.И. Чиркова и Н.М. Пестеревой [1990] указывается, что механизм формирования климатических особенностей следует рассматривать как некую разрывную автоколебательную систему с непериодическим внешним воздействием, которая регулируется крупномасштабными атмосферными процессами, такими как циркумполярный вихрь (ЦПВ). Основным фактором, влияющим на развитие физических процессов в незамкнутой системе атмосфера – подстилающая поверхность, по мнению авторов, является атмосфера (циркуляция на нижнем уровне стратосферы), но также решающую роль играют и такие факторы, как тепловое влияние океана, влияние извержений вулканов, явления Эль-Ниньо, космические воздействия и другие причины, которые могут сказываться на характере связи между положением ЦПВ летом и последующей осенью.

Но в долгосрочном прогнозировании урожаев, помимо погодных условий, необходим учет и факторов, связанных с биологическими особенностями культуры и технологией выращивания [Чирков, Пестерева, 1990]. При использовании этих методов применительно к агрометеорологии необходимо учитывать реально существующие связи между погодой, особенностями атмосферной циркуляции и состоянием подстилающей поверхности в предшествующий период с одной стороны и урожайностью сельскохозяйственных культур, формирующейся под влиянием этих условий, с другой стороны [Пасов, 1971]. Эти методы позволяют

составлять прогнозы урожайности различной заблаговременности, в том числе и до сева, и в тех случаях, когда отсутствует информация о метеорологических и биометрических показателях, используемых, как правило, в качестве предикторов.

Временной ряд урожайности, как в сельскохозяйственном производстве, так и в марикультуре, является нестационарным, т.к. колебания урожайности обусловлены уровнем агротехники, долгопериодными колебаниями климата и т.п. Как любой нестационарный процесс он может быть представлен в виде суммы двух основных составляющих – неслучайной и случайной. Известный агрометеоролог А.Н. Полевой [1988] предложил в качестве неслучайной составляющей ряда урожайности (E_t) использовать трендовую, обусловленную культурой агротехники и долгопериодными колебаниями климата; а в качестве случайной составляющей урожайности (ΔP_t) – отклонения урожая от тренда, обусловленные, преимущественно, погодой конкретного года (t):

$$P_t = E_t \pm \Delta P_t. \quad (19)$$

Это предположение легло в основу разработанного нами метода долгосрочного прогноза урожайности гребешка. Сложные процессы взаимодействия океана и атмосферы над Дальним Востоком приводят к формированию определенного погодного режима в Приморье и, в частности, в районах расположения хозяйств марикультуры. Подобный подход применительно к марикультуре (для прогноза урожайности гребешка) был применен автором впервые [Гайко, 2006]. За основу была взята трехуровневая модель прогноза урожая риса [Чирков, Пестерева, 1990]. В качестве схемы долгосрочного прогноза урожая моллюсков (ΔP) была принята разработанная автором модель прогноза, учитывающая одновременно состояние морской среды, подстилающей поверхности, тропосферную циркуляцию, циркуляцию в стратосфере и гелиофизические факторы [Гайко, 2006]. С учетом этих факторов модель прогноза имеет следующий вид:

$$\Delta P = a_1 (A_1, A_2) + a_2 B + a_3 (C_1, C_2, C_3) + a_4, \quad (20)$$

где a_1, a_2, a_3 и a_4 – коэффициенты уравнения; A_1, A_2 – предикторы, учитывающие гелио-физические факторы и циркуляцию стратосферы; B – предикторы, учитывающие циркуляцию тропосферы; C_1, C_2, C_3 – предикторы, учитывающие особенности приземного состояния атмосферы над поверхностью того района, по которому прогнозируется урожай; особенности состояния подстилающей поверхности данного района; биологические особенности объекта культивирования.

Схемы прогноза строились для марихозяйства, расположенного в б. Миноносек, зал. Посъета. На основании анализа особенностей гидрометеорологического режима акватории зал. Посъета, термогалинных условий различных периодов годового цикла развития гребешка, литературного анализа абиотических факторов, влияющих на приморский гребешок, и с учетом того, что прогностическая схема должна быть многоуровневой, был проведен качественный отбор возможных предсказателей. Полученные предикторы были сгруппированы по группам:

Группа I (А) – космофизические: солнечная активность (числа Вольфа), солнечные и лунные затмения, солнечное сияние; *циркуляция стратосферы:* положение и интенсивность циркумполярного вихря.

Группа II (В) – синоптические: формы атмосферной циркуляции, типы синоптических процессов.

Группа III (С) – метеорологические: аномалии температуры воздуха, давление воздуха, сумма атмосферных осадков за весенне-летний период, скорость ветра, число дней с различными типами погоды; *гидрологические:* аномалии поверхностной температуры и солености морской воды, продолжительность ледового периода; *биологические:* продолжительность периодов жизненного циклов гребешка (периоды нереста, оседания личинок, гаметогенеза); термогалинные характеристики этих периодов; *комплексные:* сумма градусодней воды за отдельные месяцы, разность температур воды и воздуха в теплый и холодный периоды, а также по отдельным месяцам; коэффициенты вариации; суммы градусодней и значений солености, т.е. суммы среднесуточных значений элементов для каждого из четырех периода от даты начала периода до даты его окончания.

Блок-схема физико-статистического прогноза урожайности спата приморского гребешка представлена на рис. 10. Блок-схема состоит из блока исходной информации, блока преобразования и блока прогноза. Основные положения исследования изложены в работе автора [Гайко, 2006].

Для создания конкретной прогностической физико-статистической модели и расчетного способа прогноза урожайности, например, спата приморского гребешка, необходимо выполнить следующие этапы:

- выявить особенности влияния факторов внешней среды (гелио-физические факторы, атмосферная циркуляция, тепло- и солесодержание подстилающей поверхности и др.) на преднерестовый, нерестовый и личиночный периоды в годы с высоким и низким урожаями;
- провести формализацию представленной схемы прогноза;
- проверить работу схемы на фактическом материале;
- проанализировать результаты и отобрать оптимальные схемы прогноза.

Поскольку алгоритм схемы прогноза основан на статистических методах с учетом гелиофизических, синоптических и гидрометеорологических особенностей, то правильнее её назвать физико-синоптико-статистической.

Основой для принятия решений в хозяйствах марикультуры (определение сроков выставления и количества коллекторов, притапливание установок и т.д.) могут являться долгосрочные прогнозы погоды, прогнозы урожайности моллюсков и специализированные (связанные с биологическими параметрами) прогнозы.

Для наглядности и маневренности в принятии решений согласно полученным прогнозам рекомендуется составлять гидрометеоролого-технологические схемы (рис. 11).

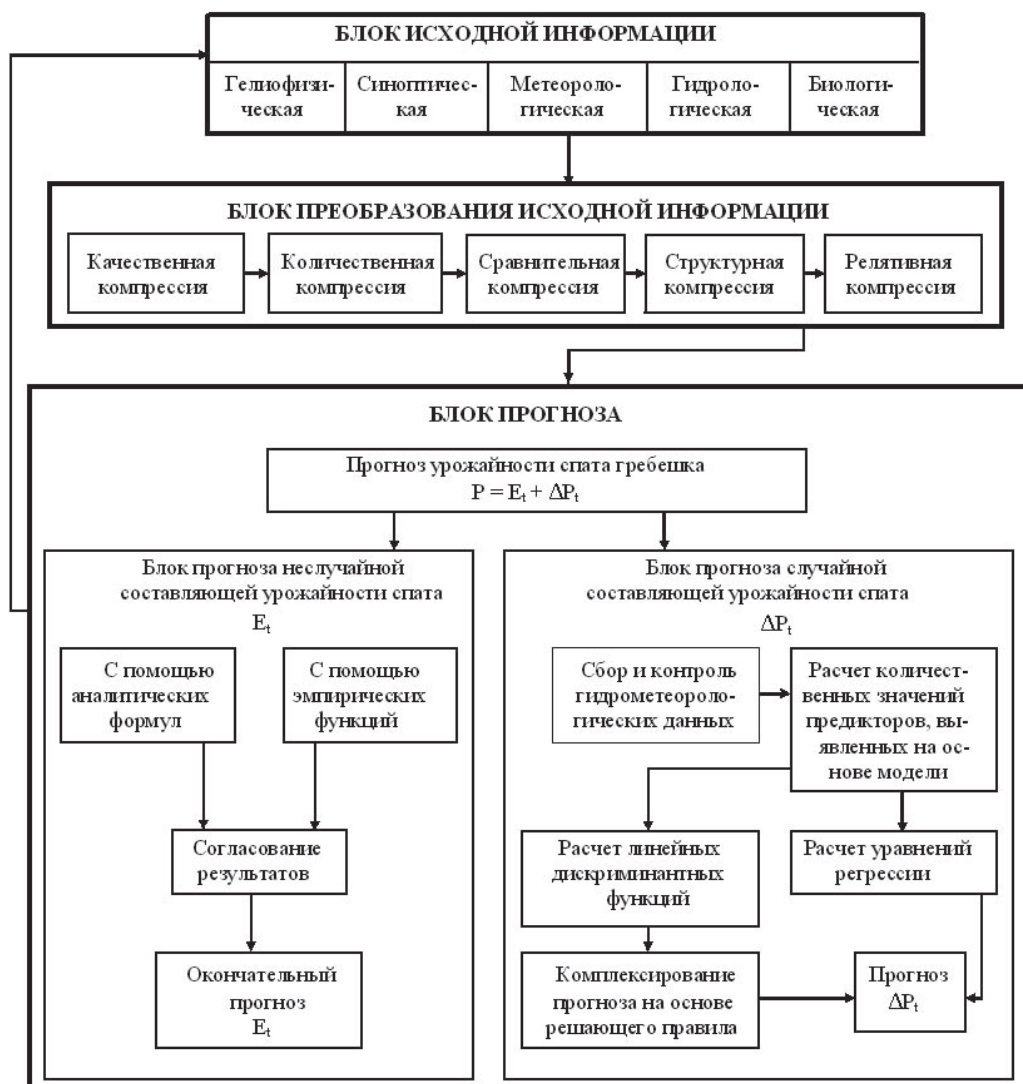


Рис. 10. Блок-схема физико-статистического прогноза урожайности спата приморского гребешка.

Fig. 10. The block diagram of physical-statistical forecast of yield of spat of the Japanese scallop.

Важным прикладным направлением морской агрометеорологии является создание систем различного уровня для информационного обслуживания мари-хозяйств, составление гидрометеоролого-технологических блок-схем хозяйственных решений [Жуковский, 1981], гидрометеорологических прогнозов различной заблаговременности (до 9 месяцев), необходимых для их принятия, и рекомендации по выбору хозяйственных решений, связанных с производством приморского гребешка.

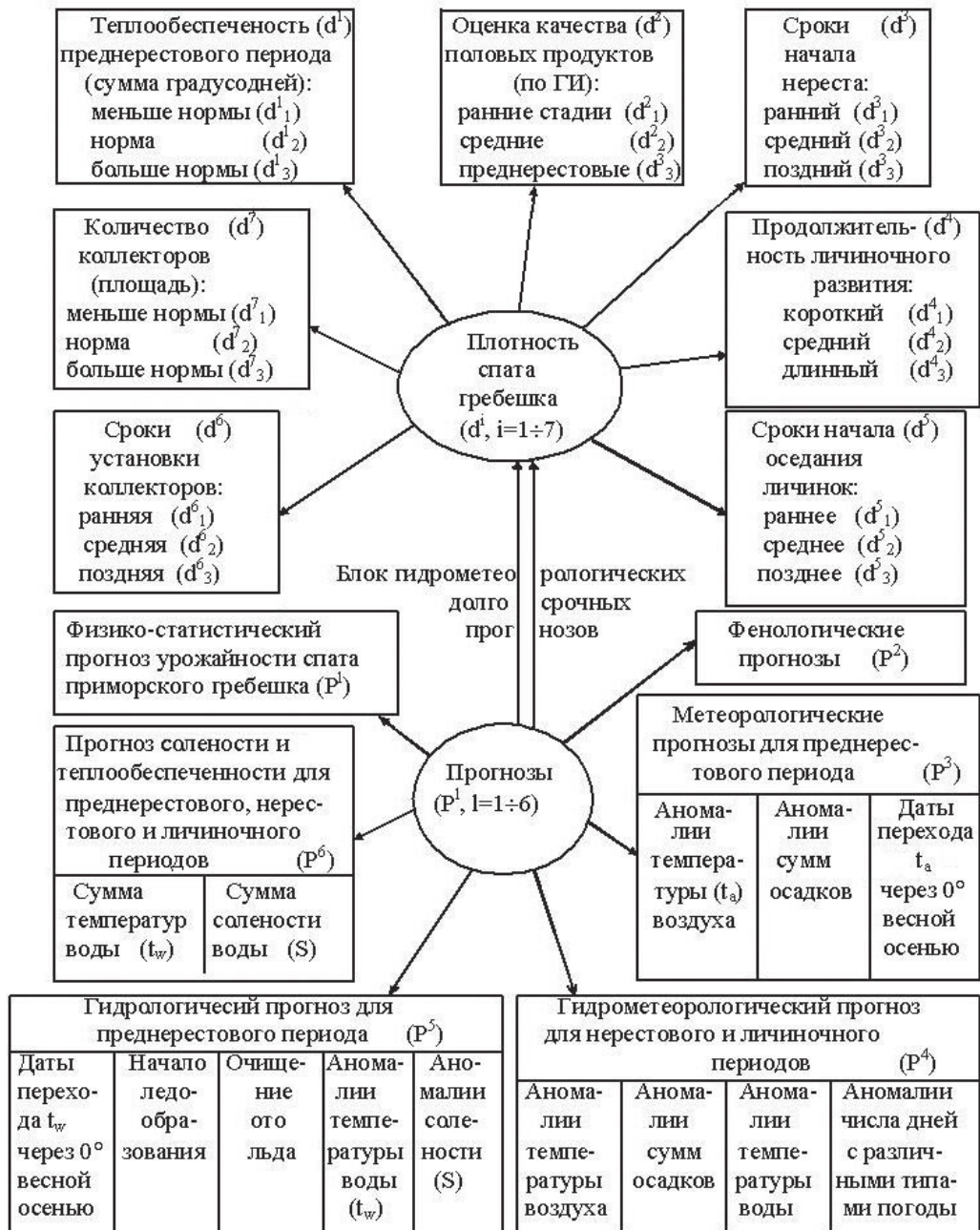


Рис. 11. Гидрометеоролого-технологическая блок-схема хозяйственных решений (dⁱ) и гидрометеорологических долгосрочных прогнозов (Pⁱ), необходимых для их принятия.

Fig. 11. Hydrometeorological-technological block diagram of economic decisions (dⁱ) and hydrometeorological long-term forecasts (Pⁱ) necessary for their adoption.

Таким образом, применение методов агрометеорологии к марикультуре представляется обоснованным и прогрессивным. Морское направление агрометеорологии изучает реально существующие связи между погодой, атмосферной циркуляцией и параметрами водной среды в предшествующий период с одной стороны и урожайностью культивируемых культур, формирующейся под влиянием этих условий, с другой стороны, и также основано на методах математической статистики и теории вероятности.

Заключение

В данной работе проведён обзор методик прогноза урожайности спата моллюсков, разработанных научными сотрудниками ТИНРО-центра, ИБМ ДВО РАН и ЭМБ «Посъет» на экспериментальной базе в зал. Посъета, которые представляют собой большую ценность, так как были разработаны на основе уникальных научных экспериментов, проводимых на ЭМБ «Посъет». В настоящее время, когда марикультура в нашем крае получает всё большее развитие, появляется много мелких фермерских хозяйств, результаты этих исследований могут оказать им неоценимую помощь для эффективного выращивания объектов марикультуры. Но для крупных марихозяйств рассмотренный выше подход к прогнозированию плотности спата, основанный на выявлении эмпирических зависимостей между биологическими и гидрологическими показателями, значительно ограничивает возможности гидрометеорологического обслуживания хозяйств и не позволяет составить прогнозы с большой заблаговременностью. Для решения этой задачи необходимо применить принципиально новый подход, основанный на методах математической статистики, который давно и с успехом используются при составлении прогнозов в сельском хозяйстве. В качестве схемы долгосрочного прогноза урожая моллюсков предлагается разработанная автором модель прогноза, в основу которой положен физико-статистический метод, позволяющий учитывать одновременно состояние морской среды, подстилающей поверхности, тропосферную циркуляцию, циркуляцию в стратосфере и гелиофизические факторы. Эта модель подробно описана в монографии автора [Гайко, 2006]. С её помощью можно добиться высокой эффективности хозяйственной деятельности и минимизации ущербов от влияния внешних факторов. Также автором предложены блок-схема принятия хозяйственных решений, рекомендации по их выбору для повышения рентабельности производства приморского гребешка, которые могут быть использованы при составлении долгосрочного прогноза урожайности в хозяйствах марикультуры Приморья.

Литература

- Белогрудов Е.А. 1981. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Biv.) в зал. Посъета (Японское море): автореферат дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 23 с.
- Белогрудов Е.А. 1987. Биология и культивирование приморского гребешка // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. М.: Агропромиздат. С. 66–71.

- Белогрудов Е.А., Скокленева Н.М. 1983. Прогнозирование сроков установки коллекторов и количества спата приморского гребешка // Марикультура на Дальнем Востоке. Владивосток: ТИНРО. С. 10–13.
- Брегман Ю.Э., Шаповалова (Гайко) Л.А. 1986. Гидротермальные условия и плотность спата на коллекторах // Совершенствование биотехники культивирования моллюсков и трепанга: Отчет о НИР (промежуточный). ТИНРО (№ ГР 01826005266; Арх. № 19935). Владивосток. С. 31, 105–109.
- Брегман Ю.Э., Седова Л.Г., Викторовская Г.И. 1987. Методические рекомендации по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. Владивосток: ТИНРО. 15 с.
- Брегман Ю.Э., Седова Л.Г. 1989. Временная инструкция по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. Владивосток: ТИНРО. 8 с.
- Васильев А.С., Коробов С.А. 1987. Адаптивно обучающиеся модели долгосрочного прогнозирования биологических ресурсов моря // Третий съезд советских океанологов. Секция биологии океана: Тезисы докладов. Л.: Гидрометеиздат. Ч. 1. С. 75–76.
- Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М. 1980. Временная изменчивость гидрологических условий в различных районах залива Посыета // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Известия ТИНРО). Т. 104. С. 29–35.
- Воронина В.Ф., Павлычев В.П. 1984. О возможности долгосрочного прогнозирования сроков миграции сайры в районе Южных Курильских островов // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Известия ТИНРО). Т. 109. С. 67–72.
- Временная инструкция по прогнозированию плотности спата приморского гребешка на коллекторах. 1989. Владивосток: ТИНРО. 8 с.
- Габаев Д.Д. 1990. Биологическое обоснование новых методов культивирования некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в Приморье: автореферат дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 18 с.
- Гайко Л.А. 2004а. Гидрометеорологическое обеспечение хозяйств марикультуры // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра (Известия ТИНРО). Т. 137. С. 352–359.
- Гайко Л.А. 2004б. Изменчивость урожайности приморского гребешка под воздействием абиотических факторов // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра (Известия ТИНРО). Т. 137. С. 360–377.
- Гайко Л.А. 2006. Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. Владивосток: Дальнаука. 204 с.
- Гайко Л.А. 2013. Морское направление агрометеорологии, изучающее связи между факторами среды и урожайностью гидробионтов // 5-я Всероссийская научно-техническая конференция «Технические проблемы освоения Мирового океана», 30 сентября – 4 октября 2013 г., Владивосток, Россия: материалы конференции. Владивосток. С. 330–334.
- Гайко Л.А. 2014а. Влияние термических условий на урожайность хозяйств марикультуры в прибрежной зоне зал. Петра Великого (Японское море) // Вестник Северо-восточного научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук. № 3. С. 60–68.
- Гайко Л.А. 2014б. Морское направление агрометеорологии, изучающее связи между факторами среды и урожайностью гидробионтов // Материалы XVI конференции по промысловой океанологии. Калининград: АтлантНИРО. С. 50–52.
- Гайко Л.А. 2016. Возможность использования в прогностических целях для хозяйств марикультуры климатической информации // Международная научная конференция «Инновации в биотехнологии аквакультуры и водных биоресурсов Японского моря»: материалы, 07–12 июня 2016 г., ДВФУ, г. Владивосток [Электронный ресурс]. Владивосток: ДВФУ. С. 51–54.
- Гайко Л.А. 2017. Современные подходы к прогнозированию урожайности гидробионтов в хозяйствах марикультуры с использованием климатической информации // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы докладов IV Международной научно-технической конференции. Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 101–104.

- Глебова С.Ю. 1988. Об изменении синоптической ситуации в периоды низкой и высокой численности дальневосточной сардины // Конференция молодых ученых «Оценка и освоение биологических ресурсов океана», Владивосток, 26–28 апреля 1988 г.: тезисы докладов. Владивосток. С. 3–4.
- Дзюба С.М. 1986. Половая система и гаметогенез // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 118–131.
- Жирмунский А.В. 1982. Теплоустойчивость клеток беспозвоночных из залива Посыета (Японское море) в связи с вертикальным распределением в верхней сублиторали и условиями существования видов // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 108–119.
- Жирмунский А.В., Левин В.С. 1986. Перспективы развития марикультуры в Приморье. Методические рекомендации. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 20 с.
- Жуковский Е.Е. 1981. Метеорологическая информация и экономические решения. Л.: Гидрометеоиздат. 302 с.
- Жуковский Е.Е., Септ Ю.В., Тооминг Х.Г. 1990. Вероятностные прогнозы эталонных урожаев // Метеорология и гидрология. № 1. С. 95–102.
- Журавлева Т.М. 1981. Синоптико-статистическая схема прогноза аномалии температуры воздуха в зимних сезонах в Приморском крае. Деп. в ИЦ ВНИГМИ-МЦД, № 88. 37 с.
- Закутский В.П., Гарсона Ю.М., Куропаткин А.П., Шишкин В.М., Резниченко О.Г. 1987. Влияние элементов гидрологического режима на некоторые гидробионты // Третий съезд советских океанологов: Тезисы докладов секции биологии океана. Часть 2. Л.: Гидрометеоиздат. С. 14–16.
- Земская К.А., Ревина Н.И. 1987. Методические основы и актуальные проблемы промыслового прогнозирования // Третий съезд советских океанологов: тезисы докладов секции биологии океана. Часть 2. Л.: Гидрометеоиздат. С. 20–21.
- Касьянов В.Л. 1989. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. М.: Наука. 181 с.
- Касьянов В.Л., Крючкова Г.А., Куликова В.А., Медведева Л.А. 1983. Личинки морских двустворчатых моллюсков и иглокожих. М.: Наука. 216 с.
- Кляшторин Л.Б., Сидоренков Н.С. 1996. Долгопериодные климатические изменения и флюктуации численности пелагических рыб Пацифики // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра (Известия ТИНРО). Т. 119. С. 33–54.
- Милейковский С.А. 1981. Экология размножения морского бентоса. М.: Наука. 92 с.
- Мотавкин П.А. 1986. Предисловие // Приморский гребешок. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 5.
- Мотавкин П.А., Вараксин А.А. 1983. Гистофизиология нервной системы и регуляция размножения у двустворчатых моллюсков. М.: Наука. 208 с.
- Новиков Ю.В., Шершенков С.Ю. 1988. Исследование взаимосвязи метеоусловий и некоторых характеристик промысла дальневосточной сардины в пределах естественного синоптического периода // Оценка и освоение биологических ресурсов океана: Тезисы докладов конференции молодых ученых, Владивосток, 26–28 апреля 1988 г. Владивосток. С. 36–38.
- Отчеты Экспериментальной морской базы «Посыет». 1975–1985. Приморрыбпром. Владивосток.
- Пасов В.М. 1971. Путь увеличения заблаговременности составления прогноза урожая сельскохозяйственных культур // Труды Института экспериментальной метеорологии. Вып. 22. С. 82–88.
- Плотников В.В., Якунин Л.П. 1980. Опыт разработки физико-статистической схемы прогноза площади зоны тяжелого льда для Охотского моря // Труды Дальневосточного регионального научно-исследовательского института (ДВНИИ). Вып. 86. С. 127–132.
- Подольский П.Г. 1967. Новое в фенологическом прогнозировании (математический прогноз в экологии). М.: Колос. 232 с.
- Полевой А.Н. 1988. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеоиздат. 176 с.
- Приморский гребешок. 1986. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 244 с.

- Раков В.А. 1977. Материалы по биологии, экологии и биотехнике культивирования тихоокеанской устрицы в заливе Петра Великого: отчет о НИР (промежуточный). ВНИИЦентр (Арх. № 15764). Владивосток: ТИНРО. 25 с.
- Раков В.А. 1979. Рост и выживаемость личинок тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*) в планктоне залива Посыета (Японское море) // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Известия ТИНРО). Т. 103. С. 79–85.
- Регулев В.Г. 1982. Океанологическое обеспечение марикультуры (на примере Экспериментальной морской базы в зал. Посыета, Японское море): дипломная работа. Владивосток: ДВГУ. 70 с.
- Свинухов Г.В. 1977. Синоптико-статистические методы долгосрочных прогнозов погоды на Дальнем Востоке // Труды Дальневосточного регионального научно-исследовательского гидрометеорологического института (ДВНИГМИ). Вып. 65. С. 1–168.
- Стенина Н.В. 1993. Разработка методов прогнозирования сроков нереста культивируемых двусторчатых моллюсков: курсовая работа. Владивосток: ДВГУ. 43 с.
- Титов В.Б. 1993. Статистический анализ вековых рядов приземной температуры воздуха в Черноморском регионе // Метеорология и гидрология. № 10. С. 105–107.
- Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. 1990. Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве. Л.: Гидрометеиздат. 160 с.
- Gayko L.A. 1996. Hydrometeorological data and productivity prognosis of marine culture of Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in Posieta Bay (Sea of Japan) // Proceedings of the Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas (PICES Scientific Reports N 6). P. 417–422.
- Gayko L.A. 1999. Interrelation between hydrometeorological and biological parameters of marine farms (on a example of economy, located on Japan sea north-western coast) // International Symposium on Circulation Research of the East Asian Marginal Seas (CREAMS), Fukuoka, Japan, January 26–28, 1999: Proceedings. Fukuoka. P. 249–253.
- Gayko L.A. 2000a. Influence of abiotic factors on mariculture yield in Primorsky Krai (Sea of Japan) // Symposium on Humanity and World Ocean: Interdependence at the Dawn of New Millenium, PACON 99 International Symposium, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, June 23–25, 1999: Proceedings. Honolulu. P. 428–438.
- Gayko L.A. 2000b. Long-term physical-statistical method of the forecast of mollusks' yield of marine farms // International Symposium on Oceanography of the East Marginal Seas (CREAMS'2000), May 15–16, 2000, Vladivostok, Russia: Abstracts. Vladivostok. P. 27.
- Gayko L.A. 2000c. The use of long-term physical and statistical methods to forecast yield of mollusks on marine farms // North Pacific Marine Science Organization (PICES): Ninth Annual Meeting, Hakodate, Hokkaido, Japan, October 20–28, 2000: Abstracts. Hakodate. P. 55–56.
- Gayko L.A. 2011. Influence of the climate change to development of mollusks on marine farms (for Possyet Bay, Japan/East Sea) // Current Development in Oceanography. V. 2, N 2. P. 105–114.
- Ito S., Kanno H., Takahashi K. 1975. Some problems on culture of the scallop in Mutsu Bay // Bulletin of the Marine Biological Station Asamushi. V. 15, N 2. P. 89–100.
- Maru K. 1985. Ecological studies on the seed production of scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) // Scientific Report of the Hokkaido Fisheries Experimental Station. N 27. P. 1–53.
- Runnström S. 1927. Über die Thermopathie der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere in Beziehung zu ihrer geographischen Verbreitung // Bergens Museums årbok. Naturvitenskapelig rekke. N 2. P. 1–67.

Published online December 27, 2018

Некоторые сведения по гистологии
***Nodularia vladivostokensis* (Bivalvia: Unionidae)**
из р. Раздольная (Приморский край)

Е.М. Саенко, А.В. Расщепкина

*Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
ДВО РАН, Владивосток 690022, Россия
e-mail: sayenko@ibss.dvo.ru*

Приводятся полученные с помощью световой микроскопии фотографии гистологических срезов и описания висцеральных органов (половой и пищеварительной систем) и мускулатуры, расположенных в ноге моллюска перловицы *Nodularia vladivostokensis* Moskvicheva, 1973 из р. Раздольная (Приморский край). Дан краткий обзор соответствующей литературы по гистологии и анатомии унионид.

Ключевые слова: гистология, Unionidae, *Nodularia vladivostokensis*.

Some data on histology
of *Nodularia vladivostokensis* (Bivalvia: Unionidae)
from Razdolnaya River (Primorye, Russia)

Elena M. Sayenko, Anna V. Rasshchepkina

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690022, Russia
e-mail: sayenko@ibss.dvo.ru*

Based on light microscopy of serial histological sections, first data (color photographs and descriptions) obtained on the visceral organs (the reproductive system, partially the digestive system) and the musculature located in the foot of the bivalve mollusk *Nodularia vladivostokensis* Moskvicheva, 1973 from Razdolnaya River (Primorsky Territory) are given. A brief review of relevant literature on the histological anatomy of unionids is given.

Key words: histology, Unionidae, *Nodularia vladivostokensis*.

Отряд Unionoida является таксономически и экологически разнообразной и географически широко распространенной группой пресноводных двустворчатых моллюсков, включающей шесть семейств – Unionidae, Margaritiferidae, Hyriidae, Etheriidae, Myseltopodidae и Iridinidae – и насчитывающей примерно 161 род и 843 вида, которые в настоящее время обитают на всех континентах, кроме Антарктиды. Из этой огромной группы моллюсков семейство Unionidae является крупнейшим, насчитывая порядка 677 видов, в то время как на долю остальных пяти семейств приходится чуть более 100 видов [Graf, Cummings, 2007, 2015; Lopes-Lima et al., 2017a, b; и др.]. Представители семейства Unionidae, кроме своего видового

богатства, отличаются необычным жизненным циклом, включающим паразитическую личиночную стадию – глохий, которая для завершения метаморфоза некоторое время паразитирует в тканях рыб. На этом особенности унионид не заканчиваются. Некоторые униониды, особенно представители трибы *Lampsilini* из подсемейства *Amblemini*, демонстрируют сложные изменения мантийной ткани, имитирующие объекты питания рыб, т.е. по существу действующие как «приманка», что повышает шансы попадания глохий в ткани рыбы [Kraemer, 1970; Barnhart et al., 2008].

Систематика двустворчатых моллюсков, в том числе и представителей семейства *Unionidae*, в основном построена на признаках раковин – в первую очередь взрослых моллюсков, в меньшей степени личинок, именно поэтому раковины подробно изучали и изучают в таксономических целях. Однако данных по анатомии «мягких тканей» (т.е. органов мантийной полости и висцеральных органов) крайне мало, а ведь сопоставление признаков родственных видов/таксонов возможно использовать при таксономических ревизиях. Отсутствие гистологических работ с целью выявления подобных таксономических различий является большим упущением в исследованиях пресноводных двустворчатых моллюсков.

Первые работы по морфологии внутренних органов пресноводных *Bivalvia* (беззубок рода *Anodonta* Lamarck, 1799) относятся к концу 19-го века [Howes, 1885; Cooke, 1895; и др.] и включают общие описания строения жабр, ноги, мантии, кристаллического стебелька, сердца, нефридиев, гонад моллюска. Среди первых российских работ следует упомянуть труд П. Беркоса [1901], также посвященный анатомии беззубки *Anodonta*.

Дальнейшие исследования пресноводных двустворчатых моллюсков в значительной степени касаются морфологии раковин взрослых особей и их личинок (глохий), которые и дают признаки для видовой и надвидовой таксономии. Описания мягких тканей в основном относятся к репродуктивной системе и особенностям строения жабр, далее идут признаки пищеварительной системы и общей морфологии, включая положение, окраску и форму ротовых лопастей, сифонов, особенности сифональных папилл, характеристики мантии и аддукторов, при этом в ряде случаев подобные характеристики дали дополнительные признаки для таксономических построений [Lefevre, Curtis, 1910; Ortmann, 1910, 1911; Purchon, 1958; Kraemer, 1970; Smith, 1980, 1983; Mansur, Da Silva, 1990; Bogan, 1992; Graf, Cummings, 2006; и др.]. Из российских работ упомянем учебник по зоологии беспозвоночных В.А. Догеля [1934, 1981] в семи переизданиях. Интересно недавнее исследование жемчужниц (*Margaritiferidae*), выявившее новые анатомические особенности в строении сифонов и папилл [Bogan et al., 2018]. Анатомические признаки пищеварительной системы, точнее строения желудка, были изучены для ряда европейских и северо-американских видов унионид [Kat, 1983a, b; Nagel, 1999].

Что касается именно гистологии, т.е. описания особенностей тканей, а не только общей морфологии моллюска и его органов, то до настоящего времени для пресноводных двустворчатых моллюсков опубликованы единичные работы. Среди таких исследований особо следует отметить публикацию МакЕльвана и Булларда [McElwain, Bullard, 2014], представляющую сравнительный гистологический атлас трех видов унионид Северной Америки, с цветными маркированными микрофотографиями высокого разрешения.

Учитывая значение пресноводных двустворок как индикаторов экосистемы, описание нормальных («здоровых») клеток и тканей дает базовую информацию для будущих исследований, включающих не только физиологию, но также токсикологию и гистопатологию. В ряде публикаций показаны гистопатологические изменения в органах пресноводных двустворчатых моллюсков вследствие различных бактериальных, вирусных или паразитарных инфекций, а также из-за действия токсических веществ [Макрушин, 1998; Макрушин и др., 2012; Baker, 1976; Zhong et al., 2011].

Данная работа представляет собой первое гистологическое исследование перловицы *Nodularia vladivostokensis* Moskvicheva, 1973 из р. Раздольная, полученные сведения в дальнейшем могут быть использованы при изучении физиологии пресноводных перловиц.

Материал и методы

Изучены перловицы, собранные в 1990, 1995, 1996 и 2013 гг. в основном русле р. Раздольная в районе пос. Раздольное (Приморский край) и хранящиеся в коллекции Лаборатории пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток). Части тела для гистологического исследования брали у моллюсков, фиксированных 75% спиртом, получая по 2–3 образца из ноги моллюска, в зависимости от размера исследуемой особи.

Образцы заливали в парафин, используя стандартную методику [Роскин, 1951; Волкова, Елецкий, 1971]. Из полученных блоков на ротационном микротоме HM 340E (Microm, Thermo Scientific, Великобритания) готовили срезы 7–8 мкм толщиной, которые затем окрашивали гематоксилином и эозином. Готовые препараты фотографировали на бинокуляре AxioCam MRc и световом микроскопе Axioscop 40 (Carl Zeiss, Германия) с использованием на них камеры AxioCam HRc и программы Axiovision 4.6.

При описании гистологических особенностей изученных тканей использована терминология из работ Волкова и Елецкого [1971] и МакЕльвана и Булларда [McElwain, Bullard, 2014]. Половые продукты в гонадах самцов и самок определяли согласно описаниям, приведенным в работах по данной тематике, стадии развития половых клеток устанавливали на основе характеристик ядер, ядрышек и цитоплазмы [Антонова, 1991; Chen et al., 2010; Çek, Şereflişan, 2011; Song et al., 2015].

Результаты и обсуждение

Поверхностный слой (эпителий и субэпителиальный слой)

Край ноги моллюска состоит из складчатого наружного покрова, субэпителиального слоя и перекрестных мышечных волокон под ним (рис. 1А). Если рассматривать продольный срез ноги, то можно выделить по крайней мере четыре участка по типу складок наружного покрова, морфологическим особенностям эпителия и субэпителиального слоя. Перечислим их от переднего края ноги к зад-

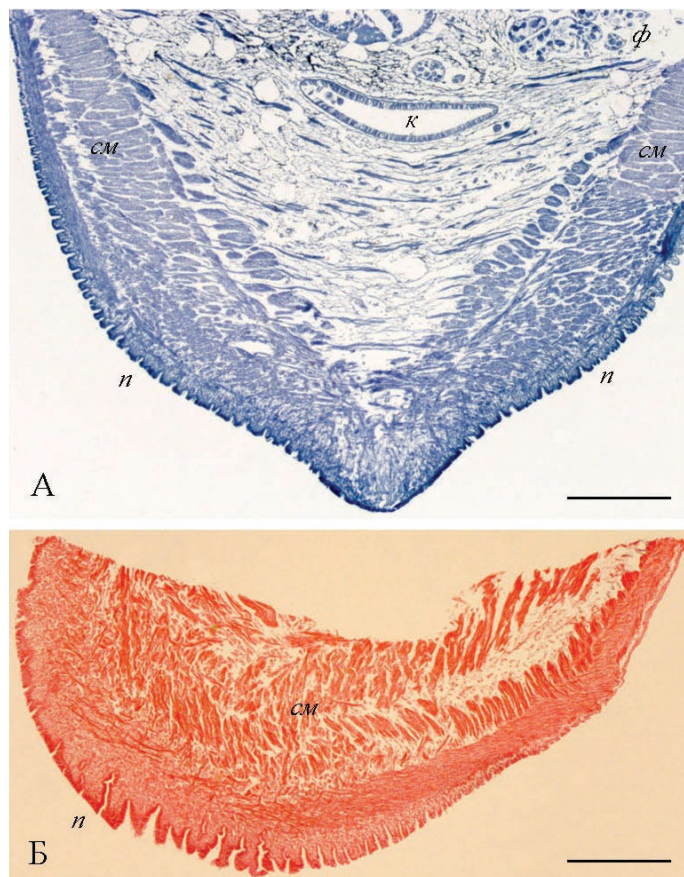


Рис. 1. Поперечный (А) и продольный (Б) срезы вентрального края ноги моллюска. Масштабные линейки 1 мм. *см* – соматическая мускулатура, *п* – складчатый покров, *к* – срез кишки с ресничным эпителием, *ф* – фолликулы.

Fig. 1. Transverse (А) and sagittal (Б) sections of ventral tip of the mollusk's foot. Scale bars 1 mm. *см* – somatic musculature, *п* – pedal integument with plicae, *к* – section of the intestine with ciliary epithelium, *ф* – follicles.

нему, двигаясь по срезу от дорсального переднего края к вентральному и снова поднимаясь дорсально у заднего края (рис. 1Б). Первый участок характеризуется широкими платообразными складками, увеличивающимися по высоте, так что глубина складок наружного покрова может составлять от 70 до 300 мкм (рис. 2А, Б). Для второго участка отмечены глубокие (до 500 мкм), извилистые складки (рис. 2В, Г). Отличительной чертой третьего участка является эпителий со слизистыми клетками, при этом складки постепенно уменьшаются по высоте (рис. 2Д, Е). Во втором и третьем участках поверхностный слой (эпителий) представлен высоко-призматическими клетками до 20 мкм длиной, с крупными, занимающими до 1/3 объ-

ема клетки, округлыми или эллиптическими ядрами, расположенными в базальной части клетки. Четвертый участок эпителия почти без складок, под ним видны обширные полости (синусы) с гемолимфой (рис. 2Ж, 3).

Эпителий подстилает двухслойный субэпителиальный слой, образованный сначала мелкими низко-призматическими клетками, которые в свою очередь лежат на крупных, до 40 мкм длиной, многоугольных клетках с вакуолями. Наиболее многочисленны вакуоли в клетках субэпителиального слоя третьего участка (рис. 2Д). Клетки третьего и четвертого участков отличаются по высоте и форме: от слегка вытянутых, куполообразных, до каплевидных или бокаловидных, от уплощенных до плоских. Окрашивание в фиолетовый цвет свидетельствует о наличии гранулоцитов в слое непосредственно под эпителием ноги (рис. 3А).

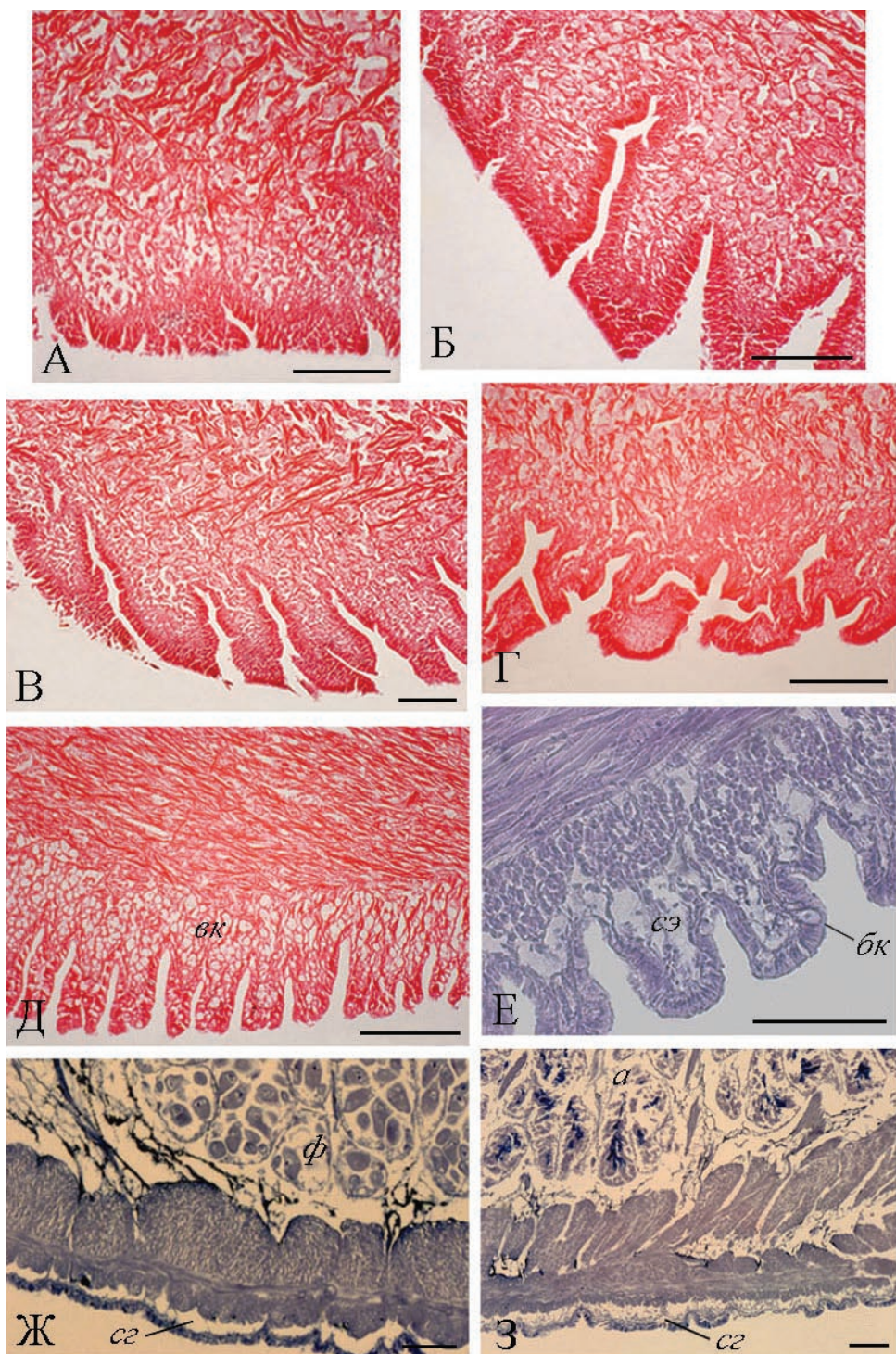
Реснички на эпителиальных клетках отмечены нами местами на втором и третьем участках, но более всего на четвертом участке; если же рассматривать не продольный, а поперечный срез, то ресничный эпителий отмечен в самой вентральной части ноги, ближе к месту срастания с полужабрами, что соответствует характеристикам и для других унионид [McElwain, Bullard, 2014].

Складчатость наружного покрова ноги отмечалась у всех ранее исследованных двустворчатых моллюсков, при этом складки тем короче, чем ближе к линии соединения полужабр с ногой [McElwain, Bullard, 2014]. Увеличение площади поверхности ноги за счет складок наружного покрова ведет к увеличению силы трения, что позволяет моллюску проще заякориваться в субстрате. Разница в характере складчатого покрова ноги у двустворчатых моллюсков может отражать разные экологические условия обитания, например, более выраженная складчатость у особей, живущих на быстром течении, по сравнению с обитающими в условиях спокойной воды [McElwain, Bullard, 2014].

Продуцируемая слизистыми клетками эпителия слизь выполняет роль смазки, не только облегчая процесс зарывания в субстрат, но и одновременно снижая вероятность повреждения наружного покрова ноги моллюска.

Мускулатура ноги, мезентерий

Мускулатура ноги разделяется на области нерегулярных и регулярных мышечных волокон; в вентральной части ноги пучки волокон переплетены между собой и расположены в сагиттальной и поперечной плоскостях, в основании ноги мускулатура организована более упорядоченно (рис. 1–4). Клетки мышечной ткани веретеновидные, до 5 мкм в толщину, с ядрами вытянутой формы, ширина ядра почти равна ширине клетки. В каждой складке наружного покрова ноги наблюдаются поперечно расположенные волокна мышечной ткани, перпендикулярно им располагается следующий, продольный слой мышечных волокон, третий слой мышечной ткани расположен перпендикулярно к предыдущему, число пучков данного слоя мышечной ткани и число складок покрова по количеству между собой не соотносятся (рис. 3В).



Через срезы висцеральной массы видны пучки мезентерия (брыжейки) (рис. 4А, Б). Фибриллы, формирующие пучки, эозинофильные, внутри пучка фибриллы располагаются без видимого порядка (рис. 4Б). Высказывается предположение что пучки мезентерия имеют не только поддерживающую функцию, но и играют определенную роль в циркуляции гемолимфы [McElwain, Bullard, 2014].

Нервы

В ноге двустворчатого моллюска расположена одна из трех пар ганглиев, а именно сближенные pedalные ганглии, которые связаны с лежащими между пищеводом и передним мускулом-замыкателем раковины цереброплевральными ганглиями, а те, в свою очередь, длинными коннективами соединены с лежащими под задним мускулом-замыкателем висцеропариетальными ганглиями [Беркос, 1901; Догель, 1981; и др.]. Между собой pedalные ганглии связаны комиссурой, а к органам от каждого ганглия отходят нервы, которые мы наблюдали на срезах в ноге и висцеральной массе (рис. 4Г, Д).

На продольном срезе видно, что ткань нерва неоднородная и неравномерная (рис. 4Д). Тонковолокнистая структура с зазорами между волокнами и веретенообразными ядрами позволяет отличить нерв от соединительной ткани [McElwain, Bullard, 2014].

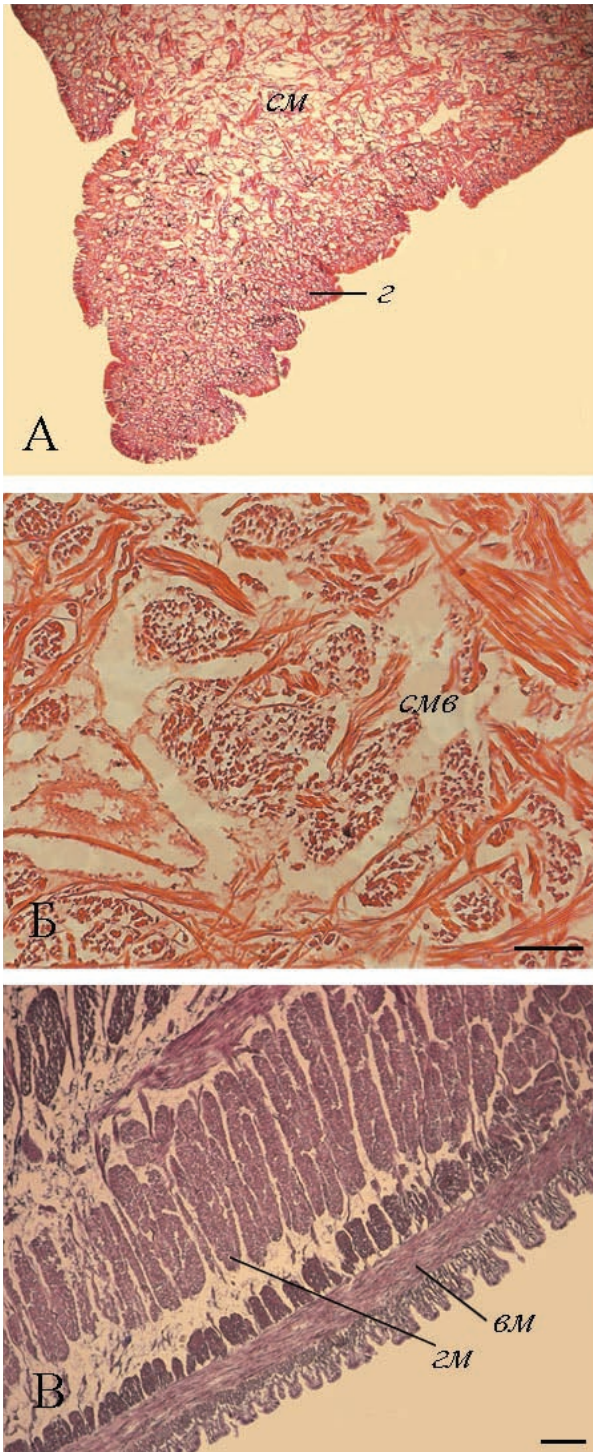
На поперечном срезе, сделанном через участок нерва, виден светлый эозинофильный слой периневрия – защитной соединительной ткани снаружи периферических нервов (рис. 4Д).

Пищеварительная железа, «печеночные» выросты (дивертикулы)

Пищевод и желудок двустворчатого моллюска окружены пищеварительной железой, или «печенью», функцией которой является не продуцирование пищеварительных ферментов, а внутриклеточное всасывание и переваривание питательных веществ [Догель, 1981; и др.]. Пищеварительная железа состоит

Рис. 2. Продольный (А–Д) и поперечный (Е–З) срезы через наружный покров ноги моллюска с разными типами складок: А, Б – широкие складки в виде плато, В, Г – длинные извилистые складки, Д, Е – складки с округлыми и бокаловидными клетками в субэпителиальном слое, Ж, З – слабо-выраженные складки с большими полостями (синусами) для гемолимфы под субэпителиальным слоем. Масштабные линейки 200 мкм (А, В, Ж, З) и 100 мкм (Б, Г–Е). *вк* – клетки с вакуолями, *сэ* – субэпителиальный слой, *бк* – бокаловидная клетка, *сз* – синусы для гемолимфы, *ф* – фолликулы, *а* – ацинусы.

Fig. 2. Saggital (А–Д) and transverse (Е–З) sections of pedal integument with different types of plicae: А, Б – broad plateau-shaped plicae, В, Г – long, tortuous plicae, Д, Е – plicae with round and goblet cells in the subepithelial layer, Ж, З – mild plicae with large cavities (sinuses) for hemolymph under subepithelial layer. Scale bars 200 µm (А, В, Ж, З) and 100 µm (Б, Г–Е). *вк* – cells with vacuoles, *сэ* – subepithelial layer, *бк* – goblet cell, *сз* – sinuses for hemolymph, *ф* – follicles, *а* – acini.



из многочисленных слепых выростов или так называемых печеночных канальцев (дивертикул) и представляет собой один из крупнейших органов пресноводного двустворчатого моллюска. На срезах у *N. vladivostokensis* определяются по крайней мере два типа дивертикул, хорошо отличающиеся по характеристикам эпителия (рис. 5). Канальцы первого порядка более крупные, с ресничным эпителием. Канальцы второго порядка тоньше, в основном их образуют клетки с бледной, эозинофильной цитоплазмой. У пресноводных унионид описаны три

Рис. 3. Поперечные срезы через мускулатуру ноги моллюска: **А** – ventральный край ноги с соматической мускулатурой, **Б** – нерегулярная сетка мышечных волокон, **В** – пучки волокон под наружным покровом. Масштабные линейки 200 мкм (В) и 40 мкм (Б). *сМ* – соматическая мускулатура, *г* – гранулоциты, *сМв* – нерегулярная сетка мышечных волокон, *гМ* – горизонтально ориентированные мышечные волокна, *вМ* – вертикально ориентированные мышечные волокна.

Fig. 3. Transverse sections of the mussel's foot musculature: **A** – ventral tip of the foot with somatic musculature, **Б** – an irregular meshwork of muscle fibrous tissue, **В** – muscle fibers under pedal integument. Scale bar 200 μm (B) and 40 μm (Б). *сМ* – somatic muscles, *г* – granulocytes, *сМв* – irregular mesh of muscle fibers, *гМ* – horizontally oriented muscle fibers, *вМ* – vertically oriented muscle fibers.

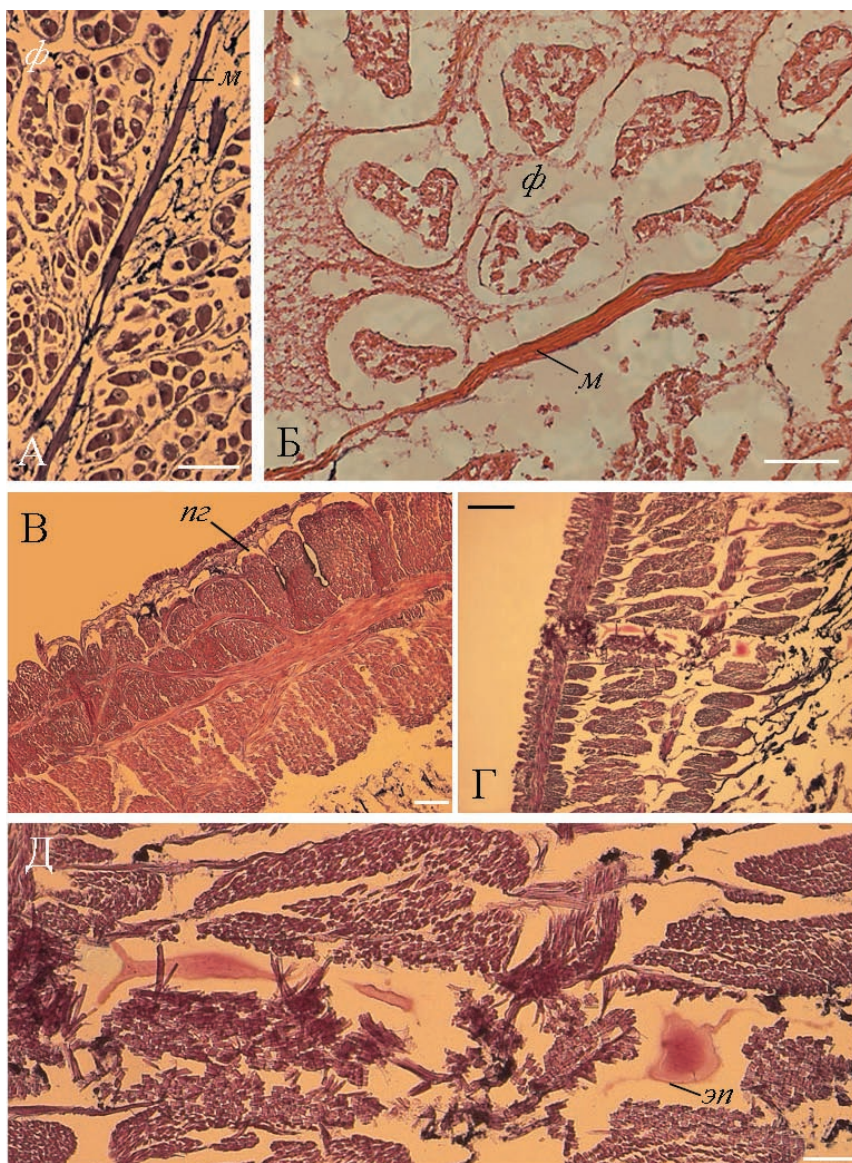


Рис. 4. Поперечные срезы через ногу моллюска: **А, Б** – волокна мезентерия, отходящие от мускулатуры ноги сквозь половую железу вглубь висцеральной массы, **В** – мускулатура под наружным покровом ноги, **Г, Д** – край ноги с нервом. Масштабные линейки 300 мкм (**А, В, Г**), 100 мкм (**Д**), 40 мкм (**Б**). *а* – ацинусы, *м* – мезентерий, *нг* – полости (синусы) для гемолимфы, *эн* – периневрий, *ф* – фолликулы.

Fig. 4. Transverse sections of the mollusk's foot: **А, Б** – fibers of mesentery extending from the foot muscles through gonad into the visceral mass; **В** – muscles under the pedal integument, **Г, Д** – nerve. Scale bars 300 μ m (**А, В, Г**), 100 μ m (**Д**), 40 μ m (**Б**). *a* – acini, *m* – mesentery, *ng* – cavities (sinuses) for hemolymph, *en* – perineurium, *f* – follicles.

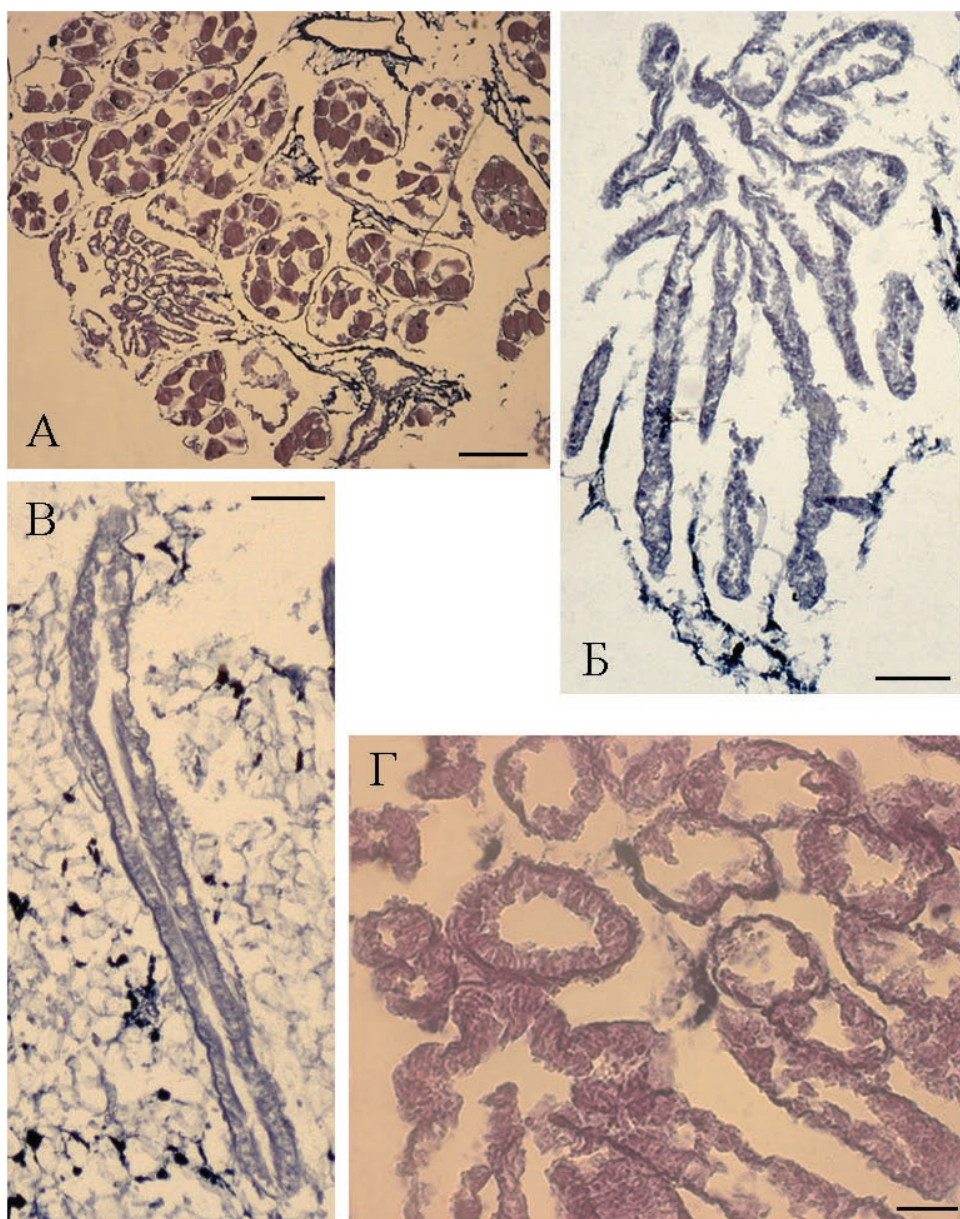


Рис. 5. Поперечные (А, Г) и продольные (Б, В) срезы через пищеварительную железу моллюска: А – часть пищеварительной железы и половой гонады, Б, В – каналцы первого и второго порядков, имеющие внутри покрытые ресничками складки, Г – каналцы второго порядка. Масштабные линейки 300 мкм (А), 200 мкм (Б), 100 мкм (Б), 40 мкм (Г).

Fig. 5. Transverse (А, Г) and sagittal (Б, В) sections of the digestive diverticulum: А – part of the digestive diverticulum and gonad, Б, В – primary and secondary tubules with ciliated plicae inside, Г – secondary tubules. Scale bars 300 μ m (А), 200 μ m (Б), 100 μ m (Б), 40 μ m (Г).

типа дивертикул: первого порядка – с ресничным эпителием, второго порядка – с микровыростами, третьего порядка – с эпителием, состоящим из клеток с многочисленными пузырьками (везикулами) внутри; высказывалось предположение что дивертикулы второго порядка способны продуцировать слизь, т.к. окраска канальцев была эозинофильная [McElwain, Bullard, 2014].

Остается открытым вопрос о том, попадает ли пищеварительный материал из первичных канальцев в канальцы второго и третьего порядка, т.к. на срезах изучается фиксированный материал, поэтому процесс пищеварения гистологическими методами увидеть не представляется возможным.

Кишечник (средняя кишка), желудок, мешок кристаллического стебелька, тифлозоль

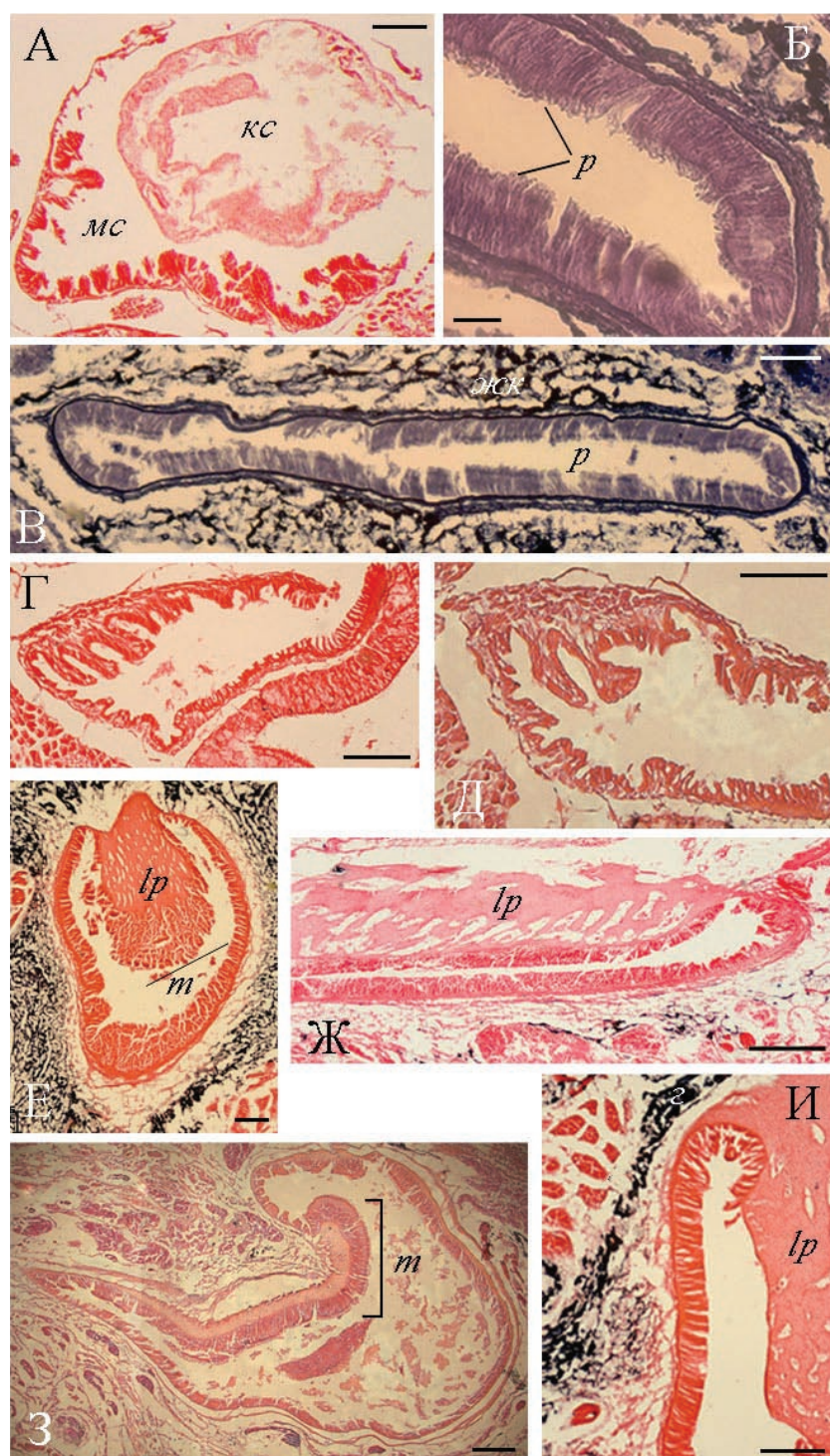
В висцеральной массе, расположенной в ноге двустворчатого моллюска, можно наблюдать вентральную часть (дно) желудка, мешок кристаллического стебелька, частично дивертикулы (выросты) пищеварительной железы, охватывающей желудок, а также петли среднего кишечника и тифлозоль (желобок, уходящий от желудка вглубь кишки) (рис. 6).

Мешок кристаллического стебелька представляет собой округлую мешковидную камеру, протянувшуюся от желудка до заднего края висцеральной массы. Кристаллический стебелек – это бледно-окрашенный стержень из плотного эозинофильного материала, который при нарезке на микротоме, как правило, образует складки и морщины. Кристаллический стержень расположен в самой круглой части мешка кристаллического стебелька (рис. 6А); продолжающуюся от мешка кристаллического стебелька часть кишечника у двустворчатых моллюсков называют средней кишкой. Выделяют три различных типа эпителия мешка кристаллического стебелька по размеру клеток, характеристикам окрашивания и морфологии ресничек [McElwain, Bullard, 2014].

Желудок двустворчатого моллюска представляет собой мешковидный орган, разделенный складками на несколько отделов. На срезах мы наблюдали часть желудка с многочисленными, достаточно длинными (до 150 мкм), узкими складками (рис. 6Г, Д).

Кишечный тракт у двустворчатых моллюсков без мышечных волокон, передвижение пищи происходит за счет работы выстилающего желудок и кишечник ресничного эпителия (рис. 6Б–Д). Сортировка пищевых частиц происходит с помощью ресничного тока и тифлозоля – особого желобка, начинающегося в виде складок в вентральной части желудка и продолжающегося в кишку. Крупные пищевые частицы попадают в кишку, а более мелкие по складкам желудка собираются у выступающего конца кристаллического стебелька.

На срезах виден крупный тифлозоль, расположенный по центру вентральной стенки кишки (рис. 6Е–З). Нами не отмечены складки на отходящих по бокам тифлозоля стенках кишечника (рис. 6И).



Вокруг эпителия кишки можно наблюдать рыхлый слой соединительной ткани – пластину слизистой оболочки кишечника, или *lamina propria*, которая с дорсальной стороны существенно утолщена и пронизана небольшими синусами с гемолимфой по всему протяжению ткани; с вентральной стороны эпителий ограничивает лишь тонкий слой соединительной ткани (рис. 6Е). Форма ресничных клеток эпителия кишки постепенно меняется от призматической на высоко-столбчатую.

Данные по гистологии кишечника двустворчатых пресноводных моллюсков крайне скудны. Кроме уже упомянутого гистологического атласа по трем видам северо-американских двустворок [McElwain, Bullard, 2014], следует отметить описание высоких базофильных клеток, а также клеток, выделяющих слизь в переднем отделе кишечника *Pleurobeta cordatum* (Rafinesque, 1820) [Yokley, 1968].

Кровеносные сосуды, гемолимфа

Для моллюсков характерна незамкнутая система кровообращения, так что гемолимфа не на всем протяжении циркулирует через сосуды (артерии и вены), а во многих органах проходит через синусы (полости в соединительной ткани без оформленных стенок, т.е. не имеющих выстилку из эндотелия), затем снова собираясь в сосуды [Беркос, 1901; и др.].

Гемолимфа имеет отчетливый клеточный и неклеточный компонент, состоящий из сферических, эозинофильных гемоцитов и черных гранул гемолимфы (например, на рис. 2Ж; рис. 6В, Е, И; рис. 7). Эозинофильные гранулированные гемоциты наблюдались по всей висцеральной массе.

Согласно литературным данным, у моллюсков (в т.ч. двустворчатых представителей семейства Unionidae) существуют по крайней мере три типа клеток крови [Кедровский, 1924; Стадниченко и др., 1981; Dundee, 1953; McElwain, Bullard, 2014]. Однако различия между гемоцитами, наблюдаемыми во всем гемокоэле и мантии, к настоящему времени не установлены. На гистологических срезах мы видим гемолимфу как диффузные черные вкрапления по всей висцеральной массе, но более всего в интерстициальных пространствах (рис. 2, 6, 7). МакЕлван и Буллард [McElwain, Bullard, 2014] указывают, что подобные вкрапления

Рис. 6. Поперечные (А–Е, З, И) и продольный (Ж) срезы через органы пищеварительной системы моллюска: А – мешок кристаллического стебелька, Б, В – петли кишки, Г, Д – часть желудка с длинными складками на дорсальной части стенки, Е, З – петли кишки с тифлозолей, И – боковая часть тифлозоля. Масштабные линейки 300 мкм (Е, З, И), 200 мкм (А, В, Г, Д), 40 мкм (Б). *мс* – мешок кристаллического стебелька, *кс* – кристаллический стебелек, *р* – реснички, *т* – тифлозоль, *лр* – *lamina propria*, *г* – гемолимфа.

Fig. 6. Transverse (А–Е, З, И) and sagittal (Ж) sections of the digestive organs: А – crystalline style sac, Б, В – intestinal limbs, Г, Д – part of the stomach with long plicae on the dorsal wall, Е, З – intestinal limbs with typhlosole, И – lateral part of the typhlosole. Scale bars 300 μm (Е, З, И), 200 μm (А, В, Г, Д), 40 μm (Б). *мс* – style sac, *кс* – crystalline style, *р* – cilia, *т* – typhlosole, *лр* – *lamina propria*, *г* – hemolymph.

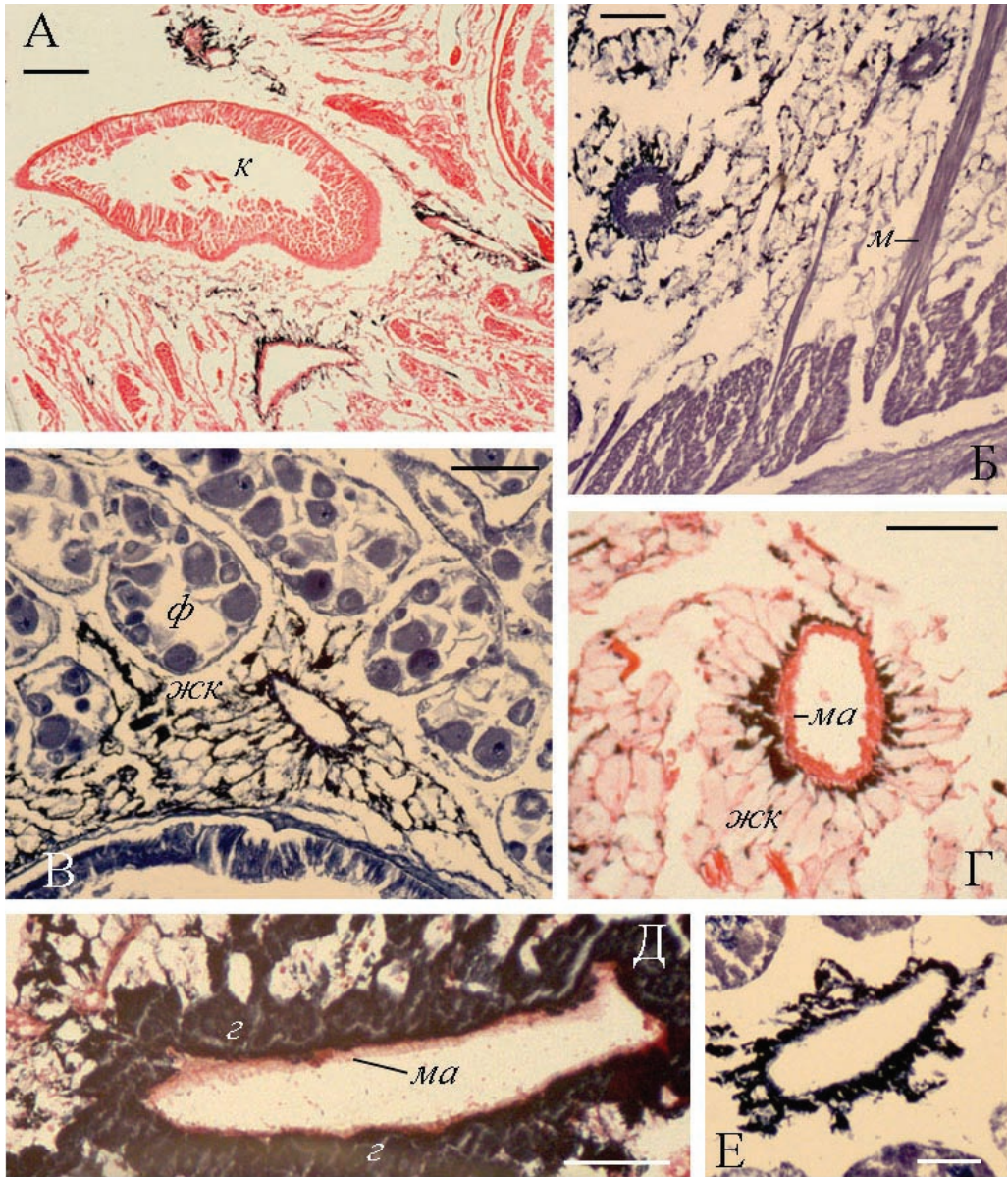


Рис. 7. Поперечные срезы через сосуды в разных частях ноги моллюска: А, Б, Г, Д – предположительно артерии, В, Е – предположительно венозные сосуды. Масштабные линейки 300 мкм (А), 200 мкм (Б, В), 100 мкм (Г–Е). *к* – кишка, *ма* – мускулатура у артерий, *м* – мезентерий, *жк* – жировые клетки, *р* – реснички, *а* – ацинусы, *г* – гемолимфа.

Fig. 7. Transverse sections of the hemolymph vessels: А, Б, Г, Д – potential arteries, В, Е – potential veins. Scale bars 300 μm (А), 200 μm (Б, В), 100 μm (Г–Е). *к* – intestine, *ма* – musculature of a potential artery, *м* – mesentery, *жк* – apodocytes, *р* – cilia, *а* – acini, *г* – hemolymph.

черных гранул свидетельствуют о присутствии плазмы и интерстициальной жидкости, т.к. черные гранулы представляют собой не что иное как гематин – пигмент, характерный для тканей с большим количеством крови и появляющийся вследствие реакции окисления гемоглобина при действии формалина [Myers, McGavin, 2007].

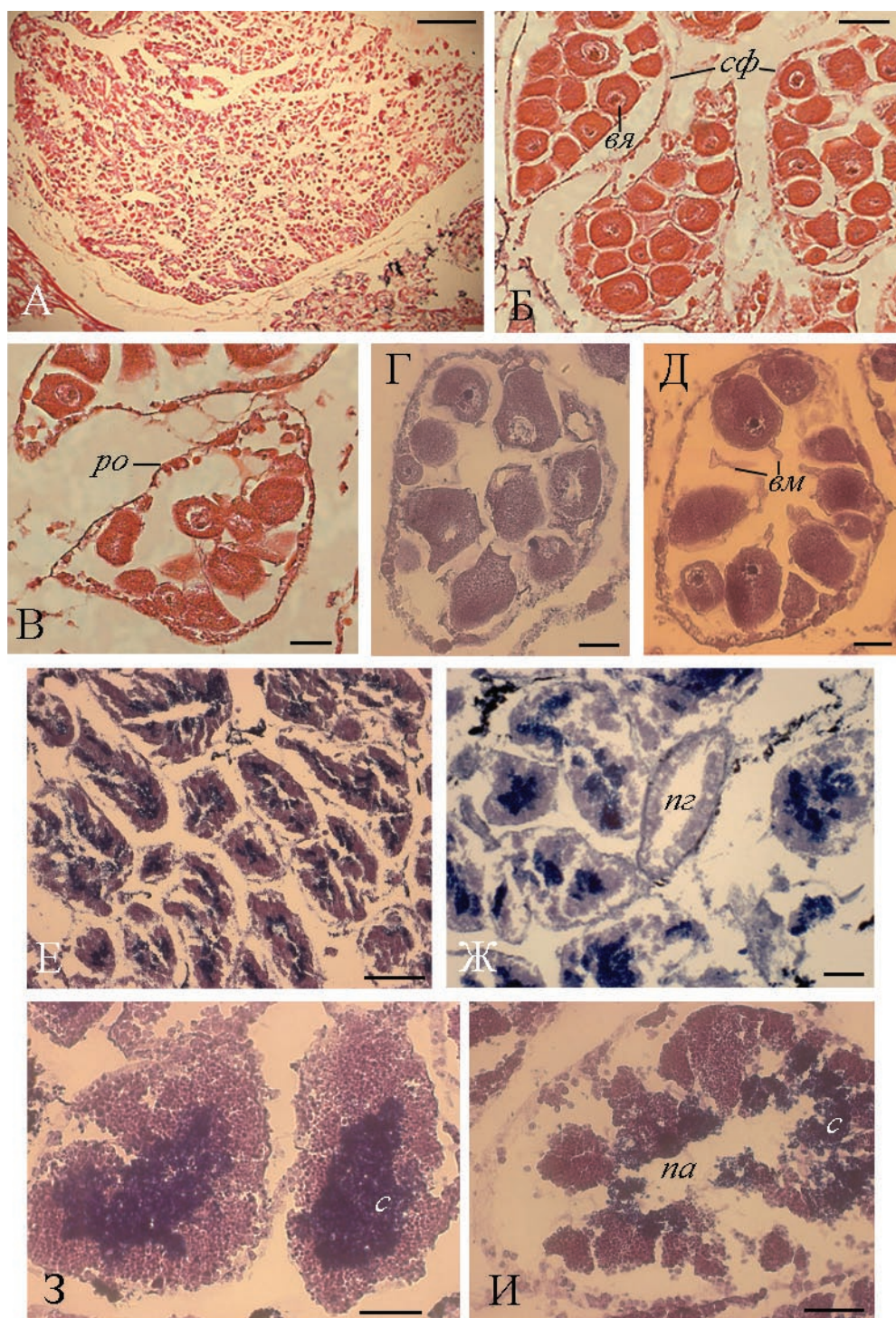
Кровеносные сосуды соответствуют венам, артериям и капиллярам, выстланы плоскими клетками (рис. 7). Согласно МакЕльвану и Булларду [McElwain, Bullard, 2014] артерии и вены по форме среза не отличаются, имея круглую, овальную и даже неправильную формы. Однако авторы указывали, что у артерий просвет окружают слои мускулатуры, в то время как более тонкие стенки вен сформированы волокнистой тканью, наконец капилляры – это простые, круговые структуры, выстланные лишь плоскоклеточными клетками.

Репродуктивная система

Гистология гонад используется разными исследователями как метод определения сроков размножения у пресноводных двустворчатых моллюсков [Антонова, 1991; Chen et al., 2010; Çek, Şereflişan, 2011; Smith et al., 2003; Song et al., 2015; и др.]. Гонады моллюсков состоят из ацинусов (называемых также фолликулами у самок), соединенных в компактную массу прослойками соединительной ткани (рис. 8А). Стенки ацинусов состоят из расположенных в один ряд гаметоцитов разной степени зрелости. Зрелые половые продукты (ооциты у самок и сперматоциты у самцов) находятся в просвете ацинусов. Женская и мужская гонады пронизаны протоками, каналцы на поперечных срезах круглые либо овальные (рис. 8А). Протоки состоят из светлых эозинофильных столбчатых клеток с плотным слоем ресничек на апикальной поверхности (рис. 8Ж).

Пик в созревании ооцитов и сперматоцитов пришелся на июнь – начало июля. Для дальневосточных перловиц выделяют от трех [Chen et al., 2010] до пяти [Song et al., 2015] стадий изменения в гонадах. У исследованных особей выявлены стадии роста и созревания (активный гаметогенез), зрелости (или преднеростовая), нереста и покоя (или восстановления). Разные участки гонад могут содержать половые продукты на разных стадиях созревания (например, преднеростовой и нерестовой). В связи с отсутствием проб в зимнее время, стадия нарастания (мультипликативная) не была зафиксирована.

Процесс созревания ооцитов начинается с небольших базофильных клеток, которые увеличиваются в размерах по мере созревания, так что в ооцитах становится более заметной эозинофильная цитоплазма (рис. 8Б–Д). Зрелые ооциты (занимающие большую часть объема ацинуса) заключены в мембрану, цитоплазма зрелого ооцита эозинофильная, зернистая, содержит базофильное ядро (рис. 8Г, Д).



На стадии активного гаметогенеза в гонадах самок преобладали ооциты, прилегающие широким основанием к стенке фолликула, в гонадах самцов ацинусы были заполнены клетками в различных фазах сперматогенеза; просветы ацинусов у самок и самцов были более или менее свободны (рис. 8Е). В гонадах самок преднерестовой стадии отмечены сильно увеличенные фолликулы с максимально крупными ооцитами, соединенными со стенками ацинусов «ножками» (рис. 8Г), на стадии завершающего трофоплазматического роста они имели характерную удлинённую, или каплевидную, форму (рис. 8Д). В гонадах самцов преднерестовой стадии преобладали зрелые сперматоциты, ядра которых в два раза мельче ядер сперматид; утончившиеся стенки ацинусов едва различимы, просвет в ацинусах отсутствует либо едва заметен (рис. 8З). Созревание желточных гранул стартует на периферии ооплазмы, поэтому у самок в ацинусах нерестовой стадии зона вокруг ядра в ооцитах оставалась свободной, так что виден отчетливый светлый участок вокруг ядра (рис. 8Г). В гонадах самцов ацинусы в период нерестовой стадии заполнены сперматоцитами, однако в центре ацинусов заметны освободившиеся просветы (рис. 8И). Для посленерестовой стадии отмечены опустошенные ацинусы со смятыми стенками, в просветах ацинусов отмечены скопления фагоцитов.

Различия в репродуктивной системе унионид, а именно в морфологии гонад самцов и их половых продуктов, связаны с процессом оплодотворения (оплодотворение в мантийной полости или в жабрах), а также с тем, происходит ли выбрасывание спермы в виде сперматофоров или нет [Lefevre, Curtis, 1910; Edger, 1965; Ishibashi et al., 2000]. Жизненные стратегии среди унионид также отличаются разнообразием. Среди представителей семейства еще Ортманн [Ortmann, 1911] выделил две группы: моллюски с коротким периодом вынашивания и летним

Рис. 8. Срезы через гонады моллюска: А – поперечный срез через гонаду самки, Б–Д – фолликулы в гонадах самок (Б, В – зрелые ооциты круглой формы, готовые к вымету; Г – ооциты в период активного гаметогенеза на стадии раннего трофоплазматического роста, Д – ооциты каплевидной формы в период преднерестовой стадии при завершении трофоплазматического роста), Е, Ж – поперечные срезы через гонаду самца, З, И – ацинусы в гонадах самцов (З – преднерестовая стадия, просветы в ацинусах практически отсутствуют, стенки ацинусов не различимы, И – нерестовая стадия, имеются просветы в ацинусах). Масштабные линейки 300 мкм (А), 200 мкм (Е), 100 мкм (Ж), 50 мкм (Б–Д, З, И). *вя* – вакуолизированное ядро, *сф* – стенка фолликула, *вм* – вителлиновая мембрана, *ро* – развивающиеся из пелликулы ооциты, *пг* – ресничный проток гонады, *с* – сперматоциты, *па* – просветы в ацинусах.

Fig. 8. Sections through the gonads of the mollusk: А – transverse section through the female gonad, Б–Д – ovarian acini, follicles (Б, В – mature round-shaped oocytes ready to be swept out; Г – oocytes in the period of active gametogenesis at the stage of early trophoplasmatic growth, Д – tear-shaped oocytes during the pre-spawning stage at the end of trophoplasmatic growth), Е, Ж – transverse sections through the male gonads, З, И – testicular acini (З – pre-spawning stage, with practically absent gaps in the acini and invisible the acini walls, И – spawning stage, with gaps in the acini). Scale bars 300 μm (А), 200 μm (Е), 100 μm (Ж), 50 μm (Б–Д, З, И). *вя* – vacuolated nucleus, *сф* – follicle wall, *вм* – vitelline membrane, *ро* – developing oocytes arising from a pellicle, *пг* – ciliated gonadal duct, *с* – spermatocytes, *па* – gaps in acini.

размножением, либо с длинным периодом вынашивания и зимним размножением (т.е. эмбрионы и глехидии остаются в марсупиях в течение зимы, а выброс глехидиев происходит лишь ранней весной), однако у всех представителей период созревания половых продуктов приходится на теплое время года [Антонова, 1991; Lefevre, Curtis, 1912; и др.].

Литература

- Антонова Л.А. 1991. Связь репродуктивных циклов унионид дельты Волги с факторами внешней среды // Труды Зоологического института. Т. 228. С. 12–29.
- Беркос П. 1901. Беззубка: практическая зоотомия. Вып. IV. СПб.: Типография А.Е. Коллинского. 48 с.
- Волкова О.В., Елецкий Ю.К. 1971. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина. 272 с.
- Догель В.А. 1934. Зоология беспозвоночных: Учебник. Л.: Биомедлиз. 528 с.
- Догель В.А. 1981. Зоология беспозвоночных: Учебник для ун-тов. Под ред. проф. Ю.И. Полянского. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 606 с.
- Кедровский Б. 1924. О клетках крови беззубки // Зоологический журнал. Т. 4, вып. 3/4. С. 220–233.
- Макрушин А.В. 1998. Опыт биоиндикации загрязнения пресных вод по результатам гистопатологического обследования печени моллюсков // Биология внутренних вод. № 3. С. 90–94.
- Макрушин А.В., Голубков С.М., Асанова Т.А. 2012. Гистопатологическое обследование печени Unionidae (Mollusca, Bivalvia) из Невской губы Финского залива // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 117, вып. 1. С. 77–80.
- Роскин Г.И. 1951. Микроскопическая техника. М.: Советская наука. 448 с.
- Стадниченко А.П., Иваненко Л.Д., Колосенко Н.А., Бубон А.Б., Литвинчук Р.В. 1981. Патоморфологические изменения клеточных элементов гемолимфы пресноводных легочных и переднежаберных моллюсков при инвазии их партенитами трематод // Паразитология. Т. 15, вып. 5. С. 407–414.
- Barnhart M.C., Haag W.R., Roston W.N. 2008. Adaptations to host infection and larval parasitism in Unionoida // Journal of the North American Benthological Society. V. 27. P. 370–394.
- Baker R.A. 1976. Tissue damage and leukocytic infiltration following attachment of the mite *Unionicola intermedia* to the gills of the bivalve mollusk *Anodonta anatina* // Journal of Invertebrate Pathology. V. 27. P. 371–376.
- Bogan A.E. 1992. Anal structures as a new source of anatomical characters in freshwater bivalves (Mollusca: Bivalvia: Unionoida) // Abstracts of the 11th International Malacological Congress, Siena. P. 14–16.
- Bogan A.E., Martel A.L., Sietman B., Vikhrev I., Johnson P.D., Wilson G., Lopes-Lima M. 2018. A newly-recognized anatomical structure for the Margaritiferidae // Ellipsaria. V 20, N 1. P. 25–28.
- Çek S., Şereflisan H. 2011. The gametogenic cycle of *Leguminaia whaetleyi* (Lea, 1862) in Lake Gölbaşı, Turkey (Bivalvia: Unionidae) // Journal of Experimental Zoology, Part A – Ecological Genetics and Physiology. V. 315. P. 30–40.
- Chen T.-H., Ouyang Sh., Xiong L.-F., Qi T., Wu X.-P. 2010. Studies on the population structure and reproductive traits of *Unio douglasiae* in Qinglan Lake, Jiangxi Province // Acta Hydrobiologica Sinica. V. 34, N 3. P. 473–480.
- Cooke A.H. 1895. Molluscs // The Cambridge Natural History. Vol. 3. S.F. Harmer, A.E. Shipley (Eds.). New York: Macmillan and Co. P. 1–459.
- Dundee D.S. 1953. Formed elements of the blood of certain fresh-water mussels // Transactions of the American Microscopical Society. V. 72. P. 254–264.
- Edger R.E. 1965. Observations on the sperm of the pelecypod *Anodontoides ferussacianus* (Lea) // Transactions of the American Microscopical Society. V. 84. P. 228–230.

- Graf D.L., Cummings K.S. 2006. Palaeoheterodont diversity (Mollusca: Trigonioidea + Unionoida): what we know and what we wish we knew about freshwater mussel evolution // Zoological Journal of the Linnean Society. V. 148. P. 343–394.
- Graf D.L., Cummings K.S. 2007. Review of the systematics and global biodiversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionoida) // Journal of Molluscan Studies. V. 73. P. 291–314.
- Graf D.L., Cummings K.S. 2015. The freshwater mussels (Unionoida) of the world (and other less consequential bivalves). MUSSEL Project Web Site. <http://www.mussel-project.net/> (accessed on 25.04.2016).
- Howes G.H. 1885. An atlas of Practical Elementary Biology. London: Macmillan and Co. 116 p.
- Ishibashi R., Komaru A., Kondo T. 2000. Sperm sphere in unionid mussels (Bivalvia: Unionidae) // Zoological Science. V. 17. P. 947–950.
- Kat P.W. 1983a. Genetic and morphological divergence among nominal species of North American *Anodonta* (Bivalvia: Unionidae) // Malacologia. V. 23, N 2. P. 361–374.
- Kat P.W. 1983b. Morphological divergence, genetics, and speciation among *Lampsilis* (Bivalvia: Unionidae) // Journal of Molluscan Studies. V. 49. P. 133–145.
- Kraemer L.S. 1970. The mantle flap in three species of *Lampsilis* (Pelecypoda: Unionidae) // Malacologia. V. 10, N 1. P. 225–282.
- Lefevre G., Curtis W.C. 1910. The marsupium of the Unionidae // Biological Bulletin. V. 19, N 1. P. 31–34.
- Lefevre G., Curtis W.C. 1912. Studies on the reproduction and artificial propagation of freshwater mussels // Bulletin of the Bureau of Fisheries. V. 30, N 756. P. 105–201.
- Lopes-Lima M., Froufe E., Tu Do V., Ghamizi M., Mock K.E., Kebapçı Ü., Klishko O., Kovitvadhi S., Kovitvadhi U., Paulo O.S., Pfeiffer III J.M., Raley M., Riccardi N., Şereflışan H., Sousa R., Teixeira A., Varandas S., Wu X., Zanatta D.T., Zieritz A., Bogan A.E. 2017a. Phylogeny of the most species-rich freshwater bivalve family (Bivalvia: Unionida: Unionidae): defining modern subfamilies and tribes // Molecular Phylogenetics and Evolution. V. 106. P. 174–191.
- Lopes-Lima M., Sousa R., Geist J., Aldridge D.C., Araujo R., Bergengren J., Bepalaya Yu., Bódis E., Burlakova L., Van Damme D., Douda K., Froufe E., Georgiev D., Gumpinger E.C., Karatayev A., Kebapçı Ü., Killeen I., Lajtner J., Larsen B.M., Lauceri R., Legakis A., Lois S., Lundberg S., Moorkens E., Motte G., Nagel K.-O., Ondina P., Outeiro A., Paunovic M., Prié V., von Proschwitz T., Riccardi N., Rudzītis M., Rudzītis M., Scheder C., Seddon M., Şereflışan H., Simić V., Sokolova S., Stoeck K., Taskinen J., Teixeira A., Thielen F., Trichkova T., Varandas S., Vicentini H., Zajac K., Zajac T., Zogaris S. 2017b. Conservation status of freshwater mussels in Europe: state of the art and future challenges // Biological Reviews. V. 92. P. 572–607.
- Mansur M.C.D., Da Silva M.D.-G.O. 1990. Compared morphology and microanatomy of *Bartlettia stefanensis* (Moricand, 1856) with *Anodontites tenebricosus* (Lea, 1834) (Bivalvia, Unionoida, Muteoloidea) // Amazoniana. V. 11, N 2. P. 147–166.
- McElwain A., Bullard S.A. 2014. Histological atlas of freshwater mussels (Bivalvia, Unionidae): *Villosa nebulosa* (Ambleminae: Lampsilini), *Fusconaia cerina* (Ambleminae: Pleurobemini) and *Strophitus connasaugaensis* (Unioninae: Anodontini) // Malacologia. V. 57, N 1. P. 99–239.
- Myers R.K., McGavin M.D. 2007. Cellular and tissue responses to injury // Pathologic Basis of Veterinary Disease. 4th Ed. / M.D. McGavin, J.F. Zachary (Eds.) St. Louis, Missouri: Mosby. P. 3–63.
- Nagel K.-O. 1999. Anatomische und morphologische Merkmale europäischer Najaden (Unionoidea: Margaritiferidae und Unionidae) und ihre Bedeutung für die Systematik // Heldia. Bd. 2, Sonderheft 3. S. 33–48.
- Ortmann A.E. 1910. A new system of the Unionidae // Nautilus. V. 23. P. 114–120.
- Ortmann A.E. 1911. A monograph of the najads of Pennsylvania. Anatomical investigations // Memoirs of the Carnegie Museum. V. 4, N 6. P. 279–347.
- Purchon R.D. 1958. The stomach in the Eulamellibranchia: stomach type IV // Proceedings of the Zoological Society of London. V. 131, N 4. P. 487–525.

- Smith D.G. 1980. Anatomical studies on *Margaritifera margaritifera* and *Cumberlandia monodonta* (Mollusca: Pelecypoda: Margaritiferidae) // Zoological Journal of the Linnean Society. V. 69. P. 257–270.
- Smith D.G. 1983. On the so-called mantle muscle scars on shells of the Margaritiferidae (Mollusca: Pelecypoda), with observations on mantle-shell attachment in the Unionoida and Trigonoida // Zoologica Scripta. V. 12, N 1. P. 67–71.
- Smith D.G., Lang B.K., Gordon M.E. 2003. Gametogenic cycle, reproductive anatomy, and larval morphology of *Popenaias popeii* (Unionoida) from the Black River, New Mexico // Southeastern Naturalist. V. 48. P. 333–340.
- Song M.-Y., Im J., Lee W.-O., Kim S.T., Kim D.-H. 2015. Reproductive ecology of the freshwater bivalve, *Unio douglasiae* (Unionidae) in Lake Uiam // Korean Journal of Malacology. V. 31, N 3. P. 171–178.
- Yokley P. 1968. A study of the anatomy of the naiad *Pleurobema cordatum* (Rafinesque, 1820) (Mollusca: Bivalvia: Unionoida): Dissertation. Columbus, Ohio: Ohio State University. 139 p.
- Zhong L., Xiao T.-Y., Huang J., Dai L.-Y., Liu X.-Y. 2011. Histopathological examination of bivalve mussel *Hyriopsis cumingii* Lea artificially infected by virus // Acta Hydrobiologica Sinica. V. 35. P. 666–671.

Published online December 27, 2018

A new small chiton (Mollusca: Polyplacophora) from Guadelupe

Boris I. Sirenko

Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg 199034, Russia
e-mail: marine@zin.ru

urn:lsid:zoobank.org:pub:2BA83ED2-C35A-49BC-8731-09A5F4BBB6C5

Leptochiton guadelupe **sp. nov.** from near Guadelupe in western Atlantic is described. The new species differs from other western Atlantic species of the genus *Leptochiton* by having a unique sculpture of tegmentum in the form of concentric rows of granules and the unidentate cusp of the major lateral tooth of radula, which has a deep longitudinal groove on each side.

Key words: chiton, *Leptochiton*, Leptochitonidae, new species, western Atlantic.

Маленький новый хитон (Mollusca: Polyplacophora) из Гваделупы

Б.И. Сиренко

Зоологический институт РАН, С.-Петербург 199034, Россия
e-mail: marine@zin.ru

urn:lsid:zoobank.org:pub:2BA83ED2-C35A-49BC-8731-09A5F4BBB6C5

Представлено описание *Leptochiton guadelupe* **sp. nov.** из западной Атлантики у Гваделупы. Новый вид отличается от других западно-атлантических видов рода *Leptochiton* уникальной скульптурой тегмента в форме концентрических рядов зерен и однозубцовым наконечником крючковой пластинки радулы, которая имеет глубокие продольные борозды на каждой стороне.

Ключевые слова: хитон, *Leptochiton*, Leptochitonidae, новый вид, западная Атлантика.

Chitons of the genus *Leptochiton* Gray, 1847 in western Atlantic are still poorly studied. Information about these species may be obtained from a number of papers [Dall, 1889; Pilsbry, 1892–1894; Boone, 1928; Castellanos, 1951; Kaas, 1972, 1994; Righi, 1973; Kaas, Van Belle, 1985; Mayhew, Cole, 1995; Kaas et al., 2006; Sirenko, 2006, 2015a, b; Güller et al., 2015].

Only 11 species of the genus are recorded in this large area (*Leptochiton alveolus* (Lovén, 1846) and *L. arcticus* (G.O. Sars, 1878) from the northeastern and northwestern Atlantic; *L. medinae* Plate, 1899, *L. kerguelensis* Haddon, 1886, *L. laurae* Schwabe et Sellanes, 2010 and *L. antarcticus* Sirenko, 2015 from southwestern Atlantic; *L. pergranatus* Dall, 1889, *L. micropustulosus* Kaas, 1994 and *L. binghami* (Boone, 1928) from the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea; *L. darioi* Righi, 1973 and *L. sanmantiensis* Güller, Liuzzi et Zelaya, 2015 from the central part of western Atlantic). We are

currently aware of three species of *Leptochiton* from the tropical waters of the western Atlantic, and they all live in the lower subtidal or in the upper bathyal zones. A new species, discovered by a French expedition off the coast of Guadeloupe, was no exception. It inhabits waters of 80 m deep. I provide here its description.

Material and methods

The specimen from Guadeloupe was kindly placed at my disposal by Dr. Philippe Bouchet (MNHN) and it was collected by the French expedition Campagne KARUB-ENTHOS 2012. Specimens selected for a scanning electron microscopy (SEM) study were boiled in 7% KOH for 7–10 minutes, and then boiled twice in fresh water. Then several valves (valves I, II, IV, V and VIII), half of the radula and a portion of the girdle were chosen for a scanning electron microscope FEI SEM Quanta 250 Scan. The rest of the radula and girdle were dried and put in Canadian balsam for examination under a light microscope.

Abbreviations: BL – body length; MNHN – Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France; stn. – station; ZISP – Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia.

Taxonomy

Class **POLYPLACOPHORA** Gray, 1821

Subclass **NEOLORICATA** Bergenhayn, 1955

Order **LEPIDOPLEURIDA** Thiele, 1909

Family **Leptochitonidae** Dall, 1889

Genus *Leptochiton* Gray, 1847

Type species. *Chiton cinereus* Montagu, 1803 (non Linne, 1767) = *Leptochiton asellus* (Gmelin, 1791) fide Lovén, 1846, subsequent designation by Gray, 1847.

Genus distribution. Worldwide, Carboniferous – Recent.

Leptochiton guadelupe Sirenko sp. nov.

Figs. 1–4

urn:lsid:zoobank.org:act:E80A5641-180B-4D5B-A48B-6B11147AEF8A

Type material. Holotype (MNHN IM-2013-67001) now disarticulated consisting of SEM stub of valves I, II, V, VIII, part of perinotum and radula, mount of part of perinotum and radula and vial with other valves.

Type locality. Western Atlantic, off Guadeloupe: Est Petite Terre, Campagne KARUBENTHOS 2012, stn. GD61, 16°11.97' N, 61°03.96' W, depth 80 m, BC5071, 26.05.2012.

Etymology. Named after Guadelupe.

Distribution. Known only from the type locality.

Diagnosis. Animal very small. Valves moderately elevated, carinated, not beaked. Lateral areas raised. Tail valve with mucro anterior. Pleural parts of central areas with well raised oval granules arranged in concentric as well in longitudinal rows.

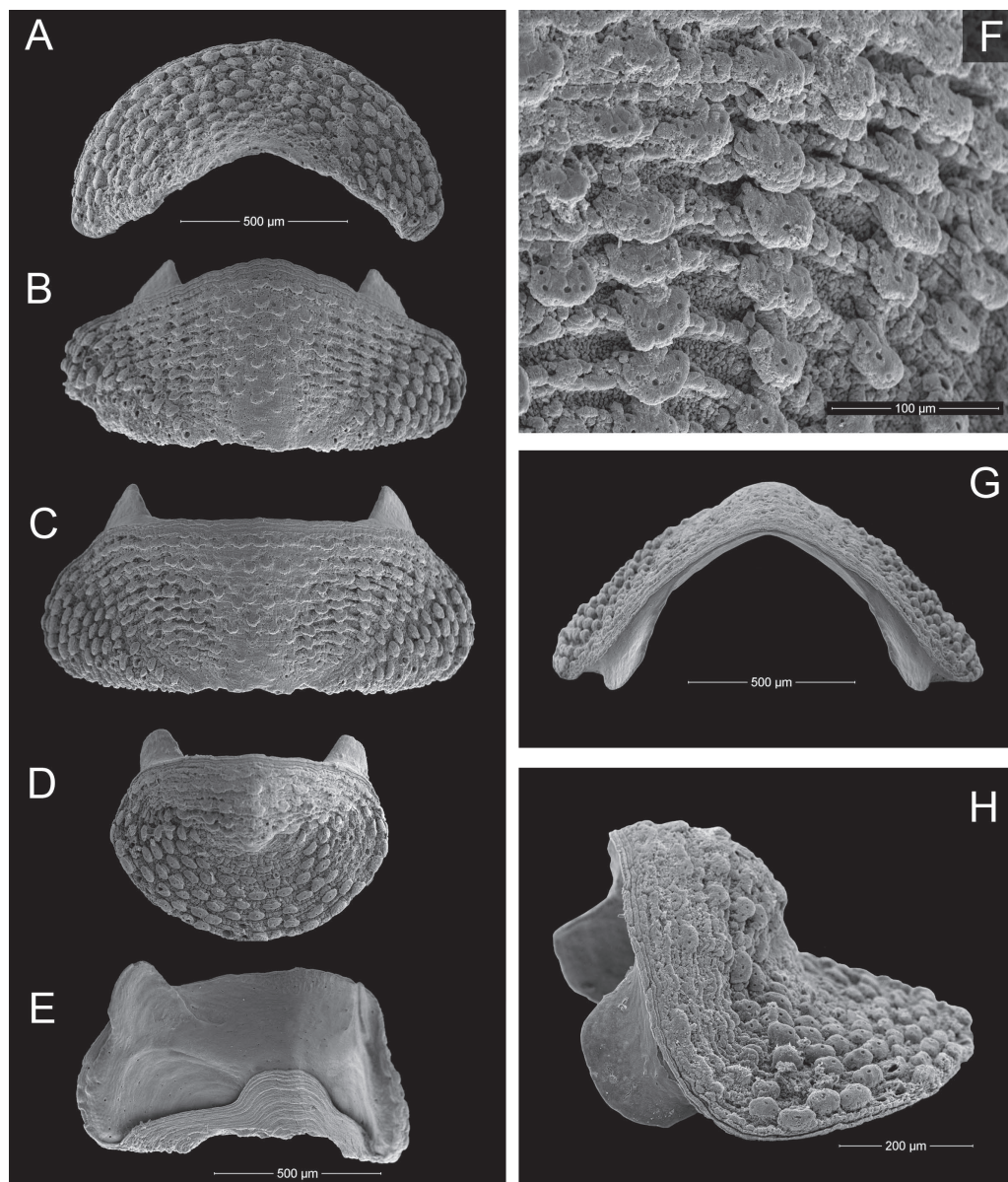


Fig. 1. *Leptochiton guadelupe*, **holotype** (MNHN IM-2013-67001), BL 2.0 mm; **A** – head valve, dorsal view; **B** – valve II, dorsal view; **C** – valve V, dorsal view; **D** – tail valve, dorsal view; **E** – valve V, ventral view; **F** – surface of tegmentum in central area; **G** – valve V, rostral view; **H** – tail valve, lateral view.

Head valve, lateral areas of intermediate valves and postmucronal area of tail valve with similar granules arranged quincuncially. Each granule with one megalaesthete and four micraesthetes. Dorsal scales wide, obtusely pointed, with 16–17 distinct, double ribs, interstices very narrow. Radula with numerous transverse rows of very small teeth. Major lateral teeth of radula with unidentate cusp, which has deep longitudinal groove on each side.

Description. Holotype very small, BL about 2.0 mm, elongate-oval, moderately elevated (elevation ratio in valve V 0.45). Valves rather thick for the genus, carinated, not beaked. Color of tegmentum white.

Head valve semicircular, wider than tail valve. Intermediate valves broadly rectangular, short and wide, anterior and posterior margins nearly straight, not beaked, lateral margins rounded. Lateral areas raised. Tail valve high, transversely elliptical with anterior mucro, antemucronal area convex, postmucronal area deeply concave.

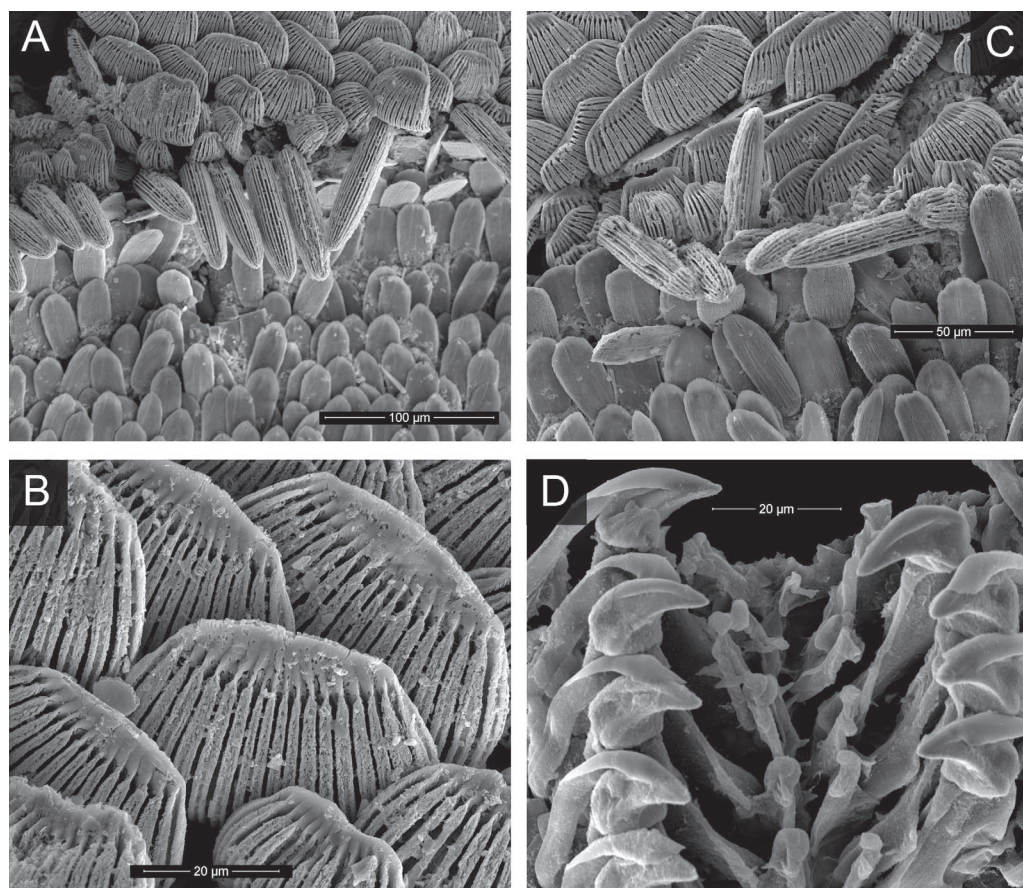


Fig. 2. *Leptochiton guadelupeii*, holotype (MNHN IM-2013-67001), BL 2.0 mm; A, C – dorsal scales, marginal spicules and ventral scales; B – dorsal scales; D – part of radula.

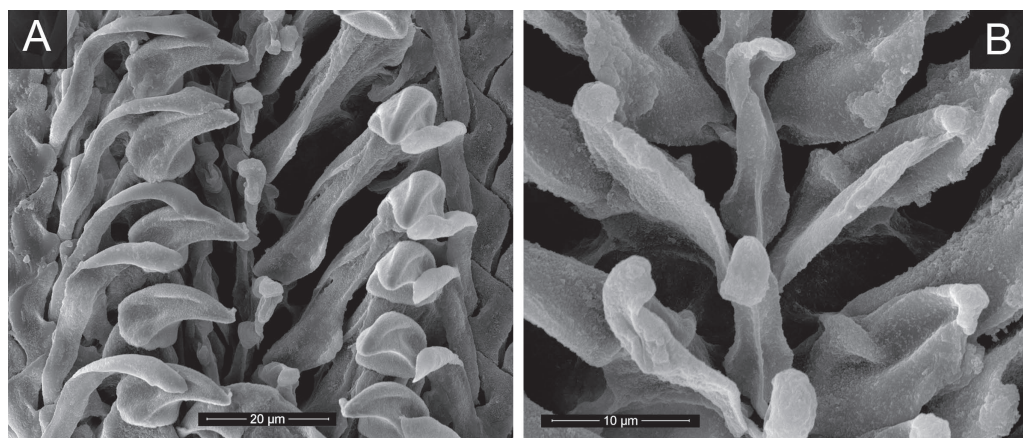


Fig. 3. *Leptochiton guadelupe*, **holotype** (MNHN IM-2013-67001), BL 2.0 mm; **A** – part of radula; **B** – central and first lateral teeth of radula.

Tegmentum sculptured with well raised oval granules arranged in more or less quincuncial pattern on head valve, the lateral areas of intermediate valves and on the postmucronal area of tail valve, in longitudinal as well in concentric rows on pleural parts of central areas of intermediate valves and on antemucronal area of tail valve. Jugal areas with flattened granules arranged in a random manner. Each granule has one megalaesthete and four micraesthetes.

Articulamentum well developed, apophyses small and widely separated.

Girdle very narrow, covered with wide and obtusely pointed dorsal scales (50x50 µm) with 16–17 distinct double ribs. Sutures between valves armed with few long and ribbed spicules (210x22 µm). Marginal spicules elongate (110x18 µm) with 6–7 distinct ribs arranged around the spicule. Ventral scales in central part pointed, smooth (42x18 µm) those near margin have 4–5 short, weak ribs on the distal half in ventral side.

Radula of the holotype 0.7 mm long with about 40 transverse rows of mature teeth. Central teeth bulbose near the point base, distal half narrow, first lateral teeth with a narrow cusp and an outward projecting wing, major lateral teeth with unidentate cusp, which has deep longitudinal groove on each side.

The gills were not counted as the specimen was dry and curled up.

Remarks. New species differs from other species of genus *Leptochiton* known from the western Atlantic (*L. alveolus*, *L. medinae*, *L. pergranatus*, *L. binghami*, *L. darioi*, *L. micropustulosus* and *L. compostellanus*) by having unique sculpture of tegmentum in the form of concentric rows of granules and unidentate cusp of major lateral tooth of radula, which has deep longitudinal groove on each side.

L. guadelupe sp. nov. is more similar to the eastern Atlantic species of the genus *Leptochiton* (*L. leloupi* Kaas, 1979 and *L. tenuis* Kaas, 1979). Both are from the Bay of Biscay. The new species differs from the other ones by having 16–17 double ribs

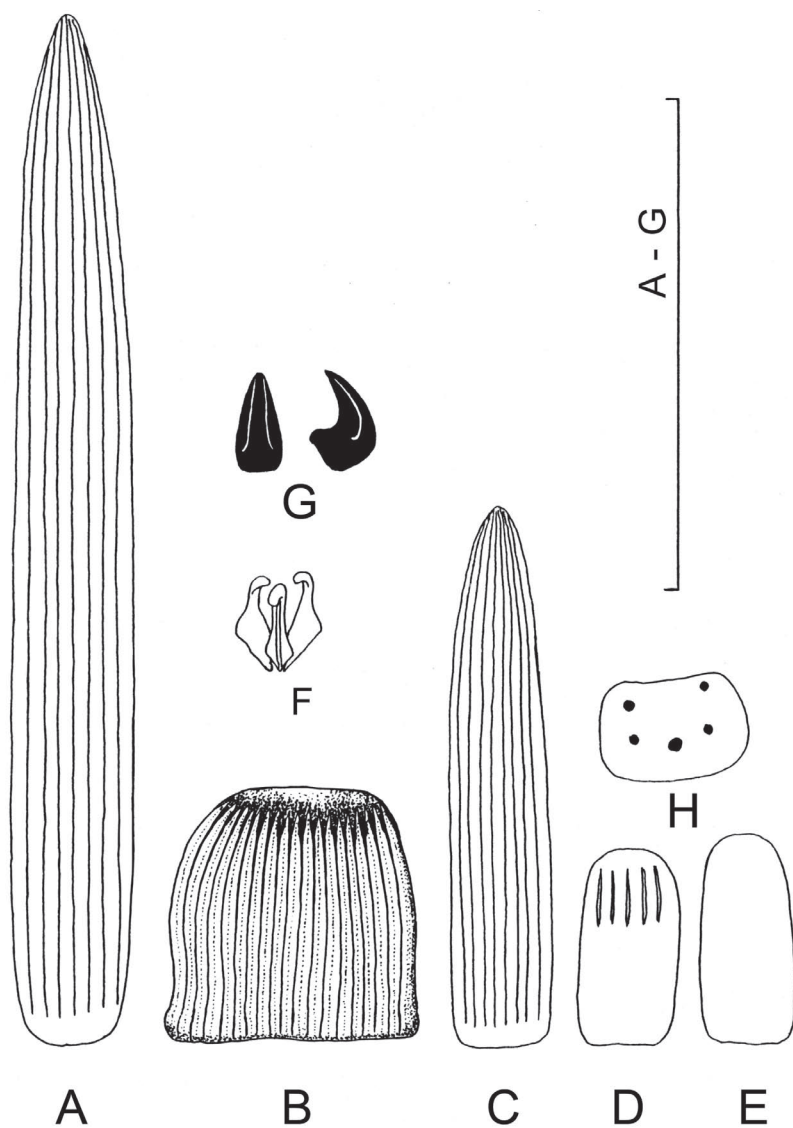


Fig. 4. *Leptochiton guadelupeii*, **holotype** (MNHN IM-2013-67001), BL 2.0 mm; **A** – sutural needle; **B** – dorsal scale; **C** – marginal needle; **D** – ventral scale near margin; **E** – ventral scale in middle part; **F** – central and first lateral teeth of radula; **G** – heads of major lateral teeth of radula; **H** – aesthete group on central area. Scale bar 100 μ m.

on dorsal scales (vs. 12–14 single ribs in *L. leloupi*), the anterior mucro (vs. about central in *L. leloupi*), pleural parts of the central areas with well raised oval granules arranged in concentric and longitudinal rows (vs central areas with rather widely separated longitudinal chains of irregularly shaped tubercles mostly composed of several

granules cemented together in *L. leloupi*). The new species differs from *L. tenuis* by having broader dorsal scales 50 μm long, 50 μm wide, with 16–17 double ribs on the dorsal scales (vs. 60–70 μm long, 35–40 μm wide with 10–12 single ribs in *L. tenuis*), the anterior mucro (vs. the mucro behind the center in *L. tenuis*), carinated valves (vs. not carinated in *L. tenuis*). *L. guadelupe*i is also similar to *L. hiriensis* Schwabe et Lozouet, 2006 from Rapa Island, southern Pacific by the sculpture of tegmentum, but differs by having the unidentate cusp of the major lateral tooth of radula, which has a deep longitudinal groove on each side (vs. tridentate cusp in *L. hiriensis*), 16–17 distinct double ribs (vs. up to 15 simple ribs in *L. hiriensis*) and the high tail valve with the anterior mucro (vs. the low tail valve with the central mucro in *L. hiriensis*).

Acknowledgements

I would like to thank Philippe Bouchet (NMHN) for the material, Michael Blikhteyn (Portland, Oregon, USA) for polishing the English, Alexey Miroljubov (ZISP) for his technical assistance with SEM procedures and Galina Kuznetsova (ZISP), who prepared the digital plates. This study was performed using equipment of the «Taxon» Research Resource Center (http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/?sphrase_id=8879024) of the ZISP. This work was supported by the state scientific program «Fauna, Ecology and Biogeography of Water Invertebrates AAA-A17-1170303102 07-3».

References

- Boone L. 1928. Scientific results of the first Oceanographic Expedition of the «Pawnee», 1925. Mollusca from tropical East American seas // Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection. V. 1, N 3. P. 1–20.
- Castellanos Z.J.A., de. 1951. Poliplacoforos del museo Argentino de ciencias naturales // Comunicaciones del Instituto Nacional de Investigacion de las Ciencias Naturales, Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Ciencias Zoológicas. T. 1, N 15. P. 1–31.
- Dall W. 1889. Report on the results of dredging, under the supervision of Alexander Agassiz, in the Gulf of Mexico (1877–78) and in the Caribbean Sea (1879–80), by the U.S. coast survey steamer «Blake», Lieutenant-Commander C.D. Sigsbee, U.S.N., and Commander J.R. Bartlett, U.S.N., commanding, 29, Report on the Mollusca. 2, Gastropoda and Scaphopoda // Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard University. V. 18. P. 1–492.
- Güller M., Liuzzi M.G., Zelaya D.G. 2015. A new species of *Leptochiton* (Polyplacophora: Leptochitonidae) from the southwestern Atlantic // Malacologia. V. 58, N 1–2. P. 147–155.
- Kaas P. 1972. Polyplacophora of the Caribbean region // Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands. V. 41, N 137. P. 1–162.
- Kaas P. 1994. A new species of *Leptochiton* Gray, 1847 (Mollusca: Polyplacophora) from the South Barbados accretionary prism // Zoologische Mededelingen. V 68. P. 45–47.
- Kaas P., Van Belle R. 1985. Monograph of Living Chitons. 1. Order Neoloricata: Lepidopleurina. Leiden: E. J. Brill/W. Backhuys. 240 p.
- Kaas P., Van Belle R.A., Strack H.L. 2006. Monograph of Living Chitons (Mollusca: Polyplacophora). Vol. 6. Suborder Ischnochitonina (concluded): Schizochitonidae; Chitonidae. Additions to Volumes 1–5. Leiden-Boston: Brill. 463 p.

- Mayhew R., Cole F.* 1995. A taxonomic discussion and update of shell-bearing marine molluscs reported from the NW Atlantic north of Cape Cod (including western Greenland) and the Canadian Arctic // *Of Sea and Shore*. V. 18, N 2. P. 99–101.
- Pilsbry H.A.* 1892–1894. Monograph of the Polyplacophora // G.W. Tryon. *Manual of Conchology*. Philadelphia: Academy of Natural Sciences. Vol. 14. P. 1–128, pls. 1–30 [1892]; P. 129–350, pls. 31–68 [1893]; Vol. 15. P. 1–64, pls. 1–10 [1893]; P. 65–133, pls. 11–17 [1894].
- Righi G.* 1973. Adições aos Polyplacophora Brasileiros (Mollusca) // *Papéis Avulsos de Zoologia*. V. 26, N 22. P. 259–273.
- Sirenko B.I.* 2006. Report on present state of our knowledge with regard to the chitons of the Magellan Strait and Falkland Islands // *Venus* (Japanese Journal of Malacology). V. 65. P. 81–89.
- Sirenko B.I.* 2015a. *Leptochiton antarcticus* Mollusca, Polyplacophora) – a new species from the Southern Ocean // *Ruthenica* (Russian Malacological Journal). V. 25, N 4. P. 139–146.
- Sirenko B.I.* 2015b. Shallow and deep-sea chitons of the genus *Leptochiton* Gray, 1847 (Mollusca: Polyplacophora) from Peruvian and Chilean waters // *Zootaxa*. N 4033. P. 151–202.

Published online December 27, 2018

Erginidae fam. nov. (Patellogastropoda) – новое семейство морских блюдечек

А.В. Чернышев

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток 690041, Россия
e-mail: nemertea1969@gmail.com*

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток 690600, Россия

urn:lsid:zoobank.org:pub:8F271DAF-AB2D-4970-AA82-EAAF19474F14

Установлено новое семейство Erginidae fam. nov. с типовым родом *Erginus* Jeffreys, 1877. Основой для установления нового семейства послужили наиболее базальное положение рода *Erginus* s.l. в семействе Lottiidae s.l. согласно молекулярно-генетическому анализу [Nakano, Ozawa, 2007], а также особенности морфологии. В пределах семейства выделены два рода, *Erginus* и *Problacmaea* Golikov et Kussakin, 1972, различающиеся строением мягкого тела и телеоконха.

Ключевые слова: морские блюдечки, *Erginus*, *Problacmaea*, Erginidae.

Erginidae fam. nov. (Patellogastropoda) – a new family of limpets

Alexei V. Chernyshev

*A. V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology,
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia
e-mail: nemertea1969@gmail.com*

Far Eastern Federal University, Vladivostok 690600, Russia

urn:lsid:zoobank.org:pub:8F271DAF-AB2D-4970-AA82-EAAF19474F14

A new family Erginidae fam. nov. with the type genus *Erginus* Jeffreys, 1877 is established based on most basal position of this genus in the family Lottiidae s.l. [Nakano, Ozawa, 2007] and some morphological characters. The family includes two genera, *Erginus* and *Problacmaea* Golikov et Kussakin, 1972, with different morphology of the soft body and teleoconch.

Key words: limpets, *Erginus*, *Problacmaea*, Erginidae.

В 2006 г. нами был проведен обзор системы отряда Patellogastropoda [Чернышев, Чернова, 2006] с учетом всех имеющихся на тот момент данных. Однако год спустя вышла работа Накано и Озава [Nakano, Ozawa, 2007], в которой на основе молекулярно-филогенетического анализа система Patellogastropoda была кардинально пересмотрена. В более поздней работе Накано и Озава [Nakano, Ozawa, 2011] внесли некоторые изменения в эту систему (в частности, в качестве

парафилетической группы было восстановлено семейство Asmaeidae Forbes, 1850 и в таком виде она считается общепринятой. Однако в этой системе существуют некоторые противоречия, касающиеся положения рода *Erginus* Jeffreys, 1877. Исходно Накано и Озава [Nakano, Ozawa, 2007] рассматривали *Erginus* в составе семейства Lottiidae Gray, 1840, где он занимал наиболее базальное положение, при этом семейство Asmaeidae признано младшим синонимом Lottiidae. Позже они [Nakano, Ozawa, 2011] поместили *Erginus* в восстановленное парафилетическое семейство Asmaeidae. Однако в WoRMS и MolluscaBase род *Erginus* остается в составе Lottiidae, а семейство Asmaeidae рассматривается как самостоятельное. Такая неопределенность побудила нас более детально рассмотреть положение рода *Erginus*.

Род *Erginus* был восстановлен Линдбергом [Lindberg, 1988], который снабдил его диагнозом и свел в его младшие синонимы род *Problacmaea* Golikov et Kusakín, 1972. К сожалению, исследования анатомии видов *Erginus* не были опубликованы и остались в диссертационной работе Линдберга [Lindberg, 1983], однако некоторые из этих данных противоречат более поздним исследованиям [Sasaki, 1998]. На основании строения раковины Линдберг отнес род *Erginus* к подсемейству Patelloidinae Chapman et Gabriel, 1923 семейства Lottiidae, однако в дальнейшем это подсемейство было признано полифилетическим [Nakano, Ozawa, 2007] и практически вышло из употребления. В филогенетическом анализе Накано и Озава [Nakano, Ozawa, 2007] род *Erginus* занимает наиболее базальное положение в семействе Lottiidae s.l. (включая Asmaeidae) – более базальное, чем род *Asmaea*. Таким образом, если принять точку зрения, отраженную в WoRMS и MolluscaBase о самостоятельности семейства Asmaeidae, то возникает вопрос о систематическом положении рода *Erginus*. Единственный выход из создавшейся ситуации – установление нового семейства Erginidae, которое является сестринским к Lottiidae + Asmaeidae (рис. 1). Ниже приведен диагноз нового семейства и обсуждается его родовой состав.

Надсемейство **Lottioidea** Gray, 1840

Семейство **Erginidae** Chernyshev fam. nov.

urn:lsid:zoobank.org:act:9B4EEDFD-D68B-4DD6-9728-26A290DA087E

Типовой род *Erginus* Jeffreys, 1877.

Диагноз. Раковина коническая, лишена радиальных ребер, состоит из 4 слоев (радиальный перекрестно-пластинчатый, миостракум, концентрический перекрестно-пластинчатый и призматический). Радула 0.3.0.3.0, латеральные зубы приблизительно равных размеров и формы. Ктений и осфрадий отсутствуют. Нухальная полость преобразуется в выводковый мешок, в котором вынашиваются эмбрионы и ювенильные особи. Велигер с двумя наружными трофическими мешками (рис. 2А). Ювенильные особи с провизорной радулой с формулой 1.1.1.1.1, а затем 1.2.1.2.1 (рис. 2В, С).

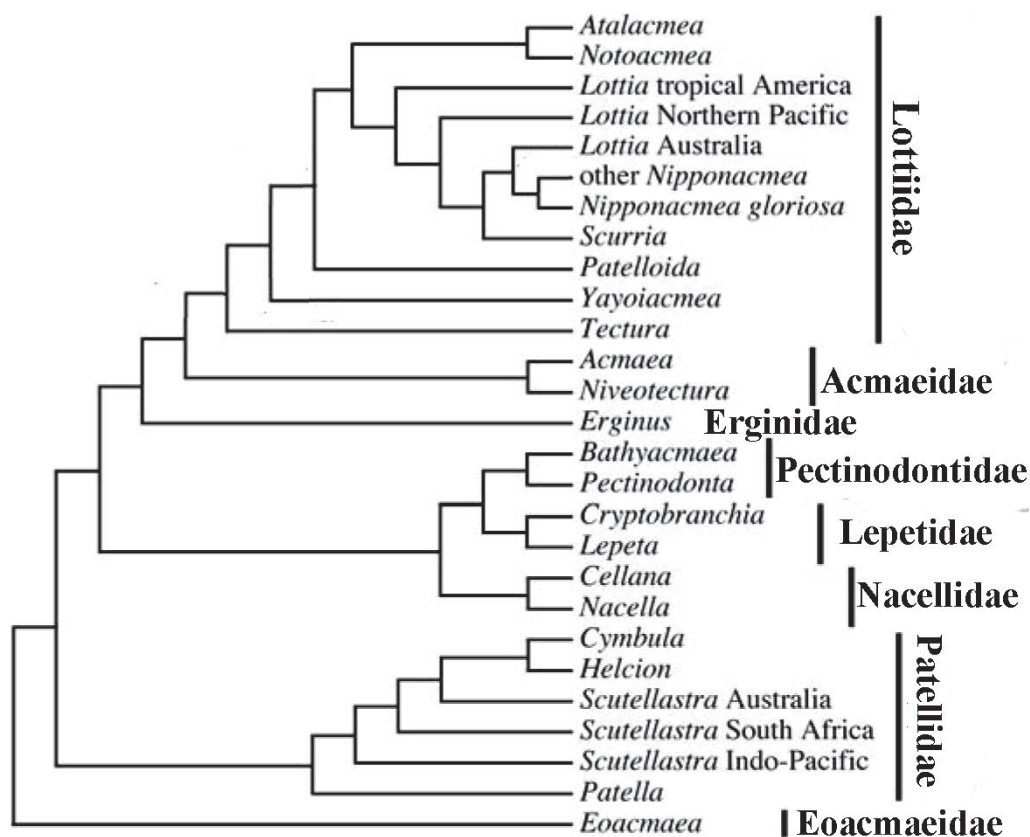


Рис. 1. Филогенетические связи семейства отряда Patellogastropoda (по: Nakano, Ozawa [2011], с изменениями).

Fig. 1. Phylogenetic tree of the patellogastropod families (after Nakano, Ozawa [2011], modified).

Diagnosis. Shell conical, without radial ribs or riblets, consists of four layers (radial crossed-lamellar, myostracum, concentric crossed-lamellar, and complex prismatic). Radula 0.3.0.3.0, lateral teeth approximately equal in size and shape. Ctenidium and osphradium absent. Nuchal cavity becomes enlarged as brooding pouch to accommodate embryos and juveniles. Veligers with two trophical sacs (Fig. 2A). Juveniles with provisional radula from 0.2.1.2.0 to 1.3.1.3.1 (Fig. 2B, C).

С р а в н е н и е. От других семейства отличается необычной репродуктивной биологией. Только *Rhodopetala rosea* (Dall, 1872) из монотипического подсемейства Rhodopetalinae Lindberg, 1981 имеет выводковый мешок, однако у этого вида раковина состоит из 5 слоев, имеется рудиментарный ктенидий [Lindberg, 1981]. Систематическое положение Rhodopetalinae до сих пор остается неясным.

З а м е ч а н и я. Наличие провизорной радулы – признак неясного таксономического значения, но, несомненно, рекапитулирующий анцестральное состояние.

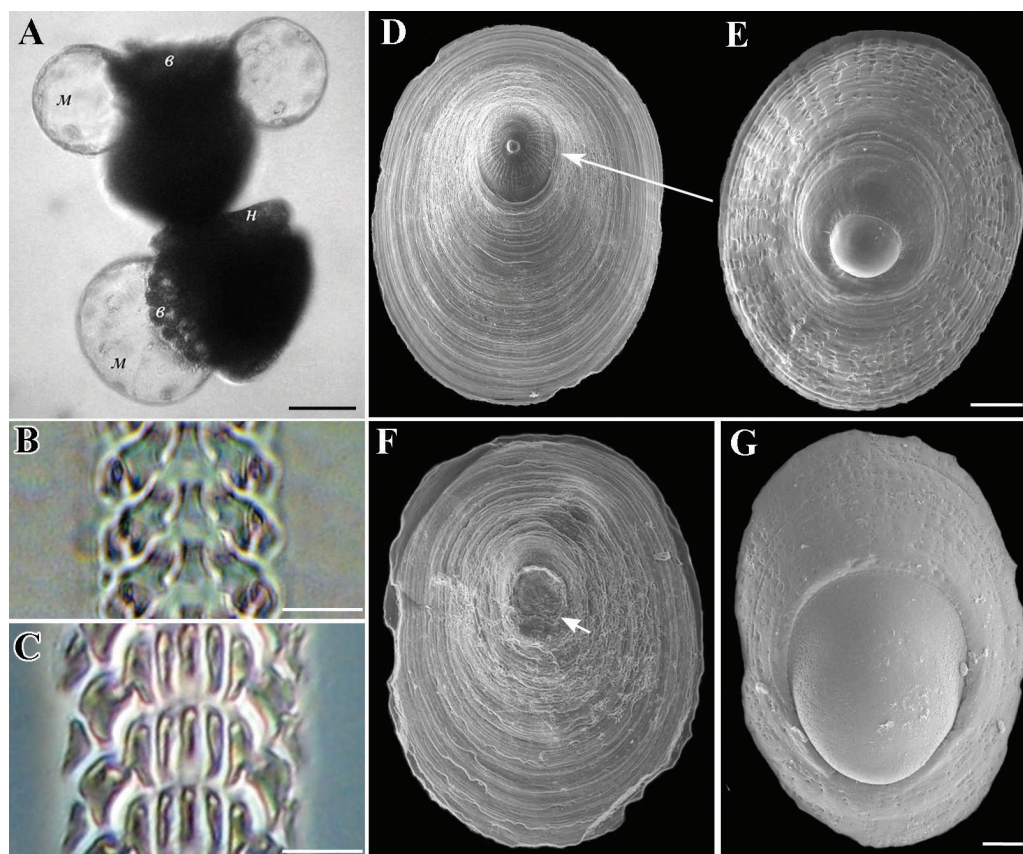


Рис. 2. Особенности строения представителей Erginidae. **A** – *Problacmaea sybaritica*, велигеры из выводковой сумки (в – велум, м – трофические мешки, н – нога): фото К.Г. Колбина; **B, C** – провизорная радула *Erginus galkini*; **D, E** – *Erginus galkini*, раковина молодого экземпляра (длина 3.2 мм) (**D**); раковина ювенильной особи с протоконхом и телеоконхом (**E**); **F** – *Problacmaea sybaritica*, раковина молодого экземпляра (длина 1.2 мм); **G** – *Problacmaea apicina*, раковина ювенильной особи с протоконхом и телеоконхом. Масштаб: A, G – 50 мкм, B, C – 3 мкм, E – 100 мкм.

Fig. 2. Morphology of some erginids. **A** – *Problacmaea sybaritica*, veligers from brooding sac (в – velum, м – trophical sacs, н – foot): photograph courtesy of K.G. Kolbin; **B, C** – provisional radula of *Erginus galkini*; **D, E** – *Erginus galkini*, shell of young specimen (length 3.2 mm) (**D**), juvenile shell with protoconch and teleoconch (**E**); **F** – *Problacmaea sybaritica*, shell of young specimen (length 1.2 mm); **G** – *Problacmaea apicina*, juvenile shell with protoconch and teleoconch. Scale: A, G – 50 μ m, B, C – 3 μ m, E – 100 μ m.

Впервые такая радула с рахидальным и маргинальными зубами описана у эмбрионов *Erginus galkini* Chernyshev et Chernova, 2002 [Чернышев, Чернова, 2002], но найдена нами и у других видов семейства.

С о с т а в. В семейства два рода, которые ранее рассматривались как подроды. Ниже приведены диагнозы обоих родов с учетом оригинальных и опубликованных [Чернышев, Чернова, 2002; Колбин, Куликова, 2013; Lindberg, 1983, 1988; Sasaki, 1998] данных.

Род *Erginus* Jeffreys, 1877

Типовой вид. *Erginus rubellus* (O. Fabricius, 1780).

Диагноз. «Копулятивное» щупальце отсутствует. Анальная папилла маленькая, без усложнений. Перикардиальный мешок вытянут продольно. Протоконх относительно маленький, телеоконх с широкими уплощенными радиальными ребрами, сохраняется на взрослой раковине (рис. 2D, E).

D i a g n o s i s. «Copulatory» tentacle absent. Anal papilla small and simple. Pericardium elongated posteriorly. Protoconch relatively small, teleoconch with wide and flat radial ribs, not lost in adult shell (Fig. 2D, E).

В роде два вида: *Erginus rubellus* (O. Fabricius, 1780) и *E. galkini* Chernyshev et Chernova, 2002.

Род *Problacmaea* Golikov et Kussakin, 1972

Типовой вид. *Problacmaea moskalevi* Golikov et Kussakin, 1972.

Диагноз. «Копулятивное» щупальце обычно имеется, располагается под правым головным щупальцем. Анальная папилла крупная, со складками. Перикардиальный мешок вытянут латерально. Протоконх относительно крупный, телеоконх без радиальной скульптуры, не сохраняется на взрослой раковине (рис. 2F, G).

D i a g n o s i s. «Copulatory» tentacle under right cephalic tentacle usually present. Anal papilla large, with folds. Pericardium elongated laterally. Protoconch relatively large, teleoconch without radial ribs, lost in adult shell (Fig. 2F, G).

З а м е ч а н и я. «Копулятивное» щупальце (пенис – по: Golikov, Kussakin [1972]; subcephalic tentacle – по: Sasaki [1998]) является щупальцевидным придатком без канала внутри [Sasaki, 1998]. Никаких явных признаков копулятивной функции у этого придатка нет, однако появляется он у половозрелых особей.

В роде три вида: *Problacmaea moskalevi* Golikov et Kussakin, 1972, *P. sybaritica* (Dall, 1871), *P. apicina* (Dall, 1879) **comb. nov.** У последнего вида «копулятивное» щупальце отсутствует (вероятно, результат редукции).

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-50-00034).

Литература

- Колбин К.Г., Куликова В.А. 2013. Некоторые аспекты репродуктивной стратегии Prosobranchia залива Петра Великого Японского моря // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Вып. 17. С. 192–213.
- Чернышев А.В., Чернова Т.В. 2002. *Erginus galkini* sp. nov. (Gastropoda, Lottiidae), новый вид морских блюдечек из северной части Тихого океана // Ruthenica (Русский малакологический журнал). Т. 12, № 2. С. 107–112.

- Чернышев А.В., Чернова Т.В. 2006. Система отряда Patellogastropoda (Mollusca, Gastropoda) // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Вып. 10. С. 37–45.
- Golikov A.N., Kussakin O.G. 1972. Sur la biologie de la reproduction des patelles de la famille Tecturidae (Gastropoda: Docoglossa) et sur la position systematique de ses subdivisions // Malacologia. V. 11, N 2. P. 287–294.
- Lindberg D.R. 1981. Rhodopetalinae, a new subfamily of Acmaeidae from the boreal Pacific: anatomy and systematics // Malacologia. V. 20, N 2. P. 291–305.
- Lindberg D.R. 1983. Anatomy, Systematics, and Evolution of Brooding Acmaeid Limpets: Ph.D. Thesis. Santa Cruz: University of California. 277 p.
- Lindberg D.R. 1988. Recent and fossil species of the genus *Erginus* from the North Pacific Ocean (Patellogastropoda: Mollusca) // PalaeoBios. V. 12, N 46. P. 1–7.
- Nakano T., Ozawa T. 2007. Worldwide phylogeography of limpets of the order Patellogastropoda: molecular, morphological and palaeontological evidence // Journal of Molluscan Studies. V. 73, N 1. P. 79–99.
- Nakano T., Ozawa T. 2011. Recent advances in molecular phylogeny, systematics and evolution of patellogastropod limpets // Journal of Molluscan Studies. V. 77, N 1. P. 203–217.
- Sasaki T. 1998. Comparative anatomy and phylogeny of the recent Archaeogastropoda (Mollusca: Gastropoda) // University Museum, University of Tokyo, Bulletin. N 38. P. 1–224.

Published online December 27, 2018

**Variation of shell shape in *Solariella obscura*
(Vetigastropoda: Trochoidea)
in the Eurasian Arctic seas
and adjacent part of the Western Pacific Ocean**

Ekaterina N. Krol^{1, 2}, Ivan O. Nekhaev³

¹Research Laboratory «Monitoring and Conservation of Natural Arctic Ecosystems»,
Murmansk Arctic State University, Murmansk 183038, Russia
e-mail: krol.katerina@gmail.com

²Department of Biology, Murmansk State Technical University,
Murmansk 183010, Russia

³Laboratory of Macroecology and Biogeography of Invertebrates,
St. Petersburg State University, St. Petersburg 199034, Russia
e-mail: inekhaev@gmail.com

Solariella obscura (Couthouy, 1838) is a highly variable species, widely distributed in the seas of the Northern Hemisphere. We tested whether the forms (varieties) of *S. obscura*, recognized by shell sculpture, differ by shape-dependent conchological characters using principal component analysis and discriminant function analysis. We also tested differences between Atlantic and Pacific representatives of the species. A total of nine samples (265 specimens) from the Barents, the Kara and the Bering seas were measured by seven conchological parameters. Varieties of *S. obscura* did not differ significantly in studied characters. It conforms to morphological data of radula and stomach.

Key words: *Solariella obscura*, shell shape, variability, morphology, Arctic, Pacific Ocean.

**Изменчивость формы раковины *Solariella obscura*
(Vetigastropoda: Trochoidea)
в морях евразийской Арктики
и прилегающей западной части Тихого океана**

Е.Н. Кроль^{1, 2}, И.О. Нехаев³

¹Научно-исследовательская лаборатория
«Мониторинг и сохранение природных экосистем Арктики»,
Мурманский арктический государственный университет,
Мурманск 183038, Россия
e-mail: krol.katerina@gmail.com

²Кафедра биологии, Мурманский государственный технический университет,
Мурманск 183010, Россия

³Лаборатория макроэкологии и биогеографии беспозвоночных,
Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург 199034, Россия
e-mail: inekhaev@gmail.com

Solariella obscura (Couthouy, 1838) широко распространен в морях северного полушария и характеризуется высокой изменчивостью морфологии раковины. Мы проверили, различаются ли формы (вариететы) *S. obscura*, выделенные по скульптуре, параметрами, определяющими форму раковины, с помощью анализа главных компонент и дискриминантного анализа. Мы также проверили различия между арктическими и тихоокеанскими представителями вида. Всего было промерено девять выборок *S. obscura* (265 экз.) из Баренцева, Карского и Берингова морей по семи конхологическим параметрам. Вариететы *S. obscura*, как и выборки из Арктики и Пацифики, не отличались друг от друга по исследованным конхологическим параметрам. Это согласуется с данными о морфологии радулы и желудка.

Ключевые слова: *Solariella obscura*, форма раковины, изменчивость, морфология, Арктика, Тихий океан.

Representatives of Trochoidea Rafinesque, 1815 are often characterized by a high intraspecific variation in shell morphology. This led to frequent taxonomic confusions, particularly descriptions of numerous conchological forms as separate taxa of species or subspecies level. Taxonomic status of such forms is often a subject of discussions.

Galkin [1955] tried to explain conchological variability in some trochoidean species from the Eurasian Arctic and the Northwestern Pacific seas. He recognized ecological (varieties) or geographical (subspecies) categories within the most variable species of Trochoidea [Galkin, 1955]. Particularly, for *Solariella obscura* (Couthouy, 1838), a species, widely distributed in temperate and Arctic waters of the Northern hemisphere, Galkin [1955] defined three varieties with different patterns of teleoconch sculpture. Also, he noted that distribution of the varieties in the ocean depends on a depth. According to Galkin [1955], typical form (Fig. 1B) has 2–3 spiral cords, crossed with several axial ribs or folds on the body whorl, and had been reported from the depth range of 3–335 m. *S. obscura* var. *intermedia* (Fig. 1A) has a shell, covered with a spiral sculpture or almost smooth, and lives at a depth of 6–90 m. Body whorl of *S. obscura* var. *bella* (Fig. 1C) has 3–4 ridges. The representatives of this form live at a depth of 39–513 m [Galkin, 1955]. All three forms are not discrete, and specimens with an intermediate pattern of sculpture sometimes occur sympatrically [Galkin, 1955; Warén, 1993]. Strongly sculptured specimens with a reticulate sculpture pattern (i.e., belonging to Galkin's «var. *bella*») had been suggested to have a higher spire, than snails with low sculpture or smooth specimens («var. *intermedia*») [Galkin, 1955; Warén, 1993]. However, this suggestion had never been tested statistically.

In the present paper, we tested whether the forms (varieties) of *S. obscura*, designated by Galkin [1955] based on shell sculpture, differ in shape-dependent conchological characters. We also tested differences between Atlantic and Pacific representatives of the species.

Material and methods

For the present study, collections of *S. obscura*, stored in the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences (ZIN) (S. Petersburg) and Laboratory of

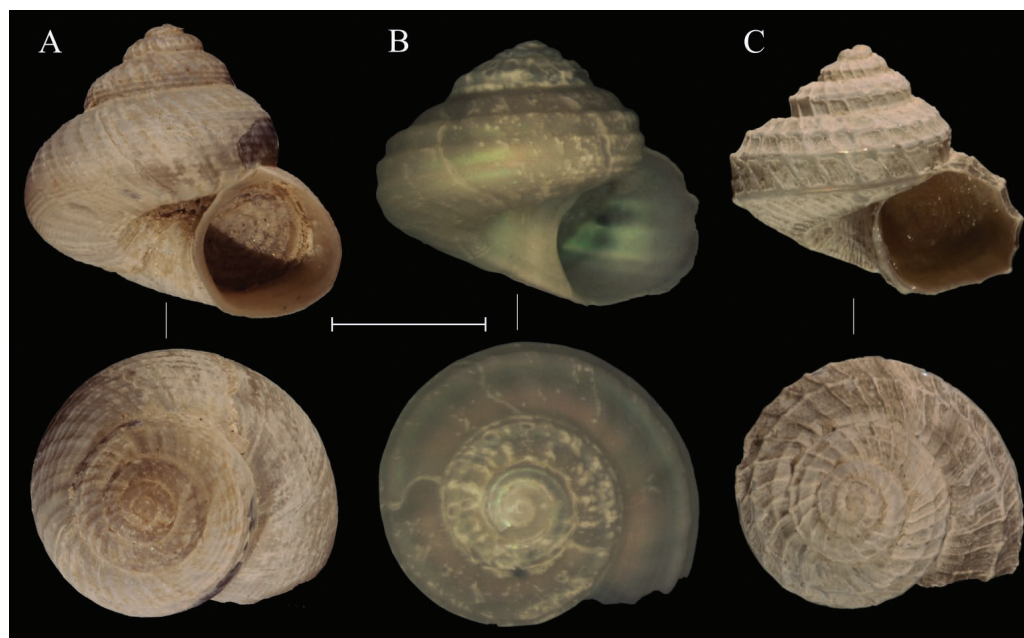


Fig. 1. Varieties of *Solariella obscura*: **A** – «var. *intermedia*», Barents Sea, Iokangskie Islands, 68°04.38' N, 39°34.70' E, ZIN 28/4289; **B** – typical form, Bering Sea, 29 m, 64°02.2' N, 170°04' W, ZIN 675/56388; **C** – «var. *bella*», Barents Sea, 154 m, 69°40.597' N, 34°06.184' E. Scale bar 3 mm.

Macroecology and Biogeography of Invertebrates of the S. Petersburg State University (LMBI) (S. Petersburg), were used. The samples were taken from the Eurasian Arctic and northwest Pacific (Barents, Kara and Bering Seas) (Table 1).

Shells were studied under the stereomicroscope MBS-10 with an eyepiece-micro-meter. All specimens of *S. obscura* were divided into three varieties according to Galkin's diagnosis [Galkin, 1955; Krol, Nekhaev, 2016]. A total of nine samples (265 specimens) (Table 1) were measured for the following conchological parameters: shell height, body whorl height, aperture height, shell width, aperture width, umbilicus width, whorls number (Fig. 2A–C).

For testing differences between the conchological forms and geographical groups (Arctic (Barents and Kara seas) vs. Pacific (Bering Sea)) principal component analysis (PCA) and discriminant function analysis (forward stepwise method) with two data types were performed. For the discrimination, we firstly used direct data of seven measurements mentioned above. Secondly, we used principal component scores (except for axis 1, which is usually correlated with absolute size [Humphries et al., 1981; Vinarski et al., 2017]), the result of the principal component analysis. All statistical analyzes were performed with statistical packages PAST version 1.96 [Hammer et al., 2001] and STATISTICA version 12.

Table 1

Measurements of shells of *Solariella obscura*

	SH, mm	BWH, mm	AH, mm	AW, mm	SW, mm	UW, mm	WN
Typical form, Bering Sea, 29 m, 64°02.20' N, 170°04.20' W, ZIN 88/57652, n=30							
Mean	6.47	5.05	3.35	3.29	7.35	1.84	4.64
SD	0.67	0.48	0.24	0.27	0.62	0.27	0.24
Min	5.40	4.40	2.90	2.90	6.50	1.50	4.25
Max	7.70	6.00	3.90	3.90	8.70	2.50	5.10
«Var. <i>intermedia</i> », Kara Sea, 24 m, 71°41.481' N, 83°29.291' E, LMBI, n=30							
Mean	7.11	5.99	4.22	4.04	8.58	2.04	3.93
SD	1.28	0.80	0.46	0.48	1.04	0.30	0.34
Min	3.20	3.80	2.80	2.60	5.80	1.50	3.25
Max	9.10	7.60	5.20	4.90	10.70	2.50	4.60
«Var. <i>intermedia</i> », East Kamchatka, near Ust-Kamchatsk, 20 m, 56°09.68' N, 162°28.52' E, ZIN 54/4797, n=25							
Mean	4.62	3.93	2.87	2.82	5.95	1.56	4.01
SD	0.88	0.72	0.46	0.45	0.98	0.42	0.38
Min	3.10	2.65	2.00	2.00	4.15	1.00	3.25
Max	6.60	5.55	3.80	3.80	7.90	3.10	4.50
«Var. <i>intermedia</i> », Kara Sea, 17 m, 73°49' N, 70°32' E, ZIN 36/4779, n=30							
Mean	6.16	5.13	3.71	3.57	7.42	1.71	4.43
SD	0.81	0.62	0.38	0.38	0.94	0.31	0.25
Min	5.20	4.50	3.30	3.10	6.50	1.00	4.00
Max	8.40	6.60	4.80	4.50	9.90	2.40	5.00
«Var. <i>intermedia</i> », Barents Sea, 15 m, 69°12' N, 56°50' E, ZIN 85/31660, n=30							
Mean	8.56	6.51	4.30	4.23	9.65	2.70	5.17
SD	0.93	0.62	0.42	0.40	0.90	0.48	0.20
Min	7.00	5.50	3.50	3.70	8.30	2.00	4.80
Max	10.70	8.00	5.10	5.20	12.00	4.00	5.60
«Var. <i>intermedia</i> », Barents Sea, Iokangskie Islands, 68°04.38' N, 39°34.70' E, ZIN 28/4289, n=30							
Mean	6.82	5.41	3.59	3.57	7.87	1.90	4.61
SD	0.93	0.62	0.35	0.36	0.84	0.33	0.29
Min	5.50	4.40	3.00	3.00	6.50	1.50	4.20
Max	8.50	6.60	4.30	4.30	9.70	2.60	5.10

Table 1 (Continued)

	SH, mm	BWH, mm	AH, mm	AW, mm	SW, mm	UW, mm	WN
«Var. <i>intermedia</i> », Barents Sea, 25 m, 68°26.05' N, 38°13.39' E, LMBI, n=30							
Mean	3.53	2.89	2.26	2.15	4.52	0.95	3.47
SD	1.28	0.99	0.84	0.76	1.65	0.21	0.33
Min	2.40	2.00	1.50	1.50	3.15	0.60	3.10
Max	7.70	6.70	5.20	4.90	10.20	1.70	4.50
«Var. <i>intermedia</i> », Barents Sea, 56 m, 69°08' N, 47°52' E, ZIN 88/4350, n=30							
Mean	5.50	4.43	2.89	2.89	6.58	1.58	4.36
SD	0.68	0.49	0.27	0.25	0.68	0.24	0.29
Min	3.90	3.20	2.30	2.30	5.00	1.20	3.90
Max	6.90	5.50	3.30	3.30	7.90	2.20	5.00
«Var. <i>bella</i> », Barents Sea, 292 m, 72°00' N, 43°10' E, ZIN 13/4700, n=30							
Mean	4.31	3.30	2.23	2.29	4.83	1.20	3.98
SD	0.92	0.69	0.45	0.48	1.01	0.32	0.42
Min	2.00	1.65	1.25	1.20	2.50	0.50	2.75
Max	5.75	4.40	3.10	3.10	6.60	1.75	4.75

Note. SD – standard deviation; SH – shell height, mm; BWH – body whorl height; AH – aperture height; AW – aperture width; SW – shell width; WN – whorls number; UW – umbilicus width.

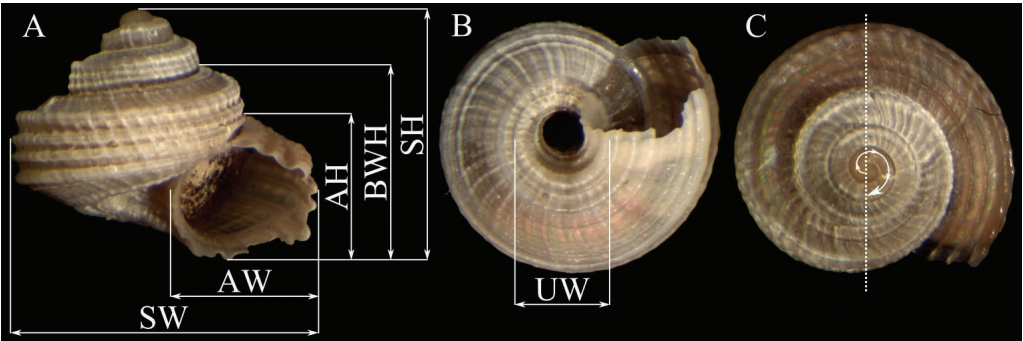


Fig. 2. Scheme of shell measurements (A–B) and counting of whorls number (C). Shell of «var. *bella*». SH – shell height; BWH – body whorl height; AH – aperture height; AW – aperture width; SW – shell width; UW – umbilicus width; spiral arrow indicates the first whorl, whorls number of the shell = 3.9.

Results

Results of measurements of *Solariella obscura* are presented in the Table 1 for samples and in Fig. 3 for varieties. Box plots of shell height (Fig. 3A), body whorl height (Fig. 3B), aperture height (Fig. 3C), shell width (Fig. 3D) and umbilicus width

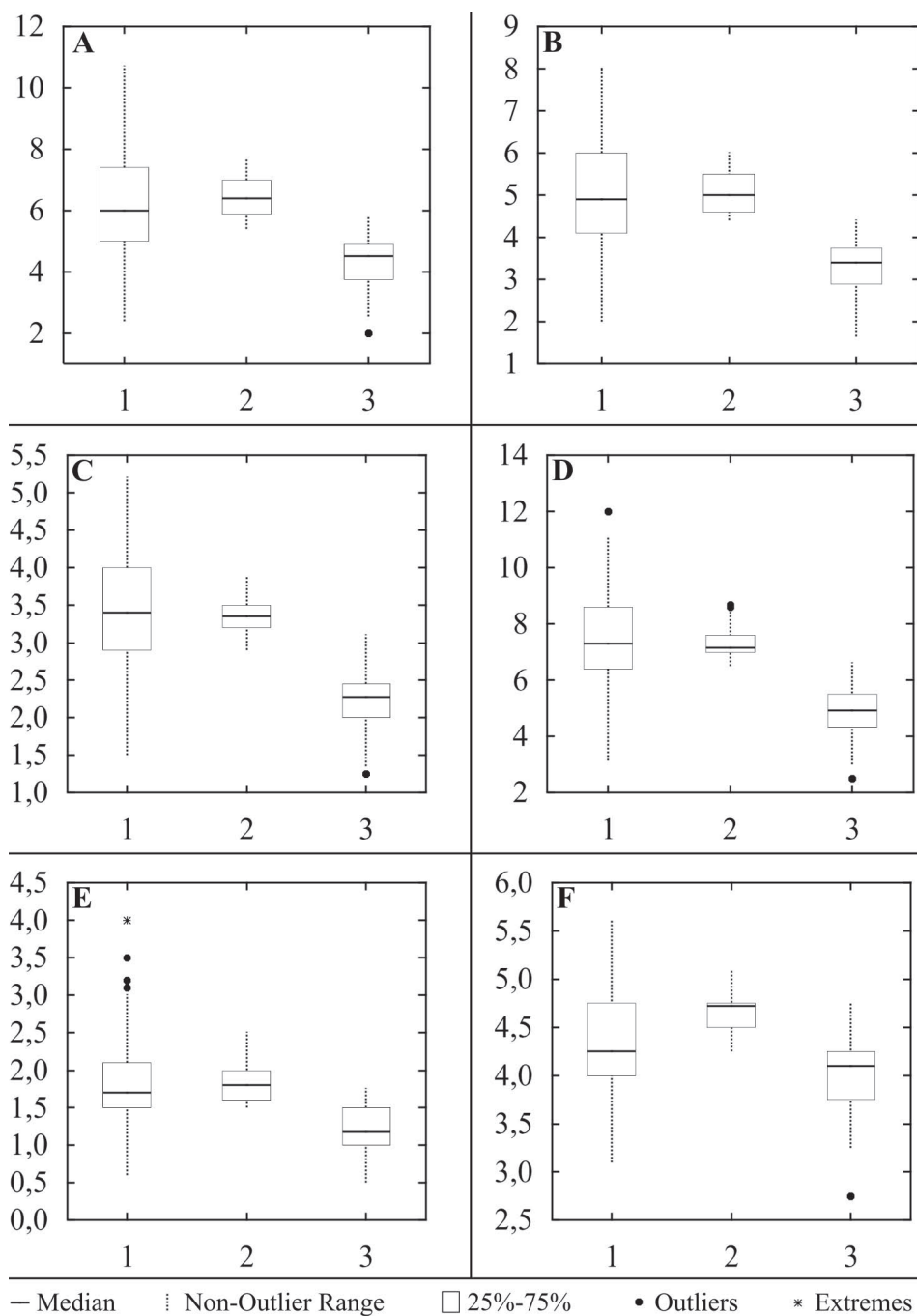


Fig. 3. Box plots of conchological parameters: **A** – shell height; **B** – body whorl height; **C** – aperture height; **D** – shell width; **E** – umbilicus width; **F** – whorls number. 1 – «var. *intermedia*», 2 – typical form, 3 – «var. *bella*».

(Fig. 3E) indicate that «var. *intermedia*» and typical form ranges overlapped with each other, while «var. *bella*» ranges were not overlapped with other two varieties. In the box plot of whorls number (Fig. 3F) ranges of «var. *intermedia*» were partially overlapping with other two varieties, but ranges of «var. *bella*» and typical form did not overlap. This indicates that general pattern of distribution of absolute shell measurements is not different in all three conchological forms.

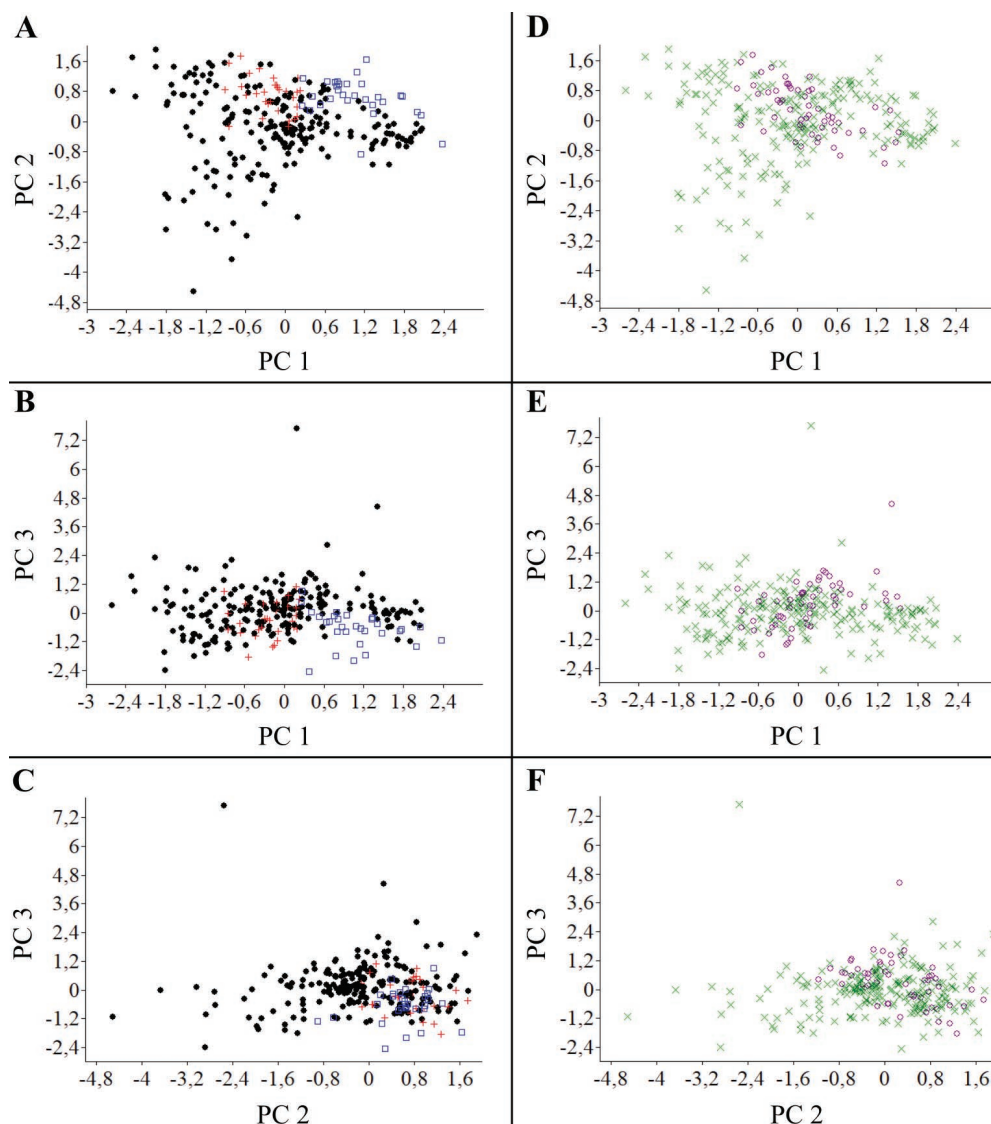


Fig. 4. PCA scatterplots: **A–C** – varieties of *Solariella obscura*; typical form – red crosses, «var. *intermedia*» – black dots, «var. *bella*» – blue squares; **D–F** – geographic groups; Arctic – green crosses, Pacific – violet circles.

The first axis of principal component analysis explained 95.66% of the variance. The bulk of remaining variance is explained by axis 2 (2.09%) and axis 3 (0.86%). Varieties of *S. obscura* were not segregated in separate clusters in the scatterplot of PCA. Nevertheless, individuals of «var. *intermedia*» were compactly grouped and were slightly separated from the rest of the shells (Fig. 4A–C). Arctic and Pacific samples of *S. obscura* were also not segregated in separate clusters (Fig. 4D–F).

Discriminant function analysis, performed with varieties and geographical groups of *S. obscura*, had not demonstrate significant differences neither when absolute values of shell measurements, nor when values of PCA coordinates were used (Table 2, 3).

Table 2

The results of discriminant function analysis (grouped by varieties of *Solariella obscura*)

Group (observed)	Percent correctly classified, %	Group (predicted)		
		Typical form p=0.77	«Var. <i>intermedia</i> » p=0.11	«Var. <i>bella</i> » p=0.11
Analysed by conchological parameters (Wilks' λ =0.72, F(4.52)=23.45, p<0.05)				
Typical form	0	0	30	0
«Var. <i>intermedia</i> »	97.56	1	200	4
«Var. <i>bella</i> »	60.00	0	12	18
Total	82.26	1	242	22
Analysed by principal components (Wilks' λ =0.80, F(4.52)=15.60, p<0.05)				
Typical form	3.33	1	28	1
«Var. <i>intermedia</i> »	97.07	0	199	6
«Var. <i>bella</i> »	16.67	0	25	5
Total	77.36	1	252	12

Table 3

The results of discriminant function analysis (grouped by geographic groups)

Group (observed)	Percent correctly classified, %	Group (predicted).	
		Arctic p=0.79	Pacific p=0.21
Analysed by conchological parameters (Wilks' λ =0.97, F(2.26)=3.84, p<0.05)			
Arctic	99.05	208	2
Pacific	1.82	54	1
Total	78.87	262	3
Analysed by principal components (Wilks' λ =0.96, F(2.26)=5.02, p<0.05)			
Arctic	99.05	208	2
Pacific	1.82	54	1
Total	78.87	262	3

Discussion

The results of multivariate analysis demonstrate that tested forms of *S. obscura*, distinguished based on the shell sculpture, do not differ in shell shape. Also, differences were not observed between the western (Barents and Kara seas) and the eastern (Bering Sea) populations. These results correspond to the evidence of investigations of radula [Galkin, 1955; Warén, 1993] and stomach [Krol, Nekhaev, 2016], which also did not demonstrate evident differences between representatives of different conchological forms.

Some authors [e.g., Høisæter, 1986] had considered a presence of one more species of the genus, *Solariella laevis* Friele, 1886, in the northern Atlantic. Warén [1993] synonymized *S. laevis* with *S. obscura*. The former species conforms to Galkin's definition of *S. obscura* var. *intermedia*. Therefore, our investigation also confirms conspecificity of both forms.

High level of variation of the shell sculpture did not correlate with other morphological characters, as had also been reported in other gastropod taxa [Wigham, 1975; Golikov, 1980; Rex et al., 1988; Nekhaev, 2016]. Usually, this variation is explained by the influence of environmental factors as wave activity, substrate, water temperature or depth-related conditions [Wigham, 1975; Rex et al., 1988; Urabe, 2000]. The geographical pattern of variation of shell sculpture had been reported for some Arctic gastropod species [Golikov, 1980]. However, all conchological forms of *S. obscura*, designated by Galkin, occur sympatrically in the Arctic and Pacific seas (this study) and in the Atlantic Ocean [Warén, 1993; Dornellas, Simone, 2015]. Hence, the ecological explanation of shell variation, offered by Galkin [1955] is unlikely.

Acknowledgements

We are grateful to Boris Sirenko, Raisa Pikalova and Alexey Merkuljev (S. Petersburg, Russia) for their valuable help during the work with collections of ZIN. We also express our gratitude to Yuri Kantor (Moscow) who reviewed our manuscript. The study is supported by Russian Scientific Foundation under the grant No. 18-74-00010 (study of ZIN collections, statistical analysis) and Grant Council of the President of Russia under the grant No. MK-4797.2018.4 (study of recent material from the Barents Sea).

References

- Dornellas A.P.S., Simone L.R. 2015. New morphological data on *Solariella obscura* (Trochoidea: Solariellidae) from New Jersey, USA // *Zoologia (Curitiba)*. V. 32, N 2. P. 162–170.
- Galkin Yu.I. 1955. Gastropod Molluscs Trochids of Far Eastern and Northern Seas of the USSR (Family Trochidae). Moscow, Leningrad: USSR Academy of Sciences. 131 p. [In Russian].
- Golikov A.N. 1980. Molluscs Buccininae of the World Ocean // *Fauna of the USSR Mollusks*. V. 5, N 2. P. 1–508. [In Russian].

- Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis // *Palaeontologia Electronica*. V. 41. P. 1–9.
- Høisæter T. 1986. An annotated check-list of marine molluscs of the Norwegian coast and adjacent waters // *Sarsia*. V. 71, N 2. P. 73–145.
- Humphries J.N., Bookstein F.L., Chenroff B., Smith G.R., Elder R.L., Ross S.G. 1981. Multivariate discrimination by shape in relation to size // *Systematic Zoology*. V. 30. P. 291–308.
- Krol E.N., Nekhaev I.O. 2016. Variability of the spiral caecum in *Solariella obscura* (Vetigastropoda: Trochoidea: Solariellidae) // *Bulletin of the Russian Far East Malacological Society*. V. 20, N 2. P. 89–96. [In Russian].
- Nekhaev I.O. 2016. Morphology and systematic position of *Cingula tumidula* G.O. Sars, 1878 (Gastropoda: Rissoidae) // *Zootaxa*. V. 4184, N 2. P. 395–400.
- Rex M.A., Watts M.C., Etter R.J., O'Neill S. 1988. Character variation in a complex of rissoid gastropods from the upper continental slope of the western North Atlantic // *Malacologia*. V. 29. P. 325–339.
- Urabe M. 2000. Phenotypic modulation by the substratum of shell sculpture in *Semisulcospira reiniana* (Prosobranchia: Pleuroceridae) // *Journal of Molluscan Studies*. V. 66. P. 53–59.
- Vinarski M.V., Bolotov I.N., Schniebs K., Nekhaev I.O., Hundsdoerfer A.K. 2017. Endemics or strangers? The integrative re-appraisal of taxonomy and phylogeny of the Greenland Lymnaeidae (Mollusca: Gastropoda) // *Comptes Rendus Biologies* (doi: 10.1016/j.crv.2017.09.005).
- Warén A. 1993. New and little-known Mollusca from Iceland and Scandinavia. Part 2 // *Sarsia*. V. 78. P. 159–201.
- Wigham G.D. 1975. Environmental influences upon the expression of shell form in *Rissoa parva* (Da Costa) (Gastropoda: Prosobranchia) // *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. V. 55, N 2. P. 425–438.

Published online December 27, 2018

**Дополнение к фауне заднежаберных моллюсков
залива Петра Великого (Японское море):
Melanochlamys chabanae (Heterobranchia: Aglajidae)**

Е.М. Чабан¹, И.А. Екимова^{2, 3}, А.В. Чернышев^{2, 4}

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург 199034, Россия
e-mail: echaban@zin.ru

²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток 690600, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва 119234, Россия
e-mail: irenekimova@gmail.com

⁴Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток 690041, Россия
e-mail: chernyshev.av@dyfu.ru

На основании сборов 2015 и 2016 гг. уточнена фауна раковинных заднежаберных моллюсков рода *Melanochlamys* Cheeseman, 1881 зал. Петра Великого Японского моря: *Melanochlamys chabanae* Breslau, Valdés et Chichvarkhin, 2016 впервые отмечен для зал. Петра Великого. Неполовозрелые особи были собраны в зал. Восток с глубины 5–9 м, один половозрелый экземпляр *M. chabanae* был собран в зал. Петра Великого с глубины 60 м. Определение подтверждено данными молекулярного анализа по фрагментам генов COI, 16S и H3. Приведены новые данные морфологии этого вида в сравнении с ранее выявленным здесь *M. ezoensis*.

Ключевые слова: Cephalaspidea, *Melanochlamys*, морфология, Японское море.

**Additional data on the opisthobranch fauna
of Peter the Great Bay (Sea of Japan):
Melanochlamys chabanae (Heterobranchia: Aglajidae)**

Elena M. Chaban¹, Irina A. Ekimova^{2, 3}, Alexei V. Chernyshev^{2, 4}

¹Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg 199034, Russia
e-mail: echaban@zin.ru

²Far Eastern Federal University, Vladivostok 690600, Russia

³Lomonosov Moscow State University, Moscow 119234, Russia
e-mail: irenekimova@gmail.com

⁴A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology,
Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia
e-mail: chernyshev.av@dyfu.ru

Melanochlamys chabanae Breslau, Valdés et Chichvarkhin, 2016 is reported for the first time from Peter the Great Bay, Sea of Japan. Subadult specimens were collected at a depth of 5–9 m in Vostok Bay. One adult specimen was collected in Peter the Great Bay at 60 m deep. The identification of this species is confirmed by molecular analysis based on COI, 16S and H3 markers. Additional data on the internal morphology of *M. chabanae* are presented.

Key words: Cephalaspidea, *Melanochlamys*, morphology, Sea of Japan.

Заднежаберные моллюски рода *Melanochlamys* Cheeseman, 1881 плохо различаются по признакам внешней и внутренней морфологии, поскольку лишены таких структур, как радула и пластинки гизарда. Однако применение молекулярно-генетических методов показало четкие различия нескольких видов, встречающихся в северной части Тихого океана [Cooke et al., 2014; Breslau et al., 2016]. У побережья Приморья были отмечены 2 вида, *M. ezoensis* (Baba, 1957) в зал. Петра Великого и б. Рудной [Чабан, Чернышев, 2017; Cooke et al., 2014; Chichvarkhin, 2016] и *M. chabanae* Breslau, Valdés et Chichvarkhin, 2016 в зал. Владимира (Приморский край) [Breslau et al., 2016]. В фауне зал. Восток наличие *M. ezoensis* было указано как достоверно подтвержденное, в том числе с помощью молекулярных методов [Чабан, Чернышев, 2017]; также было высказано предположение о возможном нахождении и *M. chabanae* в зал. Петра Великого (см. там же).

До настоящего времени молекулярно-филогенетический анализ был осуществлен преимущественно для половозрелых экземпляров, поскольку дифференциальный диагноз видов рода *Melanochlamys* основывается главным образом на основе морфологии головного копулятивного аппарата. Так как проведенный ранее анализ одного неполовозрелого экземпляра из зал. Восток выявил наличие в этой акватории *M. ezoensis* [Cooke et al., 2014], то априори все меланохлямысы, собранные в этом заливе, относили к этому виду [Чабан, Чернышев, 2017, фототабл. 2, фиг. Е–Г], что нашло подтверждение в анализе фрагмента гена COI. В августе 2016 г. в зал. Восток было собрано несколько неполовозрелых экземпляров рода *Melanochlamys*. Анализ молекулярного разделения видов свидетельствуют о принадлежности этих особей, а также половозрелого экземпляра *Melanochlamys* sp., собранного в зал. Петра Великого с глубины 60 м [Чабан, Чернышев, 2017, фототабл. 2, фиг. I, J] к *M. chabanae*. Изучение морфологии этого экземпляра позволило дополнить описание вида. Полученные филогенетические реконструкции подтверждают близкое родство этого вида с *M. diomedea* (Bergh, 1893) и *M. kohi* Cooke, Hanson, Hirano, Ornelas-Gatdula, Gosliner, Chernyshev et Valdés, 2014. Ниже приводим описание собранных экземпляров *M. chabanae* в сравнении с *M. ezoensis*, также собранного в зал. Восток [Чабан, Чернышев, 2017, фототабл. 2, фиг. С, D].

Материал и методика

Сбор материала. Материал собран в зал. Восток летом 2016 г. с помощью ручной драги, а также с борта катера в сентябре 2015 г. в открытой части зал. Петра Великого с помощью дночерпателя (лебедка с борта катера). Весь материал разбирался сразу, экземпляры содержались в холодильнике для дальнейшего изучения и фотографирования, затем фиксировались 96% этанолом. Морфология раковины и головного копулятивного аппарата изучались и фотографировались с помощью световых микроскопов Leica DME и МСП-1. Материал хранится в Зоологическом институте РАН (г. С.-Петербург).

Молекулярный анализ. Выделение ДНК из трех экземпляров, собранных в зал. Петра Великого (табл. 1) было осуществлено с помощью набора Diatom™ DNA Prep 100 (лаборатория Изоген), согласно протоколу производителя с небольшими изменениями. Для выделения были использованы мягкие ткани моллюска (1–2 мм³). Амплификация фрагментов генов I субъединицы оксидазы цитохрома *c* (COI), 16S рРНК и гистона H3 была проведена с использованием универсальных праймеров HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'), LCO1498 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') [Folmer et al., 1994], 16SarL (5'-CGCCTGTTTAAACAAAAACAT-3') [Palumbi et al., 1991], 16SR (5'-CCGRTYTGAACCTCAGCTCACG-3') [Puslednik, Serb, 2008], H3AF (5'-ATGGC-TCGTACCAAGCAGACVGC-3'), H3AR (5'-ATATCCTTRGGCATRATRG TGAC-3') [Colgan et al., 1998] соответственно. Состав реакционной смеси для амплификации (общий объем 20 мкл): 4 мкл 5x Screen Mix-HS (Лаборатория Евроген), 0.3–0.5 мкл прямого и обратного праймеров (10 мкМ сток), 1 мкл геномной ДНК и 13.4–14 мкл деионизированной дистиллированной воды. Амплификация фрагментов генов производилась по следующей схеме: предварительное плавление ДНК – 95°C, 5 мин, синтез ПЦР-продуктов (35 циклов): плавление – 95°C, 15 с, отжиг праймеров – 45°C, 30 с, синтез ДНК – 72°C, 45 с. Окончательная достройка цепей – 72°C, 7 мин. Для амплификации фрагментов 16S температура отжига праймеров была увеличена до 52°C.

Продукты реакции были проанализированы с применением электрофореза в 1.5–2%-ном агарозном геле. При постановке реакции секвенирования участков генов были использованы те же праймеры в обоих направлениях. Секвенирование проведено на автоматическом секвенаторе ABI Prism 3500 Genetic Analyzer (Life

Таблица 1

Список экземпляров рода *Melanochlamys* из залива Петра Великого, использованных в молекулярном анализе

Table 1

Specimens of *Melanochlamys* from Peter the Great Bay used in molecular analysis

Вид	Место сбора	Ваучер	COI	16S	H3
<i>M. ezoensis</i>	Зал. Восток	IE216*	KX683209	KX683211	KX683210
<i>M. chabanae</i>	Зал. Восток	EC53	MK012182	MK012185	MK012188
<i>M. chabanae</i>	Зал. Восток	EC51	MK012183	MK012186	MK012189
<i>M. chabanae</i>	42°46.911' с.ш., 132°39.284' в.д.	EC17	MK012181	MK012184	MK012187

* Фотография экземпляра содержится в статье Чабан и Чернышева [2017, табл. 2, рис. С, D].

* For photo of the alive specimen see Chaban and Chernyshev [2017, pl. 2, fig. C, D].

Technologies, США) на базе Института биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН с использованием наборов реактивов BigDye Terminator v.3.1 (Applied Biosystems, США) согласно протоколу производителя.

Все полученные в результате чтения последовательности фрагментов исследуемых генов были проверены на принадлежность к роду *Melanochlamys* с помощью программы BLAST, с использованием базы данных GenBank (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). Последовательности с прямых и обратных праймеров были сведены в единую последовательность с помощью программы Geneious 8.0.5. Для сравнения полученных нами фрагментов COI, 16S и H3 с таковыми других видов рода *Melanochlamys*, в пакете программ MEGA6.06 [Tamura et al., 2013] было сделано выравнивание с помощью алгоритма MUSCLE [Edgar, 2004] отдельно для каждого гена. За основу были взяты последовательности из последних работ по таксономии рода [Cooke et al., 2014; Breslau et al., 2016], депонированные в базу данных GenBank. Финальные выравнивания по каждому гену составили: 579 п.н. для COI, 329 п.н. для H3, 416 п.н. для 16S рРНК.

Реконструкция филогенетических деревьев была выполнена с помощью Байесовского анализа (Bayesian Inference, BI). Реконструкция была проведена по объединённым последовательностям всех исследуемых фрагментов. Наиболее оптимальная модель эволюции была определена с помощью программы пакета MEGA6.10 [Tamura et al., 2013] с использованием Байесовского информационного критерия (Bayesian information criterion, BIC). Байесовский анализ был проведен в программе MrBayes 3.1.2. [Ronquist, Huelsenbeck, 2003]. Каждый локус был проанализирован отдельно в соответствие с выбранными моделями их эволюции. Финальные филогенетические реконструкции были визуализированы в программе Fig Tree Drawing Tool v.1.4.0.

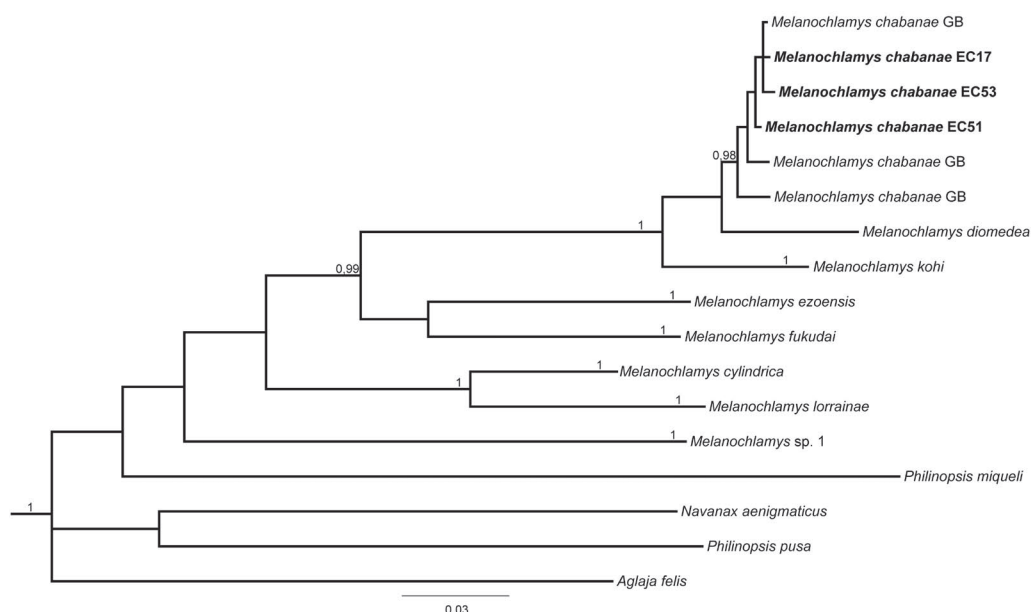
Тест делимитации видов при помощи метода Automatic Barcode Gap Discovery (ABGD) [Puillandre et al., 2012] по фрагменту COI был проведен с помощью программы ABGD Web (<http://www.abi.snv.jussieu.fr/public/abgd/abgdweb.html>) при использовании всех предложенных моделей и настроек по умолчанию.

Нескорректированные *p*-дистанции посчитаны в пакете программы MEGA6.10 [Tamura et al., 2013].

Результаты

Молекулярно-филогенетический анализ

Топология молекулярно-филогенетической реконструкции (см. рисунок) полностью соответствует деревьям, представленным в работах Кук с соавторами [Cooke et al., 2014] и Бреслау с соавторами [Breslau et al., 2016]. Все изученные в данной работе особи кластеризуются вместе с типовым материалом *M. chabanae* (апостериорная вероятность (PP)=0.98). Этот вид является сестринским



Байесовская (MCMC) филогенетическая гипотеза, основанная на анализе объединенных последовательностей (COI+16S+H3), клады видового уровня слиты, кроме клады *Melanochlamys chabanae*. Образцы из зал. Петра Великого выделены полужирным шрифтом. Над ветвями указаны апостериорные вероятности Байесовского анализа со значениями более 0.95.

Phylogenetic hypothesis based on combined molecular data (COI+16S+H3) represented by Bayesian inference, species-level branches collapsed except *Melanochlamys chabanae* clade. Specimens from Peter the Great Bay are highlighted in bold. Numbers above branches indicate posterior probabilities from Bayesian inference (>0.95).

видом *M. diomedea*, однако поддержка этой клады низка (PP=0.71). Еще один филогенетически близкий тихоокеанский вид, *M. kohi*, располагается базально к ним (PP=1).

Анализ молекулярного разделения видов

По результатам ABGD анализа последовательностей COI с использованием всех предлагаемых моделей было выявлено 8 групп при значениях P_{max} от 0.001 до 0.012. Эти группы соответствуют кладам видового уровня рода *Melanochlamys*, реконструированным по результатам молекулярно-филогенетического анализа. Особи из зал. Петра Великого образовали единую группу с типовыми экземплярами *M. chabanae* из зал. Владимира (см. рисунок).

Внутривидовые и межвидовые нескорректированные p -дистанции по фрагментам COI, 16S и H3 представлены в таблице 2.

Исходя из результатов молекулярно-филогенетического анализа и анализа молекулярного разделения видов, особи из зал. Петра Великого консpezifичны особям из зал. Владимира и, следовательно, относятся к одному виду – *M. chabanae*.

Таблица 2

Нескорректированные внутривидовые *p*-дистанции *M. chabanae* и межвидовые дистанции *M. chabanae* от других видов рода *Melanochlamys* по фрагментам COI, 16S и H3 (в %).

Table 2

Uncorrected intra- and interspecific *p*-distances of COI, 16S and H3 loci between *Melanochlamys chabanae* and other *Melanochlamys* species (%)

Вид	COI	16S	H3
<i>M. chabanae</i> (внутривидовые)	0.5–2.7	0–0.3	0–0.7
<i>M. cylindrica</i>	22.4–23.3	4.6–5.1	n/a
<i>M. diomedea</i>	7.6–8.7	1.0–1.3	0.3–0.9
<i>M. ezoensis</i>	20.2–20.8	3.3–3.8	2.8–3.4
<i>M. fukudai</i>	18.8–19.5	3.6–4.1	1.2–1.8
<i>M. kohi</i>	7.6–8.7	2.5–2.8	0–0.7
<i>M. lorrainae</i>	22.0–22.4	5.1–5.3	n/a
<i>Melanochlamys</i> sp. 1	21.3–22.4	8.8	n/a

Систематическая часть

Отряд CEPHALASPIDEA

Семейство Aglajidae Pilsbry, 1895

Род *Melanochlamys* Cheeseman, 1881

Melanochlamys chabanae Breslau, Valdés et Chichvarkhin, 2016

Фототаблица 1, фиг. А–G; фототаблица 2, фиг. А–B

Plate 1, figs. A–G; Plate 2, figs. A–B

Melanochlamys diomedea (Bergh, 1893): Чабан, Мартынов, 1998, рис. 1D, E (non Bergh, 1894).

Melanochlamys sp.: Cooke et al., 2014, p. 365; Chichvarkhin, 2016, figs. 2C, 2D; Чабан, Чернышев, 2017, фототабл. 2, фиг. I, J.

Melanochlamys chabanae Breslau, Valdés et Chichvarkhin, 2016: p. 106, fig. 2.

Типовое местонахождение. Японское море, зал. Владимира, глубина 1–9 м.

Типовой материал. Голотип, MIMB 30354 (Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток), зал. Владимира; паратипы: MIMB 30355, зал. Владимира; LACM 3431 (Natural History Museum of Los Angeles County); CPIC 001267 (California State Polytechnic Invertebrate Collection); CPIC 001268.

М а т е р и а л. 12–16.08.2016 г., зал. Петра Великого, зал. Восток, глубина 5–9 м, ил, драга, сб. А.В. Чернышев, Е.М. Чабан – 9 экз.; зал. Петра Великого, 2015 г., 42°46.911' с.ш., 132°39.284' в.д., глубина 60 м, дночерпатель, сб. Н.В. Кашенко – 1 экз.

О п и с а н и е. Живой половозрелый экземпляр длиной 14 мм, бледно-коричневый с коричневыми пятнами [Чабан, Чернышев, 2017, фототабл. 2, фиг. I, J], удлинненной формы; ширина тела около 1/3 его длины, головной щит чуть короче задней части тела.

В процессе фиксации экземпляр сократился очень сильно и изогнулся так, что его длина не превышает 7 мм (фототабл. 1, фиг. А, В), тело стало относительно толще, его головной щит стал значительно короче задней части тела. Цвет тела фиксированного экземпляра – оливковый с небольшими участками белого в задней части тела и почти белый с многочисленными пятнами оливкового на головном щите. Выемка заднего края мантии хорошо видна как у живых, так и у фиксированных экземпляров. Раковина вскрытого экземпляра оказалась значительно разрушенной.

Неполовозрелые живые особи в сборах представлены экземплярами длиной 2–6 мм (фототабл. 1, фиг. Е, F), их головной щит составляет примерно 1/3 длины тела; окраска – на светлом фоне плотно расположенны оливковые мелкие пятнышки.

Глотка крупная, вздутая, мускулистая, длиной 0.8 мм и шириной около 0.5 мм (фототабл. 1, фиг. С, D). Она лишена челюстей и радулы и служит для всасывания пищевых объектов. Короткий пищевод ведет в крупный тонкостенный вздутый зоб (фототабл. 1, фиг. С, D); узкий желудок двумя протоками соединен с лопастями крупной пищеварительной железы (фототабл. 1, фиг. С); кишечник, делая дугу между лопастями пищеварительной железы, открывается в мантийную полость.

Гермафродитная часть половой системы занимает довольно большой объем висцерального мешка (фототабл. 1, фиг. С, D): крупная телесного цвета гонада, узкая извилистая и относительно короткая ампула, крупная прозрачная изогнутая слизистая с небольшой дополнительной лопастью, и небольшая непрозрачная белковая железы; ближе к переднему концу тела справа под пищеварительной железой лежит *gametolytic sac* (не показан), а слева – изогнутый *receptaculum seminis* (фототабл. 1, фиг. D). Головной копулятивный аппарат (фототабл. 1, фиг. G; фототабл. 2, фиг. А, В) состоит из мешка пениса, простаты и семенного пузырька. В мешке пениса хорошо видны вносящая семенная борозда (*incurrent sperm groove*), длинный изогнутый penis со стилетом, короткая широкая складка выносящей семенной борозды (*excurrent sperm groove*). Простата (*pr*) (фототабл. 2, фиг. А, В) недлинная, широкая, изогнутая почти под прямым углом, одним концом соединяется с основанием мешка пениса; семенной пузырек (*sb*) (фототабл. 2, фиг. А) узкий удлинненный извилистый с небольшим расширением к концу, он также присоединяется к основанию мешка пениса. Семенной пузырек короче простаты примерно в два раза. Все части головного копулятивного

аппарата многочисленными мышечными (?) волокнами присоединены к стенке тела; мышечный ретрактор присоединяется к середине простаты (фототабл. 2, фиг. А – *m*). Семенной пузырек также крепится к стенке тела мышечными волокнами и при вскрытии оказался оторванным от мешка пениса, но место их соединения (фототабл. 2, фиг. А, В – обозначено стрелкой) хорошо маркируется извилистым тонким непрозрачным семяизвергательным каналом, видимым с одной стороны в основании мешка пениса, а с другой – в семенном пузырьке (фототабл. 2, фиг. А).

Распространение. В зал. Восток достоверно встречены на глубине 5–9 м в августе, на илистом грунте. В открытой части зал. Петра Великого собран на глубине 60 м. В зал. Владимира в мае встречен на глубине 1–9 м частично зарывшимися в песчаный грунт [Breslau et al., 2016; Chichvarkhin, 2016]. Отмечен для Южной Кореи (Wando Island, South Jeolla Province) [Cooke et al., 2014].

З а м е ч а н и я. *M. chabanae* впервые был описан по нескольким экземплярам, собранным в зал. Владимира (Приморский край) с глубины 1–9 м с помощью водозлазного снаряжения. В описании отмечено [Breslau et al., 2016], что головной копулятивный аппарат существенно отличается от всех типов копулятивных аппаратов, описанных ранее для видов рода *Melanochlamys* [Cooke et al., 2014], а именно: простата и семенной пузырек одинаковой длины, а мышечный ретрактор крепится к семенному пузырьку. К сожалению, авторы не расправили копулятивный аппарат, и на рисунке семенной пузырек наложен на простату, и непонятно, вся ли длина простаты видна, и к чему крепится мышечный ретрактор [Breslau et al., 2016, fig. 2B]. Единственная изученная нами половозрелая особь собрана в зал. Петра Великого с глубины 60 м. По размерам и внешней морфологии наш экземпляр не отличается от экземпляров из зал. Владимира, однако, у нашего экземпляра пигментация живого экземпляра коричневая, простата в два раза длиннее семенного пузырька, а мышечный ретрактор прикреплен к простате (фототабл. 2, фиг. А). Эти различия ставят вопрос о границах внутривидовой изменчивости окраски тела и морфологии половой системы *M. chabanae*. Морфология головного копулятивного аппарата *M. chabanae* имеет большое сходство с филогенетически близким видом *M. diomedea* (см.: Cooke et al. [2014, suppl. S1, fig. 2D]): головной копулятивный аппарат обоих видов включает довольно короткую толстую простату и маленький извитой семенной пузырек. На основании такой морфологии головного копулятивного аппарата *M. diomedea* был отмечен ранее для фауны российской части Японского моря от зал. Посыета до Татарского пролива [Чабан, Мартынов, 1998, фиг. 1Е], однако уточненный ареал этого вида включает теперь только тихоокеанское побережье Северной Америки [Cooke et al., 2014]. В связи с вышесказанным, экземпляры меланохламисов из российских вод Японского моря, указанные ранее как *M. diomedea*, с подобной морфологией головного копулятивного аппарата (см.: Чабан, Мартынов [1998, фиг. 1Е, D]) мы относим здесь к *M. chabanae*. Следует отметить, что, как в первоописании *M. chabanae*, так и у экземпляра с глубины 60 м, изучить морфологию раковины не представилось возможным, т.к. в обоих

случаях раковина оказалась разрушенной, а значит, рисунок раковины, приведенный в работе Чабан и Мартынова [1998] для *M. diomedea* [1998, фиг. 1D] является единственным на данный момент изображением раковины *M. chabanae*.

От *M. ezoensis* (фототабл. 2, фиг. С–F), также обитающего в Японском море (в том числе в зал. Петра Великого), *M. chabanae* отличается как меньшим количеством темного пигмента, так и морфологией головного копулятивного аппарата. Головной копулятивный аппарат *M. ezoensis* (фототабл. 2, фиг. D) образован пенисом (*p*) с клапаном, тонкой извитой простатой (*pr*) и тонким, очень длинным и сильно извитым семенным пузырьком (*sb*). Последний признак является хорошим диагностическим для различения половозрелых особей этих двух видов, в то время как раковины этих двух видов похожи.

Фотографии неполовозрелых особей, определенных как *M. ezoensis*, были опубликованы ранее [Чабан, Чернышев, 2017, фототабл. 2, фиг. F, G]. Можно отметить, что рисунок *F* [Чабан, Чернышев, 2017] соответствует фотографиям неполовозрелых особей *M. chabanae*, приведенных в настоящей работе (фототабл. 1, фиг. E, F): особи на этих фотографиях имеют очень плотный рисунок оливковых пятнышек и их головной щит составляет 1/3 длины тела. В то же время неполовозрелый экземпляр на рисунке *G* [Чабан, Чернышев, 2017] существенно отличается как пропорциями головного щита, так и более редкими оливковыми пятнышками. Можно предположить, что это действительно изображение неполовозрелого экземпляра *M. ezoensis*, однако для достоверного дифференциального диагноза неполовозрелых экземпляров этого вида необходимо подтверждение идентификации с помощью молекулярных методов.

Обсуждение

Аглаиды рода *Melanochlamys* часто встречаются в российских водах Японского моря. Так с 1925 по 1985 гг. они были встречены на 28 станциях в общем количестве 68 экз. [Чабан, Мартынов, 1998, как *M. diomedea*], причем в Дальневосточном государственном морском биосферном заповеднике они встречались с плотностью 6–7 экз./м² при частоте встречаемости 15.8% [Гульбин, 1990; как «*Aglaja giglioli*» – см. Чабан, Мартынов [1998]]. Выборочный анализ нескольких экземпляров этого рода методами молекулярно-генетического анализа показал наличие двух видов в зал. Петра Великого – *M. ezoensis* и *M. chabanae* [Чабан, Чернышев, 2017; Cooke et al., 2014; Chichvarkhin, 2016; настоящая работа]. Эти виды хорошо различаются между собой по морфологии головного копулятивного аппарата. Однако можно предположить, что разнообразие видов этого рода в российских водах Японского моря не исчерпывается этими двумя видами, ведь из холодных и умеренных вод Японии от Хоккайдо до зал. Сагами был описан *Melanochlamys fukudai* Cooke, Hanson, Hirano, Ornelas-Gatdula, Gosliner, Chernyshev et Valdés, 2014, а *M. kohi* известен из одной точки в Южной Корее с *M. chabanae* [Cooke et al., 2014; Breslau et al., 2016].

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке по бюджетной теме АААА-А17-117030310207-3. Приносим благодарность Д.М. Щепетову (ИБР РАН) за помощь в постановке сиквенсовой реакции, Е.В. Солдатенко (ЗИН РАН) за фотографию *M. chabanae* (SEM), а также Н.В. Кашенко (НИЦМБ ДВО РАН) за помощь в сборе материала. Авторы благодарны анонимным рецензентам за высказанные замечания к рукописи. Проведение молекулярно-генетического анализа было осуществлено при поддержке Российского научного фонда (проект № 14-50-00034).

Литература

- Гульбин В.В. 1990. Брюхоногие моллюски мягких грунтов сублиторали Дальневосточного морского заповедника // Систематика и экология гидробионтов Дальневосточного морского заповедника. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 105–123.
- Чабан Е.М., Мартынов, А.В. 1998. *Melanochlamys diomedea* (Bergh, 1893) (Opisthobranchia: Aglajidae), новый для фауны России род и вид // Ruthenica (Russian Malacological Journal). Т. 8. С. 147–152.
- Чабан Е.М., Чернышев А.В. 2017. Заднежаберные моллюски отряда Cephalaspidea (Gastropoda: Opisthobranchia) залива Восток Японского моря. Часть 2 // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Вып. 21. С. 39–53.
- Breslau E., Valdés Á., Chichvarkhin A. 2016. A new cryptic species of *Melanochlamys* (Gastropoda: Heterobranchia: Cephalaspidea) from the Northwestern Pacific // American Malacological Bulletin. V. 34, N 2. P. 103–108.
- Chichvarkhin A. 2016. Shallow water sea slugs (Gastropoda: Heterobranchia) from the northwestern coast of the Sea of Japan, north of Peter the Great Bay, Russia // PeerJ. N 4: e2774; DOI 10.7717/peerj.2774.
- Colgan D., Macaranas J., Cassis G., Gray M.R. 1998. Histone H3 and U2 snRNA DNA sequences and arthropod molecular evolution // Australian Journal of Zoology. V. 46. P. 419–437.
- Cooke S., Hanson D., Hirano Y., Ornelas-Gatdula E., Gosliner T.M., Chernyshev A.V., Valdés Á. 2014. Cryptic diversity of *Melanochlamys* sea slugs (Gastropoda, Aglajidae) in the North Pacific // Zoologica Scripta. V. 43. P. 351–369.
- Edgar R.C. 2004. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput // Nucleic Acids Research. V. 32, N 5. P. 1792–1797.
- Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates // Molecular Marine Biology and Biotechnology. V. 3. P. 294–299.
- Palumbi S.R., Martin A., Romano S., McMillan W.O., Stice L., Grabowski G. 1991. The Simple Fool's Guide to PCR, Version 2 Edition. Honolulu: Department of Zoology, University of Hawaii. 12 p.
- Puillandre N., Lambert A., Brouillet S., Achaz G. 2012 ABGD, Automatic Barcode Gap Discovery for primary species delimitation // Molecular Ecology. V. 21. P. 1864–1877.
- Puslednik L., Serb J.M. 2008. Molecular phylogenetics of the Pectinidae (Mollusca: Bivalvia) and effect of increased taxon sampling and outgroup selection on tree topology // Molecular Phylogenetics and Evolution. V. 48. P. 1178–1188.
- Ronquist F., Huelsenbeck J.P. 2003. MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models // Bioinformatics. V. 19. P. 1572–1574.
- Tamura K., Stecher G., Peterson D. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0 // Molecular Biology and Evolution. V. 30. P. 2725–2729.

Подписи к фототаблицам Explanations of Plates

Фототаблица 1 Plate 1

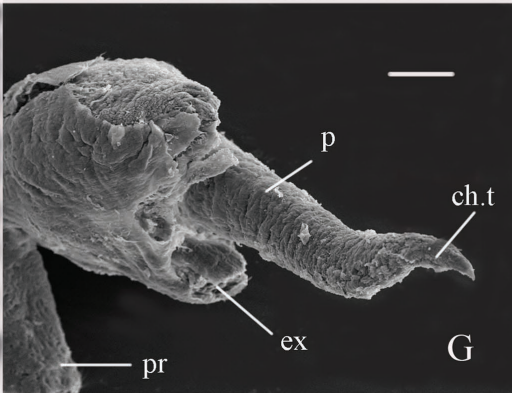
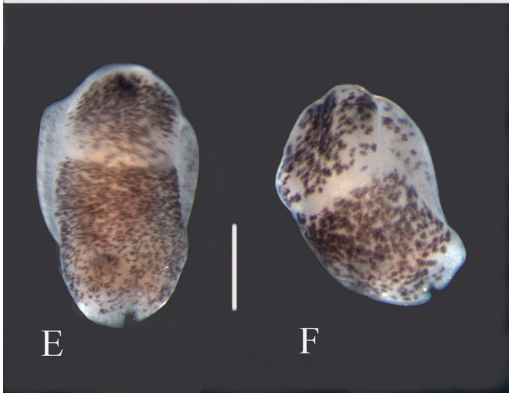
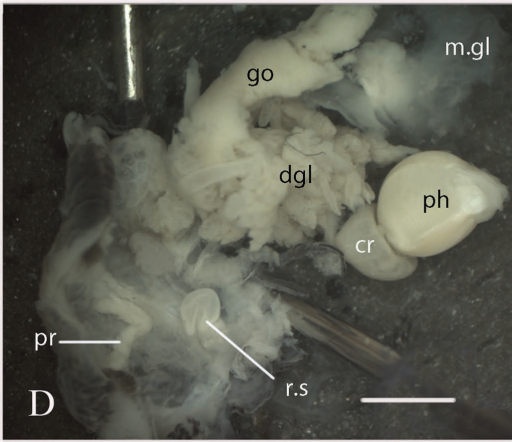
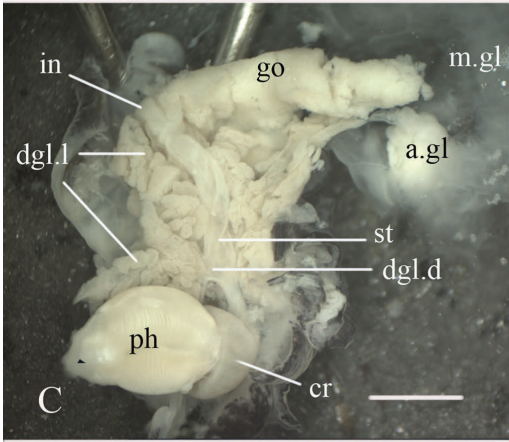
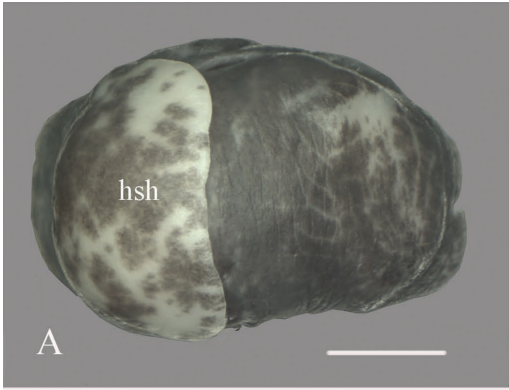
Melanochlamys chabanae: фиксированный экземпляр, собранный в зал. Петра Великого с глубины 60 м, дорсально (А), латерально (В) (фотографию живого экземпляра см.: Чабан, Чернышев [2017, фототаблица 2, фиг. I, J]); вскрытый экземпляр (С, D); неполовозрелые экземпляры, собранные в зал. Восток с глубины 5–9 м (Е, F); пенис экземпляра из зал. Восток, определенного ранее как *M. diomedea* (см. Чабан, Мартынов, 1998), SEM, фото Е.В. Солдатенко (G). Обозначения: *a.gl* – белковая железа, *ch.t* – хитиновый стилет, *cr* – зоб, *dgl.d* – проток пищеварительной железы, *dgl.l* – лопасть пищеварительной железы, *ex* – семяизвергательный канал, *f* – нога, *go* – гонада, *hsh* – головной щит, *in* – канал внутренней семенной борозды, *m* – ретрактор пениса, *m.gl* – слизистая железа, *p* – пенис, *ph* – глотка, *pr* – простата, *psh* – мешок пениса, *r.s* – семеприемник, *sb* – семенной пузырек, *st* – желудок. Масштаб: А, В С, D, Е, F – 2 мм; G – 100 мкм.

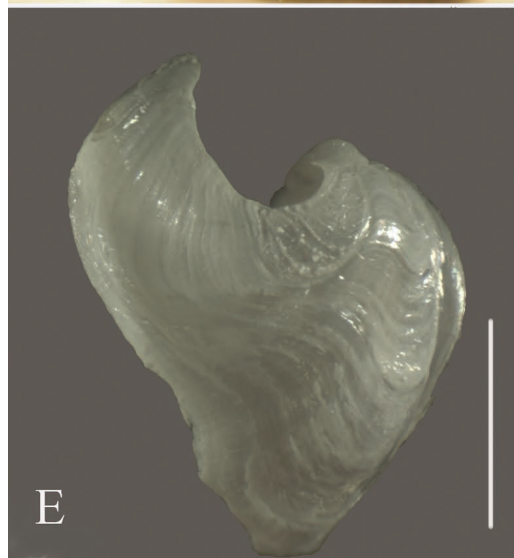
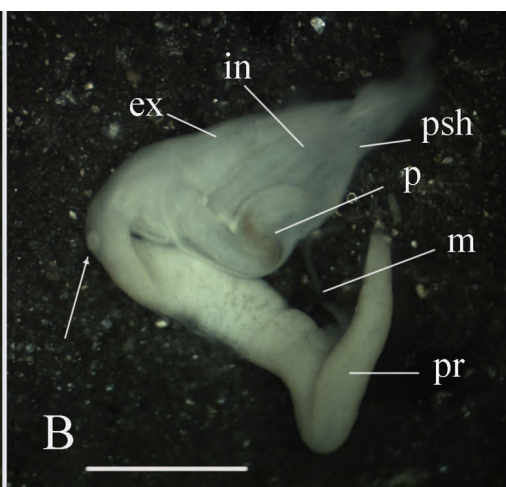
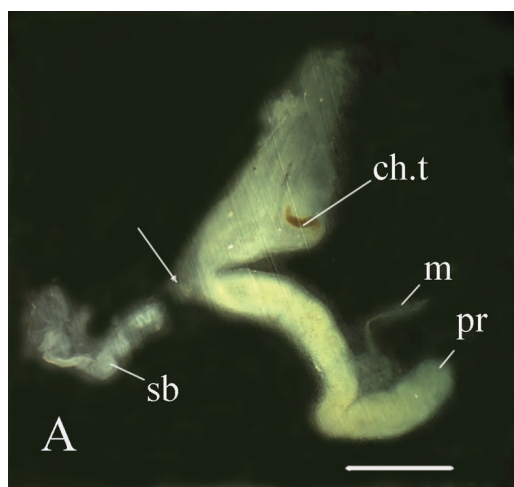
Melanochlamys chabanae: fixed specimen which was collected at 60 m deep in Peter the Great Bay, dorsal view (A), lateral view (B) (for photo of the alive specimen see Chaban and Chernyshev [2017, pl. 2, figs. I, J]); prepared specimen (C, D); subadult specimens which were collected at 5–9 m deep in Vostok Bay, Peter the Great Bay (E, F); penis of specimen collected in Peter the Great Bay and identified as *M. diomedea* previously (see Chaban and Martynov [1998]), SEM, photo by E.V. Soldatenko (G). Abbreviations: *a.gl* – albumine gland, *ch.t* – chitinous tip, *cr* – crop, *dgl.d* – duct of digestive gland, *dgl.l* – lobe of digestive gland, *ex* – excurrent sperm groove, *f* – foot, *go* – gonade, *hsh* – headshield, *in* – incurrent sperm groove, *m* – retractor muscle, *m.gl* – mucous gland, *p* – penial papilla, *ph* – pharinx, *pr* – prostate, *psh* – penial sheath, *r.s* – receptaculum seminis, *sb* – spermatid bulb vesicle, *st* – stomach. Scale bar: A, B C, D, E, F – 2 mm; G – 100 µm.

Фототаблица 2 Plate 2

Melanochlamys chabanae (A, B): головной копулятивный аппарат, полный комплект с семенным пузырьком (лежит рядом) (A); увеличено, без семенного пузырька (B). *M. ezoensis* (C–F): половозрелый фиксированный экземпляр, собран в зал. Восток среди *Corallina* sp. на глубине 1 м (фотографию живого экземпляра см. Чабан, Чернышев [2017, фототабл. 2, фиг. C, D]) (C); головной копулятивный аппарат (D); раковина дорсально (E), вентрально (F). Обозначения: *ch.t* – хитиновый стилет, *ex* – семяизвергательный канал, *in* – канал внутренней семенной борозды, *m* – ретрактор пениса, *p* – пенис, *pr* – простата, *psh* – мешок пениса, *sb* – семенной пузырек. Масштаб: А, В – 1 мм; C, E, F – 2 мм.

Melanochlamys chabanae (A, B): male copulatory system, full set, spermatid bulb included (A); enlarged, spermatid bulb not included (B). *M. ezoensis* (C–F): adult specimen which was collected in Vostok Bay, Peter the Great Bay, between *Corallina* sp. at 1 m deep (for photo of the alive specimen see Chaban and Chernyshev [2017, pl. 2, figs. C, D]) (C); male copulatory system (D); shell, dorswal view (E), ventral view (F). Abbreviations: *ch.t* – chitinous tip, *ex* – excurrent sperm groove, *in* – incurrent sperm groove, *m* – retractor muscle, *p* – penial papilla, *pr* – prostate, *psh* – penial sheath, *sb* – spermatid bulb. Scale bar: A, B – 1 mm; C, E, F – 2 mm.





Исследователи моллюсков Дальнего Востока России и тихоокеанского региона Malacologists of the Russian Far East and the Pacific Region

Борису Ивановичу Сиренко – 75 лет *75th Birthday of Boris I. Sirenko: a tribute*



7 июля 2017 года главному научному сотруднику Лаборатории морских исследований Зоологического института (ЗИН) РАН, доктору биологических наук Борису Ивановичу Сиренко исполнилось 75 лет. Из этих 75 лет 47 лет он посвятил научной и творческой деятельности.

Окончив среднюю школу в 1960 г., Б.И. Сиренко поступил в Ленинградский кораблестроительный институт, год работал на Адмиралтейском заводе, отслужил срочную службу в армии, а затем учился на Биолого-почвенном факультете Ленинградского государственного университета и там же – в аспирантуре на Кафедре ихтиологии и гидробиологии. С 1973 по 1975 г. Борис Иванович – младший научный сотрудник Института биологии моря ДВНЦ АН СССР (Владивосток), с 1975 г. – сотрудник Беломорской биологической станции (ББС) ЗИН АН СССР, а с 1978 г. по

настоящее время работает в Лаборатории морских исследований ЗИН РАН, возглавив ее с 1992 по 2011 г.

Однако еще до 1978 г., до прихода в Лабораторию морских исследований, Б.И. Сиренко был хорошо знаком ее сотрудникам: в 1969 г., еще студентом биофака, он участвовал в Курильской экспедиции, а в 1975 г. – в Третьей Арктической экспедиции, под руководством зав. лабораторией, д.б.н., проф. А.Н. Голикова. Тяга к дальним странствиям, появившаяся в детстве, вероятно, в связи с частыми переездами семьи, сохранилась у Бориса Ивановича до сих пор. Он практически ежегодно принимает активное участие в экспедиционных исследованиях, пополняя фондовые коллекции Зоологического института РАН. В каких только уголках Мирового океана ни довелось ему работать, в том числе и с подводными погружениями, и с работой на палубе в холодных морях Арктики и Антарктики! Пожалуй, только на берега тропической Атлантики не ступала еще нога Бориса Ивановича.

Собирая гидробионтов и наблюдая за ними в естественных условиях, Б.И. Сиренко тысячи часов провел с аквалангом под водой, более сотни часов в глубоководном аппарате «Север-2» на глубинах до 2000 м в водах Тихого океана в экспедиции на судне «Одиссей».

В 1980 г. Борис Иванович успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук по теме «Экология и фауна панцирных моллюсков морей СССР», а в 1998 г. – на соискание ученой степени доктора биологических наук по



Коллаж: И.Л. Бестужева

теме «Панцирные моллюски. Морфологические и экологические особенности, пути эволюции и систематика». Он описал 3 новых отряда и подотряда хитонов, 10 новых семейств и подсемейств, 7 новых родов и более 20 новых видов.

Последние годы Б.И. Сиренко вместе с московскими коллегами исследует морскую фауну Вьетнама. За семилетний период изучения состава и распространения панцирных моллюсков в Южно-Китайском море (с 1999 по 2016 г.) найдено 68 видов хитонов: из них 43 вида отмечено для региона впервые, а 20 описаны как новые для науки.

При этом круг научных интересов Б.И. Сиренко не ограничивается исследованием только хитонов. И круг этот необычайно широк: изучение обрастателей и разведение промысловых беспозвоночных в Белом море, фаунистические и таксономические исследования брюхоногих моллюсков, общие вопросы биогеографии, биоценологии, а в последние годы и экологической биогеографии Мирового океана, влияние глобальной тектоники и палеоклиматов на формирование фауны. В результате этой многолетней научной деятельности им опубликовано более 200 научных работ, включая ряд крупных обобщений.

Б.И. Сиренко вносит большой вклад в подготовку научных кадров. За последние годы под его руководством и при его поддержке защищено 5 диссертаций, в том числе 2 – на степень доктора наук, подготовлено 4 гидробиолога-аквалангиста. Он член Научного совета РАН по гидробиологии и ихтиологии. На протяжении многих лет его избирают членом Ученого совета Зоологического института, он является членом редколлегий российских журналов «Биология моря» и «Ruthenica (Русский малакологический журнал)».

Коллеги поздравляют Бориса Ивановича с юбилеем и желают ему новых творческих успехов!

Борис – как много в этом звуке
для сердца русского слилось.
Гидробиологу в науке,
И систематику, нашлось

Там место по заслугам громким.
Не веришь – не сочти за труд,
Прочсть хотя бы список емкий:
Работ две сотни весом в пуд.

За славу он привык бороться.
В чем, несомненно, преуспел...
Явив к удаче первородство
И пропасть явно славных дел.

Он счастлив? Да!
Готов оспорить все возражения в ответ.
Не стану боле вас неволишь,
Открою здесь простой секрет:
Хитон в руке – не кружка с пивом –
Бориса делает счастливым.

Не отступая ни на шаг,
Идет к поставленной им цели,
Какие к черту рифы, мели?
Свой никогда не спустит флаг!
Его пример – другим наука,
И не ищите слова «скука»

В его рассказах о работе,
О даче, о зверях... В заботе
О тыще разных начинаний
Он пребывает. Замечаем,
В быту, на суше и на море –
Всегда в трудах – чего же более...

Я видел сам, не стану врать,
Как в возрасте 64
Под лед шел резво пробы брать
И удивлял в подлунном мире
Коллег, тюленей и акул,
Что даже в полночь не заснул,

Пока не разобрал всех проб,
И лишь под утро в койку лег.
Ему устали повторять:
«Тебе, Борис, не двадцать пять»
Он: «Семь десятков – ерунда!
Вот будет сто – так это – да!»

Борис, Борис, тебе – ура!
Здоровья, радостей сполна!
Неугасимой страсти к жизни
И мира в доблестной Отчизне!
Да жить – как можно – без печали
И чтоб – друзья не предавали!

Гагаев С.Ю.



*И.С. Смирнов, С.Ю. Гагаев, Е.М. Чабан
Зоологический институт РАН
С.-Петербург*

Редколлегия «Бюллетеня Дальневосточного малакологического общества» сердечно поздравляет Бориса Ивановича Сиренко с юбилеем и желает крепкого здоровья и долгих лет жизни! Борис Иванович – многолетний автор статей в нашем журнале и член ДВМО. Как куратор малакологической коллекции Зоологического института РАН, он постоянно и неизменно доброжелательно помогает всем членам ДВМО и всем малакологам России, работающими с этим собранием. Его научные заслуги ставят его в ряд ведущих малакологов мира, а вклад в развитие отечественной науки огромен. Мы желаем Борису Ивановичу новых творческих успехов и достижений!

Редколлегия «Бюллетеня ДВМО»

К 75-летию Зувайдулло Иззатуллаевича Иззатуллаева

On the 75th Anniversary of Zuvaiddullo I. Izzatullaev



2018 год стал юбилейным для выдающегося узбекского зоолога, доктора биологических наук, профессора Зувайдулло Иззатуллаевича Иззатуллаева – исследователя наземной и водной малакофауны Средней Азии.

З.И. Иззатуллаев (рис. 1) родился 16 июля 1943 г. в пос. Дагбит Акдаринского района Самаркандской области Республики Узбекистан. Здесь же, совмещая учебу с работой в хлопководческом совхозе, окончил среднюю общеобразовательную школу с серебряной медалью. Получив высшее образование

(1960–1965 гг.) в Таджикском государственном университете им. В.И. Ленина (позже переименованном в Таджикский национальный университет, далее ТНУ; Душанбе, Таджикистан), Зувайдулло стал специалистом в области физиологии человека и животных. Решив продолжить свое развитие в этом направлении, он поступил в аспирантуру при университете по специальности «гистология», но сразу же был призван в ряды Вооруженных Сил СССР. По окончании службы, он продолжил учебу в аспирантуре при Институте зоологии и паразитологии им. Е.Н. Павловского АН Республики Таджикистан (далее – ИЗиП; Душанбе, Таджикистан) уже по другой специальности – «зоология беспозвоночных», где и занялся изучением моллюсков, которым посвятил всю свою дальнейшую творческую жизнь.

По рекомендации директора института, академика Мухаммедкула Нарзикуловича Нарзикулова, молодой аспирант был командирован в Ленинград, где впервые переступил порог Зоологического института в то время Академии наук СССР, а ныне – Российской академии наук (далее ЗИН; С.-Петербург), который почти два столетия является центром зоологической систематики в России. Здесь он был принят профессором Ильей Михайловичем Лихаревым (рис. 2, 3) – специалистом по фауне и систематике наземных моллюсков. Поинтересовавшись, откуда прибыл Зувайд, Илья Михайлович сразу же организовал для него рабочее место в Лаборатории морских исследований ЗИНа, и с этого дня Зувайдулло стал его учеником. Уже в 1970 г., под руководством этого крупного отечественного малаколога, З.И. успешно защитил кандидатскую диссертацию, посвященную наземным моллюскам Гиссарского хребта и прилегающих к нему территорий [Иззатуллаев, 1970].



Рис. 1. Профессор Зувайдулло Иззатуллаевич Иззатуллаев (2000 г.).

Fig. 1. Professor Zuvaidullo Izzatullaevich Izzatullaev in 2000.



Рис. 2. Профессор И.М. Лихарев (в центре) и его ученики – З.И. Иззатуллаев (слева) и А.А. Байдашников (Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины, г. Киев) вблизи Пискарьевского мемориального кладбища, г. Ленинград, 9 мая 1981 г.

Fig. 2. Professor I.M. Likharev (in the center) and his disciples, Zuvaidullo Izzatullaev (left) and Alexander Baidashnikov (I.I. Schmalhausen Institute of Zoology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev), near the Piskaryovskoye Memorial Cemetery in Leningrad, 9 May 1981.



Рис. 3. Третье совещание по изучению моллюсков, Зоологический институт Академии наук СССР, г. Ленинград, весна 1968 г. В первом ряду, в центре (слева направо) – к.б.н. Я.И. Старобогатов, аспирант З.И. Иззатуллаев и д.б.н. И.М. Лихарев.

Fig. 3. Third Meeting on the Investigation of Molluscs, Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences, Leningrad, spring of 1968. In the first row, in the center (from left to right) – Dr. Ya.I. Starobogatov, Z.I. Izzatullaev (then a post-graduate student) and Dr. I.M. Likharev.

В ИЗиПе он проработал четверть века (рис. 4), пройдя путь от аспиранта до главного научного сотрудника. Заведовал Отделом систематики беспозвоночных животных (1986–1990 гг.). В то счастливое время З.И. исколесил всю Центральную Азию: обследовал одни из самых жарких пустынь мира – Каракумы и Кызылкум; наземные экосистемы, озера и пещеры Памиро-Алайской горной системы, включающей высочайшее в СССР Памирское нагорье, и Тянь-Шаня; бассейны крупных рек – Сырдарьи, Зарафшана и Амударьи... Порой работать приходилось в экстремальных условиях. По воспоминаниям самого Зувайдулло, одна из экспедиций (на высокогорное озеро Сонкуль в Тянь-Шане, 1984 г.) пришлось как раз на его день рождения – 16 июля. Воздав почести имениннику, участники экспедиции разошлись по палаткам. Утром, вооруженные сачками, скребками и прочими орудиями лова беспозвоночных, откинули полог и обомлели: палатки утопали в густом снегу. В маршрут отправились по сугробам... Таких воспоминаний очень много, Зувайд бережно хранит полевые дневники, которые ведет с 1967 г., и надеется издать книгу, которая вдохновит молодых исследователей на воплощение его замыслов.

Еще учась в аспирантуре, Зувайд понял, что не сможет ограничиться только наземными моллюсками, и начал подробно анализировать материал по водной малакофауне Таджикистана, попутно собранный им в экспедициях [Иззатуллаев, 2007]. Коллекция оказалась внушительной (более 500 000 экз.), ею всерьез заинтересовался крупнейший знаток моллюсков, биогеограф и эволюционист, профессор Ярослав Игоревич Старобогатов (рис. 5). Сотрудничать с ним Зувайду посчастливилось в докторантуре. Результатом этого сотрудничества стали десятки научных публикаций, в том числе, в соавторстве с ведущими малакологами страны (Я.И. Старобогатов, Н.Д. Круглов, А.В. Корнюшин и др.). Ярослав Игоревич помог ему составить план будущей докторской диссертации [Иззатуллаев, 1987], посвященной водным моллюскам Средней Азии и сопредельных территорий. Зувайд с улыбкой вспоминает «укол зонтиком» своего первого руководителя, Ильи Михайловича: «Голубчик, Вы слишком опресноводнились...». Защита докторской (1988 г., в том же ЗИНе) прошла блестяще!

Старшее поколение Зоологического института помнит молодого, энергичного труженика, дневавшего за биноклем или в читальном зале его богатой библиотеки. Бывая у гостеприимного Зувайда в Душанбе, ЗИНовцы непременно устаивались знаменитого плова, который по пятницам готовили в академическом общежитии стажеры [Хлебович, 2013]. З.И. прекрасно и с удовольствием готовит сам: живя в Ленинграде, он собирал коллег за большим столом и потчевал их узбекскими блюдами...

Результаты многолетнего труда З.И. Иззатуллаева позволили впервые оценить реальное видовое богатство малакофауны Центральной Азии. Им описано более 100 новых для науки таксонов моллюсков, значительная часть видов найдена в холодных родниках ($t^{\circ} = +7 \dots 11^{\circ}\text{C}$) и термальных источниках ($t^{\circ} = +19 \dots 32^{\circ}\text{C}$). По мнению В.И. Жадина [1950] и А.И. Янковской [1965], изучение родников и горячих источников дает богатый материал к познанию закономерностей перехода водных организмов к наземному обитанию и, наоборот, наземной фауны и флоры к существованию в воде; позволяет составить представление о той обстановке и условиях, которые господствовали на ранних этапах жизни на Земле.

Изучив современное распространение и историческое развитие эколого-зоогеографических и эколого-систематических комплексов водных моллюсков Центральной Азии, З.И. предложил оригинальную схему эколого-зоогеографического районирования водоемов данного региона.



Рис. 4. Зувайдулло Иззатуллаев за работой. Отдел систематики беспозвоночных животных Института зоологии и паразитологии им. Е.Н. Павловского Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе, 1975 г.

Fig. 4. Zuvaidullo Izzatullaev at work; Department of Invertebrate Systematics of the E.N. Pavlovski Institute of Zoology and Parasitology, Tajik Academy of Sciences, Dushanbe, 1975.

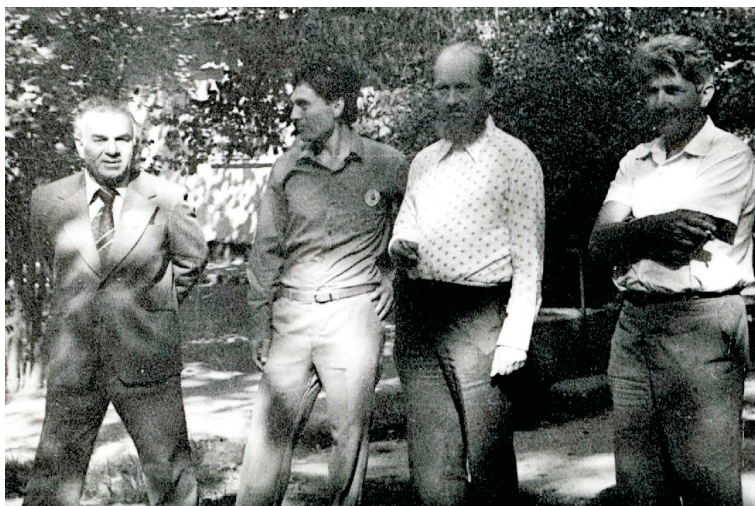


Рис. 5. Зувайдулло И. Иззатуллаев (в центре: слева) со своими наставниками – д.б.н., проф. Я.И. Старобогатовым и д.б.н., проф. А.Н. Голиковым (справа) на Всесоюзном симпозиуме по ископаемым гастроподам, г. Душанбе, сентябрь 1982 г. Слева от него д.б.н., проф. Б.Г. Иогансен (первый ректор Томского государственного педагогического института).

Fig. 5. Zuvaidullo I. Izzatullaev (in the center, left) with his mentors, Dr., Prof. Ya.I. Starobogatov and Dr., Prof. A.N. Golikov. All-Union Scientific Meeting on Fossil Gastropods, Dushanbe, September 1982. To the left of Z. Izzatullaev – Dr., Prof. B.G. Johansen (first Rector of the Tomsk State Pedagogical Institute).

Материалы Зувайдулло Иззатуллаевича по наземной малакофауне использованы при подготовке фундаментальных трудов из серии «Фауна СССР. Моллюски» [Шилейко, 1978, 1984; Лихарев, Виктор, 1980], выпускавшейся ЗИНом. В этих монографиях приведены максимально полные сведения и обо всей группе, и о входящих в нее видах. Выход каждого тома был событием в науке. Его данные вошли также в региональные фаунистические сводки [Увалиева, 1990; Пазиров, Азимов, 2003], в «Красные книги» Таджикистана [1988, 1997, 2015] и Узбекистана [2003, 2006, 2009], а также в учебники для средних общеобразовательных школ. Список печатных работ З.И. включает более 400 научных, научно-методических и научно-популярных статей, опубликованных на пяти языках; последняя монография вышла в свет в 2018 году. Кроме того, опубликованы 13 монографий и учебников, где З.И. является ответственным редактором.

Результаты своих исследований З.И. докладывал на многочисленных международных малакологических конгрессах (Эдмонтон, 1979; Будапешт, 1983; Тюбинген, 1986; Сиена, 1991; Виго, 1995; Нью-Йорк, 2000) и республиканских конференциях (рис. 6, 7). К нему на консультацию и для проведения совместных исследований приезжали малакологи из США, Польши, Чехии и Словакии.

Научные достижения З.И. Иззатуллаева нашли широкое практическое применение: их используют работники сельского хозяйства, ветеринары и паразитологи. Им опубликованы научно-популярные брошюры-рекомендации по борьбе с вредоносными слизнями, а также методические указания по исследованию моллюсков – промежуточных хозяев опасных гельминтов человека и животных. В последнее десятилетие, совместно с коллегами из Самаркандского государственного университета (далее СамГУ), З.И. успешно поставил ряд экспериментов по культивированию жемчуга в лабораторных и природных водоемах (рис. 8). В качестве продуцентов жемчужин он использовал крупных двусторчатых



Рис. 6. Профессор З. Иззатуллаев и Профессор С. Дадаев на Республиканской научно-практической конференции в Гулистанском государственном университете (г. Гулистан, Узбекистан, 2007 г.).

Fig. 6. Prof. Z. Izzatullaev and Prof. S. Dadaev at the Republican Scientific and Practical Conference at Gulistan State University (Gulistan, Uzbekistan, 2007).



Рис. 7. Председатель Экологического движения Узбекистана Б. Алиханов и профессор З. Иззатуллаев на Международной экологической конференции в Самарканде.

Fig. 7. Chairman of the Ecological Movement of Uzbekistan B. Alikhanov and Prof. Z. Izzatullaev at the International Ecological Conference in Samarqand.



Рис. 8. З.И. Иззатуллаев проводит опыт по выращиванию жемчуга в хаузах и тепличных прудах на территории Самаркандского государственного университета (2009 г.).

Fig. 8. Z.I. Izzatullaev conducts an experimental work on pearl aquaculture in «hauzes» and greenhouse ponds in the territory of Samarqand State University (2009).

моллюсков-унионид, глосидии которых в 1960-е гг. были случайно занесены в водоемы Узбекистана при их заселении дальневосточными рыбами-фитофагами. Экспериментально полученный жемчуг оказался пригодным для ювелирной промышленности [Иззатуллаев, Боймуродов, 2016].

В 1993 г. З.И. был удостоен диплома и стипендии Фонда Сороса за достижения в области естественных наук.



Рис. 9. На фото сверху: Подготовка научных кадров и квалифицированных специалистов-экологов на Кафедре экологии и охраны природы при СамГУ (2010 г.). На фото внизу: Выпускной экзамен в магистратуре. Юного эколога не смущает строгий взгляд профессора: билет в руках – счастливый!

Fig. 9. Upper photo: Training of scientific personnel and qualified ecologists at the Department of Ecology and Nature Conservation at Samarqand State University (2010). Lower photo: The graduation exam. The young ecologist is not confused by the professor's strict view: the ticket in hand is «happy»!

Тридцать лет Зувайдулло Иззатуллаевич совмещает научную работу с преподавательской деятельностью (см. рис. 9, 10). Он первым в Республике Узбекистан составил курсы лекций по «Биогеографии» и «Гидробиологии» на узбекском языке [Богатов и др., 2013], создал первые интерактивные учебники. Им прочитаны курсы лекций по «Теории эволюции», «Зоологии беспозвоночных», «Основам малакологии», «Экологии» и др. в ВУЗах Республик Таджикистан (ТНУ и Душанбинском государственном педагогическом институте имени Т.Г. Шевченко, позже переименованном в Таджикский государственный педагогический университет имени С. Айни (ТГПУ), Душанбе; 1988–1991 гг.) и Узбекистан (СамГУ, 1992 – наст. вр.). В 1994 г. ВАК Республики Узбекистан присвоила ему звание профессора по специальности «зоология». В 1997 г. З.И. Иззатуллаев организовал Кафедру экологии и охраны природы при СамГУ, которой заведовал вплоть до 2011 г. (рис. 11); в настоящее время является профессором той же кафедры.

Ряд крупных научных проектов выполнен под руководством З.И., как председателя Самаркандского филиала Международной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера», председателя Неправительственного фонда «ЭКОСАН» при СамГУ [Богатов и др., 2013].

И по сей день под руководством З.И. Иззатуллаева молодые исследователи защищают свои научные работы в Институте зоологии Академии наук Республики Узбекистан (здесь и далее ИЗ АН РУз) и СамГУ. Среди них – одна докторская, три кандидатских и 15 магистерских диссертаций. Два соискателя полностью готовы к защите кандидатских. Зувайдулло Иззатуллаевич руководил подготовкой 60-ти (!) дипломных работ, оппонировал 10 докторских и 15 кандидатских диссертаций.



Рис. 10. З.И. Иззатуллаев со своими студентами-третьекурсниками на территории старинного бумажного комбината (Узбекистан).

Fig. 10. Zuvaidullo Izzatullaev accompanied by third-year undergraduate students in the territory of an old paper mill (Uzbekistan).



Рис. 11. Профессор З.И. Иззатуллаев с сотрудниками организованной им Кафедры экологии и охраны природы при СамГУ (2010 г.).

Fig. 11. Professor Z.I. Izzatullaev with the staff of the Department of Ecology and Conservation of Nature at the Samarqand State University organized by him (2010).

Более 20 лет З.И. является членом Специализированного совета по присуждению ученой степени доктора наук при ИЗ АН РУз.

Зувайдулло Иззатуллаевич Иззатуллаев – не только выдающийся малаколог, внесший огромный вклад в познание наземной и водной фауны Центральной Азии и всей Палеарктики, но и человек высокой культуры, скромный и любящий глава семейства. Он окружал заботой и теплотой своих родителей и четверых детей, а теперь одарен любовью девяти внуков и одного правнука! От всего сердца мы поздравляем его с 75-летием и желаем оставаться таким же активным деятелем науки и образования! Новых учеников – продолжателей любимого дела и новых достижений Вам, Зувайдулло Иззатуллаевич!

Литература

- Богатов В.В., Ситникова Т.Я., Прозорова Л.А. 2013. Зувайдулло Иззатуллаевич Иззатуллаев (к 70-летию со дня рождения) // Вестник зоологии. Т. 47, № 4. С. 381–382.
- Жадин В.И. 1950. Пресноводные моллюски бассейна Аму-дарьи // Труды Зоологического института АН СССР. Т. 9, № 1. С. 55–78.
- Иззатуллаев З.И. 1970. Наземные моллюски Гиссарского хребта и сопредельных районов Таджикистана. Автореферат диссертации ... кандидата биологических наук. Ленинград: Зоологический институт АН СССР. 19 с.

- Иззатуллаев З.И.* 1987. Водные моллюски Средней Азии и сопредельных территорий (состав, особенности образа жизни, распространения, зоогеографии и истории формирования фауны, хозяйственное значение). Автореферат диссертации ... доктора биологических наук. Ленинград: Зоологический институт АН СССР. 45 с.
- Иззатуллаев З.И.* 2007. Я горжусь тем, что являюсь учеником великих малакологов России // Моллюски. Морфология, таксономия, филогения, биогеография и экология: Материалы Седьмого (XVI) совещания по изучению моллюсков, 14–17 ноября 2006 г., С.-Петербург, Россия. С.-Петербург: ЗИН РАН. С. 21–24.
- Иззатуллаев З.И.* 2018. Моллюски водных экосистем Средней Азии. Тошкент: Lessonpress. 232 с.
- Иззатуллаев З.И., Боймуродов Х.Т.* 2016. Результаты выращивания жемчуга двустворчатых пресноводных моллюсков (*Bivalvia: Unionidae, Anodontinae*) Узбекистана // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. Т. 121, № 5. С. 16–19.
- Красная книга Таджикской ССР.* 1988. Душанбе: Дониш. 336 с.
- Красная книга Таджикистана.* 1997. Душанбе: Ирфон. 158 с. [На таджикском языке].
- Красная книга Республики Таджикистан.* 2015. Душанбе: Дониш. 535 с. [На таджикском языке].
- Красная книга Республики Узбекистан: редкие и исчезающие виды растений и животных. 2. Животные.* 2003. Ташкент: Chinor ENK. 238 с. [На узбекском, русском и английском языках].
- Красная книга Республики Узбекистан. 2. Животные.* 2006. Ташкент: Chinor ENK. 215 с.
- Красная книга Республики Узбекистан. 2. Животные.* 2009. Ташкент: Chinor ENK. 207 с. [На узбекском, русском и английском языках].
- Лихарев И.М., Виктор А.И.* 1980. Слизни фауны СССР и сопредельных стран (*Gastropoda terrestria*) // Фауна СССР, Новая серия. № 122. Моллюски. Т. 3, вып. 5. С. 1–438.
- Пазиров А., Азимов Д.А.* 2003. Наземные моллюски (*Gastropoda, Pulmonata*) Узбекистана и сопредельных территорий. Ташкент: ФАН. 316 с.
- Увалиева К.К.* 1990. Наземные моллюски Казахстана и сопредельных территорий. Алма-Ата: Наука. 223 с.
- Хлебков В.В.* 2013. К 70-летию профессора Зувайдулло Иззатуллаевича Иззатуллаева // Зувайдулло Иззатуллаев: 70 лет. Библиографический очерк. Самарканд: СамГУ. 82 с. [На узбекском и русском языках].
- Шилейко А.А.* 1978. Наземные моллюски надсемейства *Helicoidea* // Фауна СССР, Новая серия. № 117. Моллюски. Т. 3, вып. 6. С. 1–384.
- Шилейко А.А.* 1984. Наземные моллюски подотряда *Pupillina* фауны СССР (*Gastropoda, Pulmonata, Geophila*) // Фауна СССР, Новая серия. № 130. Моллюски. Т. 3, № 3. С. 1–399.
- Янковская А.И.* 1965. Фауна теплых родников Восточного Памира // Труды Зоологического института АН СССР. Т. 35. С. 43–55.

А.А. Широкая¹, Т.Я. Ситникова¹,
М.В. Винарский^{2,3}, Д.М. Палатов^{4,5}, П.В. Кияшко⁶

¹Лимнологический институт СО РАН

²Санкт-Петербургский государственный университет

³Омский государственный педагогический университет

⁴Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

⁵Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

⁶Зоологический институт РАН

Галина Николаевна Волова
(20.11.1925 г. – 8.11.2017 г.)

Galina N. Volova
(November 20, 1925 – November 8, 2017)



8 ноября 2017 г. в Москве из жизни ушла Галина Николаевна Волова, многолетняя сотрудница Кафедры гидробиологии и ихтиологии Дальневосточного государственного университета (ДВГУ; в настоящее время – Дальневосточный федеральный университет, ДВФУ), кандидат биологических наук, гидробиолог, пионер изучения биоты и экологии лагун и эстуариев южного Приморья, одна из первых малакологов-фаунистов на Дальнем Востоке СССР в 1960-е–1980-е гг., соавтор двух хорошо известных определителей моллюсков Японского моря. Галина Николаевна уехала из Владивостока в конце 1980-х гг., но ее хорошо помнят ученики-дальневосточники, а по ее определителям учились многочисленные студенты-гидробиологи и зоологи еще не одно десятилетие. К сожалению, не все детали ее биографии сейчас известны, поэтому это сообщение касается больше научного вклада Г.Н. в малакологию и гидробиологию.

Галина Николаевна окончила Томский университет и приехала на Дальний Восток, работала некоторое время в ТИНРО, а со второй половины 1950-х гг. она начала работать в ДВГУ. Сохранились воспоминания сотрудницы Кафедры гидробиологии и ихтиологии



Коллектив кафедры гидробиологии и ихтиологии ДВГУ в период руководства проф. Б.Н. Казанского (1965). Г.Н. Волова в среднем ряду посередине (третья слева). Фотография Д.А. Чмилевского (из книги: [Профессору Б.Н. Казанскому – 100 лет, 2014, с. 128]).

Staff members of the Department of Hydrobiology and Ichthyology, Far Eastern State University (Vladivostok) in 1965. G.N. Volova is in the middle of the second row (third from left side). Photograph by D.A. Chnilevsky (after [Professoru B.N. Kazanskomu – 100 let, 2014, p. 128]).

о работе Г.Н. Воловой в 1960-е гг.: «Преподаватель Г.Н. Волова собирала материал по бентосу на четырнадцати водоёмах (лагуны Лебяжья и Тихая, бухта Мелководная, озёра Тальми, Утиное, Подкова, Та-Пауза с устьем р. Майхе, Эль-Пауза, Пауза, Ланчасы, Второе (Козьмино), Первое и Шепалова в период работы Б.Н. Казанского¹ на кафедре в 1963–1967 гг. Галина Николаевна была очень ответственным научным работником и хорошим преподавателем. Она постоянно требовала от Бориса Николаевича выдавать ей спирт вместо формалина для фиксации бентосных проб. В перерывах между занятиями часами сидела и обрабатывала пробы. Она не то что обижалась на Б.Н. Казанского, но чувствовалось, что была недовольна. Почему-то ей казалось, что он недооценивает её (она была постарше, ей было где-то под сорок) и не верит, что она напишет диссертацию. Но она диссертацию написала и защитилась, но уже в отсутствие Б.Н. Казанского. Г.Н. Волова также долгие годы проработала на кафедре.» [Королёва, 2014]. Кандидатскую диссертацию на тему «Бентос некоторых пресных и солоноватых водоемов южного Приморья» Г.Н. Волова защитила в 1969 г. по специальности «зоология» под руководством к.б.н., старшего научного сотрудника М.С. Кун на заседании Ученого совета ДВГУ, официальными оппонентами были д.б.н. В.Я. Леванидов и к.б.н. И.М. Мещерякова [Волова, 1969].

¹ Борис Николаевич Казанский (1915–1994) – известный советский ихтиолог и гидробиолог, доктор биологических наук, профессор, внес большой вклад в развитие отечественной ихтиологии и рыбоводства, в 1961–1968 гг. был ректором ДВГУ, организовал Кафедру гидробиологии и ихтиологии.

В диссертации были рассмотрены видовой состав и количественное развитие бентофауны лагун, солоноватых озер и пресноводных водоемов морского побережья, выявлены основные условия ее обитания, выделены и охарактеризованы основные донные биоценозы и их распределение в связи с различными условиями среды, рассмотрена сезонная динамика численности и биомассы бентоса, проведена типизация водоемов на основе их гидрохимического режима, характера донных биоценозов, экологических особенностей массовых видов и общих фаунистических особенностей водоемов. Впоследствии по материалам диссертации был опубликован ряд статей в журналах «Рыбное хозяйство» и «Гидробиологический журнал», а также в «Ученых записках ДВГУ» [Волова, 1970а, б, 1971, 1972, 1974]. Эти работы были первыми комплексными гидробиологическими исследованиями бентоса опресненных акваторий Приморья, до этого в литературе имелись лишь разрозненные сведения об отдельных организмах лагун и озер побережья. Значение этих исследований особенно велико, учитывая, что ряд водоемов исчез в настоящее время под влиянием деятельности человека, и сведения, приводимые Г.Н. Воловой, оказались единственными: например, исчезло оз. Та-Пауза в вершинной части Уссурийского залива, находившееся на месте ковша АртёмГРЭС и занимавшее всю территорию между ним, электростанцией и р. Кневичанкой до самой линии железной дороги.

В 1970-е гг. Г.Н. продолжила гидробиологические исследования морских водоемов южного Приморья. На основе сборов 1968 и 1971 гг. Г.Н., вместе с Т.И. Жакиной и Л.В. Микулич, публикует обширную статью о бентосе б. Алексеева (о-в Попова), где приводятся детальные материалы по видовому составу и количественному распределению донных и придонных организмов, выделяет 15 биоценозов (от литорали до глубины 20 м), при этом статья сопровождается полным списком фауны и флоры и обширным приложением со всеми количественными данными [Волова и др., 1980]. В 1970-х гг. она обрабатывала количественные сборы бентоса Амурского залива, побережья островов Попова, Рейнеке и Рикорда, проведенные экспедициями ДВГУ в 1973, 1974 и 1976 гг. на литорали и в верхней сублиторали и дала детальную картину распределения донных сообществ этого района зал. Петра Великого, вместе со списками фауны и флоры [Волова, 1984, 1985]. Амурский залив стал подвергаться интенсивному загрязнению в 1960–1980-е гг., и ее исследования позволяют теперь судить о более или менее первоначальном состоянии его донных сообществ.

Огромный вклад Г.Н. вносила в учебный процесс, читая ряд спецкурсов, проводя практикумы и руководя летними практиками студентов на биостанции ДВГУ в б. Киевка и на о-ве Попова. Г.Н. руководила курсовыми и дипломными работами многих студентов-гидробиологов, впоследствии ставшими известными учеными. Так, она помогла становлению в



Галина Николаевна Волова
Galina N. Volova



На летней практике (слева – сотрудник Кафедры зоологии ДВГУ, к.б.н. В.М. Алексеев, справа – Г.Н. Волова). 1970–1980-е гг.

A summer student's school (left, Dr. V.M. Alekseev, Department of Zoology, Far Eastern State University; right – G.N. Volova). 1970s–1980s.

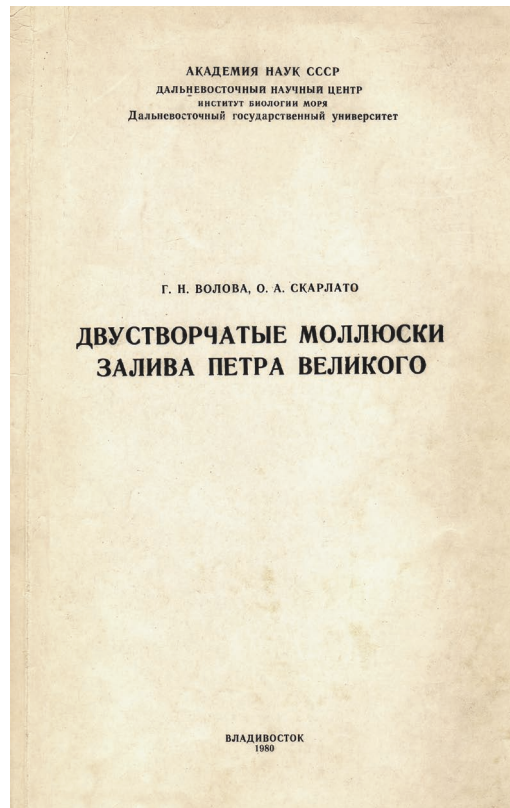


На летней практике (Г.Н. Волова последняя справа, слева от нее – к.б.н. О.И. Дашенко, Кафедра зоологии ДВГУ). 1970–1980-е гг.

A summer student's school (right – G.N. Volova, left – Dr. O.I. Daschenko, Department of Zoology, Far Eastern State University). 1970s–1980s.

1970-е гг. д.б.н., проф., известного энтомолога, специалиста по систематике хирономид, пресноводного гидробиолога Е.А. Макаrenchенко (ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН): «На Кафедре гидробиологии ДВГУ почти все преподаватели изучали морские организмы, и только Галина Николаевна Волова имела опыт обработки личинок хирономид из эстуариев Южного Приморья. Она-то и помогла на первых порах Е.А. Макаrenchенко разобраться в азах хирономидологии. ... Работой над дипломом по этой теме руководила Г.Н. Волова от кафедры...» [Зинченко и др., 2012].

Самым значительным вкладом Г.Н. в малакологию стало издание, в соавторстве с известными зоологами страны, двух определителей моллюсков зал. Петра Великого. В определителе «Двустворчатые моллюски залива Петра Великого» [Волова, Скарлато, 1980], изданном под грифами Института биологии моря ДВНЦ АН СССР и ДВГУ Дальневосточным книжным издательством вместе с акад. О.А. Скарлато, директором Зоологического института АН СССР и ведущим советским малакологом, были приведены описания 94 видов из 33 семейств, снабженные штриховыми рисунками, во вводных главах дана характеристика класса Bivalvia, сведения по морфологии раковины и три определительные таблицы – для определения надотрядов Protobranchia и Autobranchia и семейств в этих надотрядах; в книге даны также таблицы для определений родов внутри семейств и видов. Это был первый достаточно полный определитель современных двустворчатых моллюсков большого региона на Дальнем Востоке. Предшествующие попытки были сделаны в 1930–1960-е гг., но это были либо отдельные группы двустворок, либо разделы в больших книгах по всем беспозвоночным, охватывавшие массовые виды. Хотя определитель Г.Н. Воловой и О.А. Скарлато и был рассчитан в основном на студентов и использовался во время летних практик и Большого практикума, он активно привлекался и экологами-бентосниками, любителями, школьниками. Наверное, впервые также авторы попытались дать русские названия большинству видов, а номенклатурное значение книги в том, что там были опубликованы новые названия (по существу, описаны новые виды), полноценные описания которых вышли в монографии О.А. Скарлато [1981], на что обратили внимание А.И. Кафанов и К.А. Лутаенко [1998]. Позже, уже в 2000–2010-е гг. С.В. Явновым,

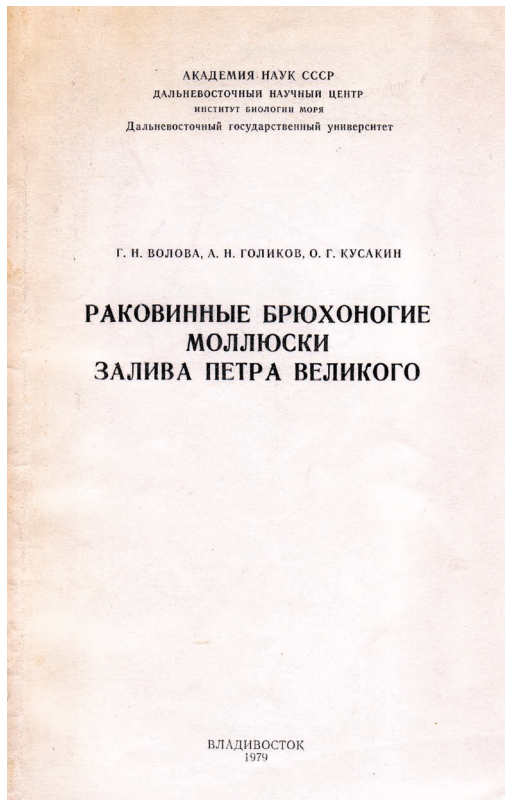


Обложка определителя «Двустворчатые моллюски залива Петра Великого» (1980).

Cover of the guide-book *Bivalve Mollusks of Peter the Great Bay* (1980) by G.N. Volova and O.A. Skarlato.

Г.А. Евсеевым, Ю.М. Яковлевым, К.А. Лутаенко и И.Е. Волвенко были изданы новые книги, уже с цветными иллюстрациями двустворчатых моллюсков дальневосточных морей, часть с описаниями, но без определительных таблиц.

Аналогичным образом был построен и определитель брюхоногих моллюсков зал. Петра Великого, вышедший годом ранее в соавторстве с двумя выдающимися учеными того времени – д.б.н., проф. А.Н. Голиковым (Зоологический институт АН СССР), одним из ведущих малакологов-гастроподчиков СССР и акад. О.Г. Кусакиным (Институт биологии моря ДВНЦ АН СССР). В определитель были включены 119 видов из 43 семейств и 15 отрядов, с определительными таблицами, описаниями, штриховыми рисунками (и небольшим количеством фотографий). Роль этих двух определителей не только для образовательного процесса в ДВГУ (а набор студентов-биологов для обучения тогда по сравнению с настоящим временем можно назвать массовым), но и для дальнейшего изучения фауны зал. Петра Великого и северо-западной части Японского моря трудно переоценить. И если по двустворчатым моллюскам в 1981 г. вышла большая монография О.А. Скарлато



Обложка определителя «Раковинные брюхоногие моллюски залива Петра Великого» (1979).

Cover of the guide-book *Shell-Bearing Gastropod Mollusks of Peter the Great Bay* (1979) by G.N. Volova, A.N. Golikov and O.G. Kussakin.



Страница из определителя «Раковинные брюхоногие моллюски залива Петра Великого» (1979).

A page from the guide-book *Shell-Bearing Gastropod Mollusks of Peter the Great Bay* (1979) by G.N. Volova, A.N. Golikov and O.G. Kussakin.

[1981], хотя студентам и начинающим гидробиологам ей было пользоваться сложнее, то по брюхоногим моллюскам определитель Г.Н. Воловой с соавт. долго оставался настольной книгой приморских малакологов. Помню, я сам обратился к Г.Н. по поводу определения двустворчатых моллюсков зал. Петра Великого, еще будучи школьником; два определителя Г.Н. Воловой с соавт. широко использовались школьниками Малой академии морской биологии при Институте биологии моря ДВНЦ АН СССР и Владивостокском городском дворце детского творчества (действует с 1978 г., выпущено более 340 человек, из них впоследствии более 60 стали кандидатами и несколько – докторами наук).

Последней работой Г.Н. стала статья, опубликованная с акад. О.А. Скарлато уже после её отъезда из Владивостока и посвященная фауне северной и западной частей Охотского моря [Волова, Скарлато, 1991]. В статье приводятся сведения о 95 видах на основе бентосной съемки ТИНРО, их экологии и распределению; коллекция в настоящее время хранится в Музее Национального научного центра морской биологии ДВО РАН.

Г.Н. Волова с самого основания Зоологического музея ДВГУ (1958 г.) пополняла его коллекцию моллюсков, внесла большой вклад в определение и становление малакологического собрания [Зоологический музей..., 1998]. Впоследствии коллекция моллюсков этого музея стала не только крупнейшей на Дальнем Востоке и Сибири, но входит и в ряд самых больших и ценных собраний мировой малакофауны в России.

Память о Галине Николаевне Воловой навсегда сохранится в сердцах ее студентов и учеников, всех, кому она помогла в начале их карьеры, а ее научные труды и определители еще долго будут использоваться гидробиологами и малакологами.

Я благодарю бывших и нынешних сотрудников ДВФУ В.С. Бистерфельд, М.Г. Казыханову, Н.П. Токмакову и И.Е. Волвенко за помощь в сборе информации о Г.Н. Воловой.

Литература

- Волова Г.Н. 1969. Бентос некоторых пресных и солоноватых водоемов южного Приморья: автореферат дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ. 26 с.
- Волова Г.Н. 1970а. К фауне и экологии некоторых представителей бентоса солоноватых водоемов юга Приморья Японского моря // Гидробиологический журнал. Т. 6, № 3. С. 17–22.
- Волова Г.Н. 1970б. Оценка кормности водоемов морского побережья южного Приморья // Рыбное хозяйство. № 5. С. 13–15.
- Волова Г.Н. 1971. Основные биоценозы континентальных водоемов южного Приморья // Ученые записки Дальневосточного государственного университета. Т. 15, вып. 3. С. 85–96.
- Волова Г.Н. 1972. Классификация водоемов морского побережья южного Приморья по составу фауны // Ученые записки Дальневосточного государственного университета. Серия биологическая (ихтиология и гидробиология). Т. 60. С. 117–133.
- Волова Г.Н. 1974. Макрозообентос солоноватых водоемов южного Приморья (Японское море) // Гидробиологический журнал. Т. 10, № 6. С. 32–37.
- Волова Г.Н. 1984. Биоценозы прибрежных вод Амурского залива (Японское море) // Фауна и экология морских организмов. Владивосток: ДВГУ. С. 78–124. (Рукопись депонирована в ВИНТИ № 3651-84Деп.).
- Волова Г.Н. 1985. Донные биоценозы Амурского залива // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Т. 110. С. 111–119.

- Волова Г.Н., Голиков А.Н., Кусакин О.Г. 1979. Раковинные брюхоногие моллюски залива Петра Великого. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 170 с.
- Волова Г.Н., Жакина Т.И., Микулич Л.В. 1980. Бентос бухты Алексева // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1980. С. 32–56.
- Волова Г.Н., Скарлато О.А. 1980. Двустворчатые моллюски залива Петра Великого. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство. 95 с.
- Волова Г.Н., Скарлато О.А. 1991. Фауна и распределение двустворчатых моллюсков в северной и западной частях Охотского моря // Биология рыб и беспозвоночных северной части Тихого океана. Владивосток: Изд-во ДВГУ. С. 142–181.
- Зинченко Т.Д., Истомина А.Г., Зеленцов Н.И. 2012. Макаrenchко Евгений Анатольевич (к 60-летию со дня рождения) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 21, № 4. С. 176–185.
- Зоологический музей Дальневосточного государственного университета. 1998. Владивосток: изд-во ДВГУ. 63 с.
- Королёва В.П. 2014. Воспоминания о проф. Б.Н. Казанском (к 100-летию со дня рождения) // Профессору Б.Н. Казанскому – 100 лет. Воспоминания учеников и коллег. С.-Петербург: Береста. С. 20–38.
- Кафанов А.И., Лутаенко К.А. 1998. Новые данные о фауне двустворчатых моллюсков северной Пацифики. 6. *Callista trigonoovata* Scarlato in Volova et Scarlato, 1980 – синоним *Callista (Ezocallista) brevisiphonata* (Carpenter, 1864) // *Ruthenica* (Русский малакологический журнал). Т. 8, № 1. С. 75–76.
- Профессору Б.Н. Казанскому – 100 лет. 2014. Воспоминания учеников и коллег. С.-Петербург: Береста. 130 с.
- Скарлато О.А. 1981. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана // Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом АН СССР. Вып. 126. С. 1–479.

К.А. Лутаенко

Национальный научный центр морской
биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

О Галине Николаевне Воловой About Galina Nikolaevna Volova

Галина Николаевна Волова... Я ее часто вспоминаю. Она ушла от нас 8 ноября 2017 г. Последний раз она звонила мне 3 марта, поздравляла с Днем рождения, для меня она живая, улыбается, что-то рассказывает и передает всем привет.

Познакомились мы, когда я поступила в Дальневосточный государственный университет (ДВГУ) в 1967 г. Ближе познакомились на практических занятиях, Галина Николаевна вела «Большой практикум», «Частную гидробиологию», «Пресные воды». Почему я это хорошо помню – когда я уже работала на Кафедре гидробиологии и ихтиологии, то собирала материал для занятий, где только можно. Даже работая в школе, помогала Галине Николаевне, вела летнюю практику на о. Попова, принимала зачет в своей группе, до сих пор помню некоторые казусы. Мы же были почти ровесниками. Галина Николаевна учила меня держать дистанцию со студентами во время занятий и называть по их отчеству. Когда я пришла работать на Кафедру гидробиологии и ихтиологии, мы были вместе и в течение учебного года, и на летней практике в пос. Заповедном. Даже успели побывать в экспедиции на Сахалине.

Какой была для меня Галина Николаевна? И требовательной, особенно ко мне, и доброй, и наставником, и учителем, и другом, с ней легко было в быту – на равных распределяли обязанности на практике, лишь бы не мешало работе.

Когда Галина Николаевна вышла на пенсию и уехала в г. Солнечногорск Московской области, мы перезванивались и встречались у нее вместе с Нелей Николаевной Харламовой. Она моя предшественница по кафедре и живет в Подмоскowie. Вспоминали университет, всех сотрудников, Г.Н. передавала теплые пожелания, даже учебным материалом интересовалась, а толстый журнал, где были списки всех студентов с их отметками, сохраняла до переезда к дочери в Москву.

Галина Николаевна почти до последних дней вела активный образ жизни, много гуляла (а не скучала, как бабульки на скамейке), читала, даже заинтересовала правнука гидробиологией. Галина Николаевна прожила долгую, интересную жизнь, большое спасибо за это и ее дочери Наталье Геннадьевне. Она очень тепло всегда говорила о зяте, о внуках.

У Галины Николаевны было очень много студентов, которые сейчас работают по всей стране. Многие кандидаты и доктора наук, многие преподаватели и учителя, есть просто хорошие люди, многие уже сами на пенсии, но мы всегда будем помнить о ней. Она внесла большой вклад в развитие гидробиологии и своими научными трудами.



Галина Николаевна Волова
Galina N. Volova

В.С. Бистерфельд (Калиничева)
Владивосток
(сотрудница Кафедры гидробиологии
и ихтиологии ДВГУ в 1977–1998 гг.)