

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ЗИН РАН)

ОТЧЁТНАЯ
НАУЧНАЯ СЕССИЯ
ПО ИТОГАМ РАБОТ 2020–2021 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

17–19 мая 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ИСТОРИЯ ПОДСЕМЕЙСТВА ПОЛЕВОЧЬИХ (ARVICOLINAE, RODENTIA): ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ ГЕНОМА

**Н.И. Абрамсон, С.Ю. Бодров, О.В. Бондарева,
Е.А. Генельт-Яновский, Т.В. Петрова**

В данном сообщении приводятся результаты выполнения работ по одноименному гранту РФ. Основная цель проекта состоит в заполнении пробелов в филогении подсемейства на основе данных глубокого секвенирования и максимально возможного охвата таксонов. Детальная филогения, в свою очередь, необходима для работы над другими, взаимосвязанными задачами проекта – выявления адаптивных изменений на геномном уровне, случаев межвидовой и межродовой гибридизации, сопровождавших становление и радиацию полеvoчьиx. Поскольку в рамках настоящего сообщения нет возможности рассказать обо всех результатах, полученных в ходе выполнения различных этапов реализации проекта, в докладе акцент будет сделан на вопросах заполнения пробелов в филогении надвидовых таксонов подсемейства.

Происхождение и эволюция подсемейства – пример одной из самых быстрых документированных радиаций, и в течение ее эволюционного развития наблюдается, по крайней мере, еще два-три таких «взрывных» этапа. Реконструкция филогенетических связей таксонов, возникших вследствие быстрых радиаций, – труднейшая задача, не разрешимая при применении небольшого количества молекулярных маркеров. Мы провели филогенетический анализ на основе митохондриальных геномов (11391 пн) и молекулярное датирование таксономически максимально репрезентативной выборки, включающей все рода подсемейства. Такой полный набор данных стал возможен, в том числе, и благодаря использованию старых коллекционных образцов. В то же время в филогению по митогеномам существенные искажения могут вносить следы отбора и процессы межвидовой и межродовой гибридизации и последующей интрогрессии.

Для получения сбалансированной картины наиболее вероятных филогенетических связей на надвидовом уровне был также проведен анализ участков ядерного генома по данным секвенирования транскриптомов (28 ортологичных генов, 42150 пн) на той же выборке, но уже без ряда редких таксонов. В результате впервые получено высокое разрешение филогенетических связей таксонов родового уровня для

трибы Arvicolini. При построении «видового (“species tree”) дерева с использованием визуализации в DensiTree четко выявились две зоны топологической неопределенности. Наибольшая топологическая неопределенность выявляется в районе основания (зона предкового узла) таксонов первой радиации. Оценка филогенетических траекторий отдельных генов в очередной раз позволяет отметить систематическую неопределенность в отношении наиболее древних таксонов в пределах подсемейства. Расчет времени дивергенции основных узлов в целом не противоречит палеонтологическим данным, но предковый узел самой многочисленной трибы Arvicolini оказался значительно древнее палеонтологических находок предполагаемых предков. Сенсационный результат анализа митогеномов: род *Lemmyscus* не просто нашел свое место в трибе Arvicolini, но и с очень высокой поддержкой оказался сестринским роду снеговых полевок – *Chionomys*. *Lemmyscus* и *Chionomys* сегодня не только обитают на разных материках и занимают разные экологические ниши, они очень сильно различаются и морфологически. Такое генетическое сходство и оценка времени дивергенции указывают на сценарий миграции предков трибы Arvicolini из Евразии в Северную Америку не в начале плейстоцена (Repenning, 1992), а в середине плиоцена, около 4 млн лет назад.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-74-20110.

ПТЕРАНОДОНТИДЫ РОССИИ

А.О. Аверьянов

Птерозавры (Pterosauria) – одни из самых редких ископаемых позвоночных. В 1911 г. геолог В.Г. Хименков нашел первую кость птерозавра в России – фрагмент шейного позвонка из верхнемеловых (кампан) отложений близ с. Малая Сердоба Пензенской области. Следующая находка кости птерозавра в России была сделана только спустя 75 лет, в 1986 г. (Аверьянов и др., 2005). На основе находки Хименкова Н.Н. Боголюбов описал в 1914 г. новый таксон летающих ящеров, *Ornithostoma* [=Pteranodon] *orientalis*, ставший первым птерозавром, описанным из России. Птеранодон – крупный, до 7 м в размахе крыльев, беззубый птерозавр, известный из позднего мела (сантон-кампан) Северной Америки. Таксон из России был первой находкой птеранодонов в восточном полушарии (отсюда видовой эпитет – *orientalis*). Долгое

время этот вид числился в различных справочниках как птеранодонтид (*Pteranodontidae*), пока Л.А. Несов не отнес его к другому семейству птерозавров – аждархидам (*Azhdarchidae*) и выделил его в особый род *Bogolubovia* (Несов, Ярков, 1989). Аждархиды – беззубые птерозавры, включавшие самых крупных летающих животных с размахом крыльев до 20 м. Они были космополиты, и до недавнего времени считалось, что только эта группа птерозавров дожила до конца мела (маастрихт), поэтому отнесение боголюбовии из России к аждархидам не вызывало особых возражений. Позже был описан еще один таксон птерозавров из России по материалам из местонахождения Широкий Карамыш в Саратовской области – *Volgadraco bogolubovi* (Аверьянов и др., 2008).

В последние годы количество находок костей птерозавров в верхнем мелу Поволжья резко увеличилось, в основном благодаря масштабным раскопкам М.С. Архангельского на новом местонахождении Белое Озеро в Саратовской области. Поначалу все находки из Белого Озера относились к аждархидам (Аверьянов, Пантелеев, 2009; Аверьянов, Попов, 2014; Аверьянов и др., 2016). Однако морфология некоторых новых находок, включая целую синкарпальную кость, никак не соответствовала таковой аждархид, к которым они должны были относиться по существующей парадигме. Более тщательное изучение этих материалов привело к неожиданному выводу – практически все кости птерозавров из Белого Озера принадлежат крупному птеранодонтиду с размахом крыльев более 6 м (Averianov, Arkhangel'sky, 2020).

Смена парадигмы привела к переосмыслению таксономического положения других таксонов птерозавров из Поволжья, боголюбовии и волгадрако: они также были отнесены к птеранодонтидам (Аверьянов, Архангельский, 2021). Отнесение боголюбовии к птеранодонтидам подтвердила новая находка шейного позвонка в типовом местонахождении (Малая Сердоба), сделанная А.С. Куриным в 2021 г. Ее изучение позволило обосновать валидность боголюбовии и ее отличие от волгадрако (Averianov, Kurin, in press). Фрагмент локтевой кости птеранодонтида также недавно определен из кампанских отложений близ с. Полунино в Волгоградской области (Аверьянов, Ярков, 2021). Кроме птеранодонтид, в кампане Поволжья недавно были обнаружены другие «американские» элементы, такие как морские черепахи *Protostega gigas* (Danilov et al., 2022), мозазавриды *Clidastes propython* (Григорьев и др., 2015) и зубастые птицы *Hesperornis* (Зеленков и др., 2017). В последние годы находки птеранодонтид были сделаны в других регионах восточного полушария, таких как Япония (Kellner et al., 2006) и Северная

Африка (Longrich et al., 2018). Эти новые данные свидетельствуют, что птеранодонтиды были довольно успешной и широко распространенной группой летающих ящеров, дожившей до самого конца мелового периода. Новые находки также подчеркивают, насколько мало мы еще знаем эволюционную историю птерозавров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 19-14-00020).

ЭКСКРЕТОРНАЯ СИСТЕМА ПИКНОГОНИД СЕМЕЙСТВА NYMPHONIDAE (ARTHROPODA, CHELICERATA)

Н.В. Алексеева

Морские пауки, или пикногониды – небольшая группа первичноводных хелицерат, представители которой имеют весьма специфическое строение. Их туловище состоит из цефалосомы, свободных сегментов тела и несегментированного абдомена. На цефалосоме располагаются хоботок, хелифоры, пальпы, яйценосные ножки и первая пара ходных ног. Остальные ходные ноги располагаются на свободных сегментах. Часть внутренних органов пикногонид залегает в придатках, а органы дыхания и экскреции вовсе отсутствуют. Однако относительно недавно были описаны экскреторные органы, расположенные в базальном членике хелифор взрослых особей *Nymphopsis spinosissima*, представляющих семейство Ammotheidae (Fahrenbach, Arango, 2007), что поставило под сомнение утверждение об отсутствии экскреторной системы у морских пауков.

Для исследования были собраны взрослые особи *Nymphon brevirostre*, *N. grossipes* (ББС «Картеш», Белое море) и *Pentanyphon antarcticum* (станция «Прогресс», море Содружества). Животные обработаны по стандартным методикам для световой и просвечивающей электронной микроскопии.

В ходе исследования было впервые продемонстрировано, что экскреторная система нимфонида представлена парой экскреторных органов, расположенных в средней части яйценосных ножек. Экскреторный орган включает саккулюс, реабсорбционный канал и выводной проток, открывающийся порой на внутренней поверхности четвертого членика. Положение саккулюса определяется горизонтальной септой и специализированными клетками подвески, цитоплазма которых богата микротрубочками. Клетки подвески сокращаются, регулируя положение

ние саккулюса в полости тела и определяя его полигональную форму. Снаружи все элементы экскреторного органа покрыты слоем внеклеточного матрикса.

Стенка саккулюса сформирована подоцитами обычного для членистоногих строения, состоящими из выдающихся в просвет саккулюса ядродержащих тел и многочисленных ножек, расположенных на слое внеклеточного матрикса. Между ножками расположена ультрафильтрационная мембрана, участвующая в фильтрации жидкости из полости тела в просвет саккулюса. Реабсорбционный канал отходит от дистальной части саккулюса, располагается между ним и стенкой тела и сформирован эпителиальными клетками, которые обладают 1) многочисленными апикальными микровиллями, 2) складчатыми латеральными поверхностями, 3) системой впячиваний базальной мембраны и 4) многочисленными митохондриями. Совокупность этих признаков позволяет отнести данный эпителий к транспортному. Таким образом, часть веществ, попавших в экскреторный орган из полости тела, реабсорбируется клетками этого канала. Выводной проток очень короткий, располагается в толще стенки тела и выстлан кутикулой. Клетки протока отличаются от клеток прилежащего эпителия многочисленными микротрубочками и длинными апикальными микровиллями.

Таким образом, для всех исследованных нимфонид характерны экскреторные органы. Они устроены единообразно и сходны с ранее описанными органами *Nymphopsis spinosissima*, но имеют ряд характерных особенностей. Экскреторные органы у пикногонид расположены в придатках компактно, в пределах одного подомера. Они всегда ассоциированы с цефалосомой – передней и практически единственной сборной тагмой тела. В отличие от настоящих хелицероных, у нимфонид экскреторные органы никогда не располагаются в туловище и не открываются на его поверхности или в основании придатков.

Исследование выполнено в рамках гос. задания № 122031100283-9 и реализовано с использованием оборудования ЦКП ЗИН РАН «Таксон» (<http://www.ckr-rf.ru/ckp/3038/>) и РЦ СПбГУ «Обсерватория экологической безопасности».

ПОИСК КОМПАСНОЙ МАГНИТОРЕЦЕПЦИИ В СЕТЧАТКЕ ЗАРЯНКИ (*ERITHACUS RUBECULA* L.) МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИИ

Л.А. Астахова¹, А.Ю. Ротов¹, Р.В. Чербунин^{1,2},
А.А. Горяченков¹, К.В. Кавокин^{1,2}, М.Л. Фирсов¹, Н.С. Чернецов^{1,2,3}

¹Институт эволюционной физиологии и биохимии
им. И.М. Сеченова РАН, Санкт-Петербург,

²Санкт-Петербургский государственный университет,

³Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

Птицы используют геомагнитное поле для ориентации и навигации. Имеются данные, согласно которым магнитный компас птиц может работать только при освещении светом определённой длины волны и локализован в сетчатке глаза птиц. Предполагается, что у птиц рецепторной молекулой для восприятия магнитного поля является белок из семейства криптохромов. Мы изучали модуляцию зрительного сигнала в сетчатке диких мигрирующих птиц, зарянок (*Erithacus rubecula* L.), постоянным магнитным полем.

Активность в сетчатке регистрировали методом электроретинографии *ex vivo*. Мы проводили запись электрической активности от изолированной сетчатки в перфузионной камере. Мы использовали стимуляцию вспышками синего (470 нм) и красного (630 нм) света, поскольку результаты поведенческих экспериментов показывают, что мигрирующие птицы могут использовать магнитный компас при освещении ультрафиолетовым, синим и зелёным, но не красным светом. В экспериментах по записи суммарного электрического ответа сетчатки – электроретинограммы (ЭРГ) – мы по отдельности анализировали препараты назального, дорзального, темпорального и вентрального квадрантов сетчатки.

Сравнение *a*-волн и *b*-волн ответов на стимуляцию синим светом при перпендикулярных друг к другу направлениях магнитного поля показало небольшие по абсолютной величине, но статистически значимые различия в амплитуде *a*-волны, но не *b*-волны, причём только в назальном квадранте сетчатки. Амплитуды ответов ЭРГ на стимуляцию вспышками красного света не показали значимого влияния направления магнитного поля ни для *a*-волны, ни для *b*-волны.

Таким образом, мы показали, что направление магнитного поля модулирует электрические ответы сетчатки зарянки на вспышки синего,

но не красного света. Этот результат полностью соответствует результатам поведенческих экспериментов по изучению ориентации зарянок, согласно которым птицы не способны использовать магнитный компас при освещении длинноволновым светом. Метод регистрации ЭРГ позволяет получить суммарный ответ всей сетчатки, в то время как магниторецепторные клетки, по-видимому, составляют небольшую (не больше нескольких процентов) субпопуляцию клеток сетчатки. Это может объяснить небольшую амплитуду наблюдавшихся различий. Дальнейшие исследования должны быть направлены на запись ответов отдельных фоторецепторных клеток.

Исследование поддержано грантами РФФИ №№ 16-14-10159 и 21-14-00158.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОКСИЧНЫХ МИКРОПОЛЛЮТАНТОВ НА БЕНТОСНЫХ ЖИВОТНЫХ И ПОИСК НОВЫХ БИОМАРКЕРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

**Н.А. Березина, А.А. Максимов, Ю.И. Губелит,
Н.М. Сухих, В.А. Петухов**

В России и мире проведение мониторинга состояния морских и пресноводных экосистем признано актуальной задачей, решение которой требует разработки новых методов оценки качества водной среды и поиска чувствительных биоиндикаторов. В 2019–2022 гг. в рамках проекта «Опасные химические вещества в восточной части Финского залива – концентрация и оценка воздействия» (HAZardous chemicalS in the eastern Gulf of Finland – concentrations and impact assessment, HAZLESS) Программы приграничного сотрудничества России и Эстонии изучались реакции водных организмов на присутствие в Финском заливе Балтийского моря опасных микрополлютантов (ОВ), таких как фармацевтические препараты (диклофенак), алкилфенолы (4-трет-октилфенол), оловоорганические соединения (трибутилолово), полиароматические углеводороды (дизельное топливо, антрацен), ртуть и прочих, осуществлялся поиск чувствительных биоиндикаторов и биомаркеров для обеспечения надежной оценки качества водной среды Балтийского моря и разработки мер по смягчению неблагоприятных последствий человеческой деятельности для его экосистемы.

Были применены различные методы биологической оценки состояния среды (биоиндикация, биотестирование, биомаркирование). Отбор

чувствительных методов, позволяющих найти связь между качеством окружающей среды и здоровьем живых организмов, разнообразием и обилием их сообществ, в конечном итоге был необходим для рекомендаций мониторинговым агентствам, следящим за состоянием Финского залива. В частности, были изучено воздействие ОВ на репродуктивные показатели ракообразных-амфипод (частота встречаемости деформированных эмбрионов (Sundelin et al., 2008) и другие репродуктивные нарушения), численность металлоустойчивых и окисляющих углеродороды бактерий (в кишечнике моллюсков и рыб), показатели частоты сердечных сокращений у моллюсков, уровни метаболической активности (потребление кислорода и экскреции фосфатов), термотолерантность и биомаркеры нейротоксичности и антиоксидантной системы у различных животных, рассчитаны «бентосные индексы» [соотношение амфипод и полихет (Dauvin, Ruellet, 2007), нематод и копепод (Raffaelli, Mason, 1981)], мультиметрический бентический индекс качества, BQI (Rosenberg et al., 2004; Blomqvist et al., 2006).

Комплексный подход с использованием методов классической биоиндикации и биотестирования, а также новых методов биомаркирования показал хорошую применимость и позволил надежно выявлять участки в восточной части Финского залива с повышенным риском накопления поллютантов в донных отложениях и уровнем их высокой токсичности для биоты. Использование донных животных (а также макроводорослей) в качестве индикаторов качества придонных биотопов показало их хорошую индикативность и быстрое реагирование как на острые, так и на долговременные воздействия ОВ. Полученные результаты найдут применение в виде научно обоснованных рекомендаций для развития регионального мониторинга Балтийского моря.

Работа финансировалась грантом Программы приграничного сотрудничества России и Эстонии, проект № ER90 HAZLESS (2019–2022).

МАССОВАЯ ВСТРЕЧАЕМОСТЬ АНОМАЛЬНЫХ АМФИБИЙ В ГИМАЛАЯХ

Л.Я. Боркин¹, В.Л. Вершинин², С.Д. Вершинина²

¹*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,*

²*Уральский федеральный университет, Екатеринбург*

Встречаемость аномальных амфибий в природе привлекает повышенное внимание как с общетеоретических позиций (теория морфоге-

10

неза и эволюционной тератологии), так и в практическом плане (индикация загрязнения среды). Не менее важно понять возможное влияние массовых аномалий на падение численности популяций амфибий, обнаруженное во многих странах. Массовая встречаемость аномальных амфибий характерна для последних 50–60 лет. Подавляющее число случаев выявлено в умеренных широтах Северного полушария, где находятся регионы, подверженные наибольшему загрязнению среды, и где климат гораздо менее стабилен по сравнению, например, с тропиками.

Единичные или немногие аномальные особи известны у 18 видов амфибий, обитающих на полуострове Индостан. Сведения о них публикуются обычно с алармистскими комментариями и попадают даже в масс-медиа, однако массовые аномалии в Индии были обнаружены у 4 видов бесхвостых амфибий семейства *Dicroglossidae* лишь в агроэкосистемах горного района Западные Гаты на западе страны (Hegde, Krishnamurthy, 2014 и др.) и обозначены как «a malformation hotspot in India». Гималаи («обитель снегов»), самая высокая в мире горная система, протянулись от Пакистана до Бирмы свыше 2900 км в длину и 350 км в ширину. Они считаются относительно незагрязнённым регионом с водными потоками, исходящими от ледников, во многих частях с редким населением и слабым развитием промышленности. Даже единичные случаи аномальных амфибий в Гималаях не были известны.

В апреле–мае 2019 г. мы провели анализ встречаемости аномальных амфибий в Западных Гималаях (штат Уттаракханд, Индия) в ходе экспедиции, организованной Центром гималайских научных исследований Санкт-Петербургского союза учёных (Боркин и др., 2021). Были обследованы различные мелководные стоячие и слабопроточные, временные и постоянные водоёмы вдоль рек Ямуна (*Yamuna River*) с её притоками (Tons, Purola) и Бхагиратхи (*Bhagirathi River*) на западе Гархвальских Гималаев. Все эти реки относятся к бассейну Ганга. В водоёмах с головастиками измеряли pH и степень минерализации воды. Крупные выборки (от 86 до 110 плававших головастиков на стадии 28 по Госнеру) жаб двух видов рода *Duttaphrynus* (*Bufo*nidae) были взяты в 7 пунктах на высотах от 687 до 1349 м над уровнем моря (так называемые Малые Гималаи). Эти водоёмы находились на периферии русла реки. Массовой мы считали встречаемость аномальных особей выше 5% в выборке.

Всего были выявлены 7 категорий аномалий: сколиоз (искривление), кифоз (сгорбленность), укорочение хвоста, округлый конец хвоста, расщепление хвостового конца (2 варианта), дефект жаберной камеры и отёк брюшной полости. Все 7 категорий были зарегистриро-

ваны в выборках *D. himalayanus*, тогда как в самой низкой по высоте выборке *D. stomaticus* были найдены лишь две (сколиоз, укорочение хвоста). Среднее число аномальных головастиков в выборках составило 6.8%, варьируя от 3.3% (Bhagirathi-2) до 11.8% (Purola-1). Большинство аномальных головастиков имело лишь по одному из 7 указанных нарушений, но у некоторых особей было по 2, а у одной личинки – сразу 3 аномалии.

Наиболее высокая (массовая) встречаемость аномальных головастиков была обнаружена в 3 выборках притоков реки Ямуна (10.0% – Yamuna-1, *D. stomaticus*; 11.8% – Purola-1 и 9.9% – Purola-2, *D. himalayanus*), тогда как в водоёмах, расположенных по бокам русел крупных рек (собственно Ямуна и Бхагиратхи), число аномальных особей оказалось ниже (3.3–4.6%). Нам не удалось обнаружить корреляцию числа аномальных головастиков с высотой места, pH и степенью минерализации воды. Водоёмы с массовыми аномальными головастиками принадлежали к 3 типам: место выпаса/купания скота кочевыми племенами (Yamuna-1), агроландшафт с поселением (Purola-1) и газовая станция в городке (Purola-2). Хотя факторы, вызывающие повышенную встречаемость аномалий в изученных водоёмах, нам пока неясны, можно отметить, что последняя сопряжена со степенью человеческой деятельности.

Таким образом, выявленная нами массовая встречаемость аномальных головастиков жаб является *первым* случаем для Гималаев. Западные Гималаи (Гархвал) следует считать второй по времени обнаружения «malformation hotspot» у амфибий Индии (после Западных Гат).

ЛАБОРАТОРИЯ ИХТИОЛОГИИ В 2021 ГОДУ

О.С. Воскобойникова

В 2021 году в составе лаборатории произошли серьезные изменения, в результате которых появились новые темы исследований (молекулярно-генетические и палеонтологические) и до некоторой степени изменилось содержание предыдущей тематики. Традиционно лаборатория подразделяется на пресноводную и морскую группы. Исследования пресноводной группы были посвящены изучению видового состава коттоидных рыб рода *Cottus* Средней Азии и бассейна реки Неман (В.Г. Сиделева), популяционных характеристик инвазивного бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus*, Gobiidae) в Финском заливе Балтийского моря (А.О. Юрцева, А.А. Успенский), видового со-

става и экологических групп рыб обширной зоны прибрежного мелководья российского сектора Финского залива (Успенский). Новыми для лаборатории стали разработки с использованием методов геномики проблем эволюции комплексов рыб из оз. Севан и видов рода *Garra* из реки Сор бассейна Белого Нила в Эфиопии (Б.А. Левин). Исследования морской группы лаборатории традиционно делятся на арктические, антарктические и дальневосточные. В рамках арктической тематики проводилось исследование мало изученных районов Арктики и описаны 2 новых вида рыб. По материалам полевых сборов 2019 г. и фондовой коллекции лаборатории ихтиологии изучена ихтиофауна высокоширотного архипелага Северная Земля, расположенного на границе морей Карского и Лаптевых (Н.В. Чернова). Изучение антарктических рыб включило уточнение морфологии, родственных отношений и систематического положения рыб семейства *Congiopodidae* (О.С. Воскобойникова, М.Ю. Жуков). Был осуществлен завершающий этап таксономической ревизии антарктических белокровных рыб рода *Channichthys* (Notothenioidei: Channichthyidae), проведено комплексное переописание рыжей белокровки *Channichthys rugosus* Regan, 1913 из вод архипелага Кергелен (Е.А. Николаева). В дальневосточную тематику вошли работы по подготовке и размещению на сайте IUCN (Международная Красная книга) 37 видовых очерков камбалообразных рыб из семейств *Samaridae* и *Poecilopsettidae* (Е.П. Воронина и др.). Был подготовлен и опубликован каталог камбалообразных рыб из фондовой коллекции лаборатории ихтиологии (2800 инвентарных номеров, 6500 экземпляров 302 видов из 15 семейств) (Воронина, Жуков). Впервые в рамках дальневосточной группы проводились исследования ископаемых рыб. Было начато изучение фауны, систематики и филогении неогеновых рыб северо-западной части Тихого океана, и выполнена реконструкция условий существования ихтиофауны. Установлен новый для науки род, описан новый вид и новая форма светящихся рыб рода *Vinciguerria*. Проведен сравнительный анализ таксономического состава глубоководной и мелководной ассоциаций миоценовых рыб древнего Японского моря (М.В. Назаркин). Дана характеристика фауны хрящевых рыб миоцена Южной Кореи (Назаркин и др.).

Работа выполнена в рамках гостемы № 122031100285-3 «Систематика, филогения и биогеография рыб Дальневосточных морей, Арктики, Антарктики и пресных вод России».

МАЛОИЗВЕСТНЫЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЕ ДНЕВНИКИ Н.М. ПРЖЕВАЛЬСКОГО

В.Г. Высоцкий

Орнитология была одним из главных научных интересов Н.М. Пржевальского, хотя в подавляющем большинстве публикаций он позиционируется как путешественник и географ. За пять путешествий им было собрано 5320 экз. шкурок птиц и описаны новые виды (Пржевальский, 1876, 1887), 14 из которых признаются валидными в наше время (Dickison, Remsen, 2013; Dickison, Christidis, 2014).

Во время путешествий Н.М. Пржевальский наблюдения за птицами заносил в отдельные дневники-журналы в виде большеформатных книг. Всего известны шесть журналов, два из которых относятся к Уссурийскому путешествию (1867–1869 гг.) и четыре – к путешествиям по Центральной Азии. Накануне смерти в начале пятого путешествия по Центральной Азии (1888 г.) Пржевальский успел сделать устное распоряжение, согласно которому эти дневники были переданы в Зоологический Музей Императорской Академии наук в Санкт-Петербурге известному отечественному орнитологу Д.Ф. Плеске. Орнитологические журналы не фигурируют в справочной литературе по архивным документам Пржевальского и, равно как и большинство других его дневников, никогда не публиковались. Тем не менее, они были хорошо известны узкому кругу орнитологов: Плеске (1858–1932), В.Л. Бианки (1857–1920), Е.В. Козловой (1892–1975), А.И. Иванову (1902–1987), И.А. Нейфельдт (1929–2020), Л.М. Шульпину (1905–1942), К.А. Воробьеву (1899–1988) и некоторым другим, но современным авторам неизвестны.

Основная форма представления материала в дневниках – видовые очерки с заголовками из латинских названий птиц, расположенных в систематическом порядке. Часто встречаются продолжения одного и того же видового очерка в разных частях дневника. Не все листы исписаны с обратной стороны. Дневники путешествий по Центральной Азии составляют четыре книги. Дневник путешествия в Юго-Восточную Монголию и Северный Китай (1871–1872) представляет собой рукописную книгу из пронумерованных 469 листов (не страниц) формата 34×21 см. Она содержит около 300 видовых очерков, включая многочисленные очерки и замечания с определением только до рода. Имеются фенологические наблюдения и заметки из жизни птиц по месяцам. Дневники путешествия в Тибет, Тянь-Шань и др. (1876–1885) состоят

из трёх рукописных книг с листами формата 36×22 см. В первой книге на титульном листе указано «I Aves, 1. Accipitres et II. Passeres 1876 г.». Она состоит из 227 листов и содержит около 290 видовых очерков с оглавлением. Во второй книге на титульном листе указано «II Aves, III. Scansores. IV. Columbae. V. Gallinae. VI. Grallatores. VII. Natatores». Пагинация начинается с титульного листа (с 220 по 438). Некоторые листы не были заполнены и, очевидно, вырезаны самим автором ради бумаги. Книга содержит около 150 видовых очерков, фенологические заметки прилета и отлета, общие замечания и оглавление. Третья книга (на первом листе указан 1883 год) состоит из 24 пронумерованных листов с описанием весеннего и осеннего пролета (таблицы) зимующих птиц (1883–1885 гг.). На 20 нумерованных листах содержатся списки сборов птиц разных путешествий. Очевидно, что записи в книги вносили во время путешествий, а дополнения и изменения – в промежутках между ними.

Дневники содержат детальную информацию по распространению и биологии птиц, которая не была полностью опубликована самим Пржевальским, поэтому их публикация представляется полезной для современной орнитологии. В настоящее время дневники Уссурийского путешествия Н.М. Пржевальского переведены в текстовый формат.

Исследование проводилось в рамках темы госзадания № 122031100282-2.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПАЗАРИТОВ: ПОПЫТКА ПРОГНОЗА НА ПРИМЕРЕ ТРЕМАТОД МОРСКИХ ПТИЦ НА СЕВЕРЕ ГОЛАРКТИКИ

К.В. Галактионов, А.Г. Гончар, А.И. Соловьева, С.Ю. Бодров

Происходящее потепление Арктики ведет к значительным изменениям в экосистемах северных морей – некоторые бореальные виды рыб и беспозвоночных проникают в высокие широты, изменяются пути и сроки миграций животных, в том числе наблюдаются трансарктические перелеты птиц. Мы попытались проанализировать, как эти процессы отразятся на биоразнообразии и распространении паразитов, выбрав в качестве модельного объекта представителей разных семейств трематод, жизненные циклы которых реализуются в морских прибрежных экосистемах Голарктики. Используя интегративный подход, включающий, наряду с классическими, широкое применение молекулярно-ге-

нетических методов, мы исследовали личинок и половозрелых особей (марит) трематод из морских беспозвоночных и птиц Северной Атлантики (СА) и Северной Пацифики (СП). В результате нам удалось выделить три основных варианта распространения сестринских (или близкородственных) видов/популяций этих паразитов в СА и СП:

1) в СА и СП имеются викарирующие виды – *Parvatrema* spp., микрофалиды группы «*pygmaeus*», *Levinseniella* sp.;

2) в СА и СП вид представлен более или менее изолированными популяциями, различающимися на уровне гаплотипов – *Tristriata anatis*;

3) в СА и СП вид формирует единую популяцию с возможностью генетического обмена между ее СП и СА частями – *Gymnophallus* spp., *Himasthla littorinae*, *Renicola* spp., *Notocotylus atlanticus*.

Вариант 1 характерен для трематод с короткоживущими (до 10 дней) маритами в окончательных хозяевах-птицах (ОХ). Их первые промежуточные хозяева-моллюски (1ПХ), к которым у трематод узкая специфичность (вид трематоды–вид или близкие виды моллюска-хозяина), имеют разрыв ареала в сибирских морях. Для *Parvatrema* spp. также значимо и распространение второго промежуточного хозяина (2ПХ), к которому у них столь же узкая специфичность, как и к первому. Даже если ОХ этих паразитов преодолеют расстояние между крайней восточной и крайней западной границами ареала 1ПХ/2ПХ (в настоящее время границей, разделяющей потоки мигрантов западных и восточных популяций птиц, служит п-ов Таймыр), то паразитирующие в них мариты практически не имеют шансов пережить подобный длительный перелет.

Варианты 2 и 3 возможны для видов с долгоживущими маритами (несколько месяцев), ареалы моллюсков-хозяев которых поделены между западом и востоком так же, как и при варианте 1, либо для видов (независимо от срока жизни их марит), использующих в качестве 1ПХ моллюсков с циркумпольярным распространением. Уровень генетических различий между их изолятами из СА и СП – от дифференциации самостоятельных популяций (вариант 2) до смешения генотипов в СП и СА частях (единая популяция – вариант 3). Реализация того или иного сценария зависит от особенностей миграционного поведения птиц-ОХ, наличия пригодных видов 1ПХ и 2ПХ и характера жизненного цикла паразитов (наличие или отсутствие восприимчивых к диапазону внешних факторов свободноживущих личинок, их жизнестойкость, особенности поведения и т.п.).

Именно трематоды, подпадающие под варианты 2 и 3, в условиях теплеющей Арктики имеют наибольший потенциал к расширению

ареала, что может привести и, по-видимому, уже приводит к смешению североатлантической и северотихоокеанской фаун этих паразитов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 18-14-00170 и в рамках тем госзадания №№ АААА-А19-119020690109-2 и 122031100260-0.

ТРАНСОВАРИАЛЬНАЯ И ТРАНСФАЗОВАЯ ПЕРЕДАЧИ ЕВРОПЕЙСКИМ ЛЕСНЫМ КЛЕЩЕМ *IXODES RICINUS* ВОЗБУДИТЕЛЯ ИКСОВОГО КЛЕЩЕВОГО БОРРЕЛИОЗА *BORRELIA VALAISIANA*

Л.А. Григорьева¹, О.А. Митева²

¹*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,*

²*Научно-исследовательский экспериментальный институт
военной медицины, Санкт-Петербург*

Европейский лесной клещ – один из основных переносчиков возбудителей иксодового клещевого боррелиоза (ИКБ, болезнь Лайма) человека на территории России (Korotkov et al., 2008; Korenberg, 2016). Заражение взрослых клещей *Borrelia burgdorferi* s.l., по данным разных авторов составляет 8–33% (реже до 60%) (Vasilieva, Naumov, 1996; Korenberg et al., 2001, 2016). ИКБ существует в виде природных очагов с циркуляцией возбудителя в природе без участия человека. Энзоотические циклы в Европе включают не менее 7 видов боррелий, в том числе *B. valaisiana*. Возбудители этого геновида вызывают нейроборрелиоз у человека (Hanincova et al., 2003; Diza et al., 2004). На территории России *B. valaisiana* выделена из *Ixodes ricinus* в Калининградской области, в Ставропольском и Краснодарском краях (Korenberg et al., 2002). Резервуарными хозяевами в природе для нее являются как грызуны, так и птицы (Hanincova et al., 2003; Ogden et al., 2014; Tveten, 2014; Wang, 2015). Роль трансвариального инфицирования личинок в сохранении природных очагов подвергалась сомнению (Randolph, Craine, 1995; Korenberg и др., 2013). Предположение о трансвариальной передаче боррелий возникло при обнаружении их в тканях яичников клещей (Balashov et al., 1998) и с применением электронно-микроскопических методов, в ооцитах у *I. ricinus* (Zhu, 1998) и *I. persulcatus* (Амосова, 2000).

Цель данного исследования – установить возможность вертикальной передачи *B. burgdorferi* s. l. у спонтанно инфицированных

самок *I. ricinus* и значимость этого явления для циркуляции боррелий в природных очагах, а также изучить особенности распространения *B. burgdorferi* s.l. в потомстве инфицированных самок клещей *I. ricinus* на протяжении всего жизненного цикла в природных биотопах Северо-Запада России.

Собранных в природе (Курортный район Санкт-Петербурга, 60°12' с.ш.; 29°42' в.д.) самок кормили на кроликах, полученных от них личинок – на мышах. Яйца из полученных кладок, самок после откладки яиц, личинок и нимф после содержания в природных закладках с зимовкой и в лабораторных условиях исследовали на боррелий. Обнаружение боррелий в клещах проводили методом ПЦР с гибридизационно-флуоресцентной детекцией в реальном времени, генотипирование – секвенированием фрагментов межгенной области *gfp-rrl*. В клещах *I. ricinus* обнаружены спирохеты одного геновида *B. valaisiana*, ранее не выделявшегося на территории Санкт-Петербурга. Изоляты боррелий были получены инокуляцией содержимого кишечника клеща в готовую питательную среду BSK-H с 6%-ной кроличьей сывороткой (Sigma, США).

Установлена способность к трансвариальной и трансстадиальной передачам *B. valaisiana* при развитии в *I. ricinus* в природных биотопах. Положительная реакция на *B. burgdorferi* наблюдалась у 6 из 13 самок *I. ricinus* (46.2%), которые успешно питались и откладывали яйца. Четыре самки (66.7%) из шести инфицированных (30.8% от общего числа) клещей смогли передать *Borreli*a в яйца, а затем и личинкам; 50% зараженных (23.1% от общего числа) – нимфам. Перезимовавшие личинки и нимфы, которые до зимовки были инфицированы, после зимовки боррелий не имели. Возможность последующей передачи может возникать при питании перезимовавших личинок и нимф на инфицированных перезимовавших прокормителях. В природных очагах ИКБ сохранение возбудителя обеспечивается постоянной циркуляцией между личинками, нимфами и их хозяевами.

Исследование частично финансировалось за счет гранта РФФИ № 18-04-00075 и темы госзадания № 1021051603202-7.

НОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ НЕЙРОКРАНИУМА И ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА РЫБ НАДСЕМЕЙСТВА CONGIOPODOIDEA (SCORPAENOIDEI) В СВЯЗИ С ИХ ТАКСОНОМИЧЕСКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ

М.Ю. Жуков

Шесть видов монотипического семейства Congiopodidae в основном населяют нотальные воды Австралии и Новой Зеландии, Южной Америки и Африки. Алертихты (*Alertichthys*) обитают в умеренных водах Новозеландского плато. Шипорылы (*Zanclorhynchus*) – единственные рыбы из всего подотряда Scorpaenoidei, которые смогли проникнуть южнее и заселить банки и шельфы островов в Южном океане. Этим рыб можно найти как в субантарктических водах с периодическими вторжениями субтропических и даже тропических водных масс (о-ва Принс-Эдуард, Крозе, Маккуори, хребет Геракл), так и в постоянно антарктических водах (о. Хёрд). Наиболее многочисленная их популяция обитает в северной части Кергеленского плато, где обычно доминируют субантарктические воды, но иногда всё плато находится под воздействием антарктических водных масс. Далеко разнесённые изолированные участки ареалов с разными гидрологическими условиями привели к возникновению спектра морфологических различий. На данный момент описаны 2 вида шипорылов – Черешнева (*Zanclorhynchus chereshnevi* Balushkin et Zhukov, 2016) и колючка-рыба (*Zanclorhynchus spinifer* Günther, 1880) с четырьмя подвидами: *Z. s. spinifer* Günther, 1880, *Z. s. heracleus* Zhukov et Balushkin, 2018, *Z. s. armatus* Zhukov, 2019 и *Z. s. macquariensis* Zhukov, 2019. Таксономический ранг Congiopodidae долгое время был предметом дискуссий и признавался на уровнях от семейства до отряда, однако обособленное положение относящихся к нему родов на филогенетическом дереве Scorpaenoidei не подвергалось сомнению.

Впервые подробно описано строение нейрокраниума всех трёх родов Congiopodoidea (Voskoboinikova, Zhukov, 2021). Показано уникальное для Scorpaenoidei строение затылочного отдела: особенности строения parietale, расположение, форма и строение supraoccipitale и взаимное расположение этих костных элементов по отношению к передним птеригофорами спинного плавника. Pariетальные кости конгиоподов несут сверху высокие гребни, формирующие боковые стенки большой полости, в которой расположены передние проксимальные

птеригиофоры. Снизу полость ограничена задними краями *frontalia* и крупным овальным *supraoccipitale*. Первые птеригиофоры входят между нейральными остистыми отростками первого и второго позвонков, но удлиняются и наклоняются вперёд в этой полости, позволяя таким образом колючим лучам спинного плавника сдвинуться значительно вперёд вплоть до заднего края орбиты глаза. У южноамериканских конгиоподов *Congiopodus leucopaecilus* и *C. kieneri* и южноафриканских *C. torvus* и *C. spinifer* колючие лучи сдвинуты ещё дальше, на вертикаль середины глаза, а самый первый колючий луч сильно наклонён вперёд. Защита области головы у *Zanclorhynchus* и *Alertichthys* формировалась другим путём – в результате развития мощных шипов на костях черепа и клейтруме, так что особой эволюционной необходимости в выносе вперёд колючих лучей спинного плавника у этих родов не было.

Помимо нейрокраниума, исследовано строение скелета плечевого пояса и *pelvis*. Особи *Zanclorhynchus*, а, возможно, и *Alertichthys*, способны к передвижению по дну при помощи четырёх парных плавников (Андряшев, 1993). Такому способу локомоции способствовал в том числе сдвиг пояса брюшных плавников назад, что привело к ряду особенностей в строении *pelvis* у шипорылов и алертихтов. Обнаруженные при исследовании строения нейрокраниума и скелета плечевого пояса и *pelvis* новые синапоморфные признаки *Congiopodidae* s.l. и составляющих его подсемейств позволили повысить таксономический статус семейства до надсемейства, а подсемейств *Congiopodinae* и *Zanclorhynchinae* – до ранга семейств.

Работа выполнена в рамках госзадания № АААА-А19-119020790033-9.

СЕНСОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПОГОНОФОР НА ПРИМЕРЕ *OLIGOBRACHIA HAAKONMOSBIENSIS*

О.В. Зайцева¹, Р.В. Смирнов¹, З.И. Старунова¹,
А.А. Веденин², В.В. Старунов¹

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,

²Институт океанологии им. П.П. Шириова РАН, Москва

Погонофоры (Annelida: Pogonophora, также известные как Siboglinidae) представляют собой группу загадочных глубоководных кольчатых червей с узкоспециализированными физиологическими и

морфологическими признаками, честь открытия которых принадлежит основателю лаборатории эволюционной морфологии академику А.В. Иванову. Все четыре основные ветви погонофор (гигантские вестиментиферы, мелкие классические погонофоры-френуляты, древооточцы монилиферы и костоеды оседаксы) в настоящее время объединены в кладу Siboglinidae. Нервная система погонофор исследована в основном у костоедов и некоторых вестиментифер, тогда как данные по френулятам очень фрагментарны. В большинстве исследований, проведенных на представителях аннелид, основное внимание уделяется их центральной нервной системе, в то время как на периферическую нервную систему (ПНС) традиционно обращается меньше внимания. При этом сенсорные элементы и в целом организация ПНС у погонофор остаются практически не изученными. Между тем сенсорные системы являются наиболее пластичными отделами нервной системы, и информация об их организации имеет большое значение для понимания образа жизни и поведения, а также основных тенденций, которые приводят к особенностям организации разных групп животных.

В настоящей работе с помощью сканирующей электронной и конфокальной лазерной микроскопии впервые изучено строение ПНС, сенсорные элементы и нервно-мышечные взаимоотношения у погонофор-френулят на примере *Oligobrachia haakonmosbiensis* Smirnov, 2000. Проведен комплекс гистохимических и иммуногистохимических исследований с использованием антител к тубулину, серотонину, октапому, субстанции P и FMRFамиду. Выявлено значительное количество первичночувствующих моноцилиарных сенсорных клеток, расположенных диффузно в эпителии всего тела, а также образующих особые сенсорные комплексы. К последним относятся головные щупальца, области дорсального желобка, вентральной цилиарной полоски, отверстий тубипарных желез и многочисленные папиллы. Овальное ресничное пятно, обнаруженное на головной лопасти у основания щупалец, также можно рассматривать как особое сенсорное образование. Большинство выявленных сенсорных клеток проявляет иммунореактивность к субстанции P и/или ацетилированному α -тубулину. FMRFамид- и серотонин-подобная иммунореактивность была характерна преимущественно для нейронов, иннервирующих в основном эпителий и мышцы щупалец, стенки тела, одноклеточные и многоклеточные железы и папиллы. У личинки *O. haakonmosbiensis* выявлены моноцилиарные сенсорные элементы в области апикального органа, вдоль тела и на пигидии. Сенсорные структуры, связанные с папиллами и тубипарными железами,

выполняют, по всей видимости, механосенсорные функции и принимают участие в регуляции построения трубки, а также в закреплении червя внутри нее. Сенсорные структуры дорсального желобка предположительно участвуют в регуляции полового поведения. Отмечен общий низкий уровень морфологической дифференцировки всех периферических нервных плексусов *O. haakonmosbiensis*, что нехарактерно даже для аннелид с интраэпителиальной нервной системой. Это можно рассматривать как сохранение плезиоморфных особенностей организации периферических плексусов или как свидетельство неотенического происхождения сибоглинид.

САНХИТРИДЫ – НОВЫЙ ОТДЕЛ В ЦАРСТВЕ ГРИБОВ

**С.А. Карпов^{1,2,3}, Л. Галиндо³, Д. Морейра³, П. Лопес-Гарсия³,
А.Э. Вишняков², Г. Торруелла³, В.В. Алешин⁴, В.С. Цветкова²**

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,

²Санкт-Петербургский государственный университет,

³Университет Париж-Сакле, Франция,

⁴НИИ Физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского, МГУ

По сравнению с мицелиальными грибами и одноклеточными дрожжами грибы с расселительными жгутиковыми стадиями (зооспорами) остаются малоизученными, а их филогенетическое положение часто весьма неопределенно. Изучаемые нами на протяжении последних 5 лет обычные, на первый взгляд, паразитические хитридиомицеты имеют амебоидные зооспоры с сильно редуцированными жгутиками – псевдоцилиями. Ультраструктурные исследования зооспор двух таких видов показали их крайне необычное строение: кинетосомы редуцированы до одиночных микротрубочек, но в то же время достигают в длину до 2 мкм. По морфологическим признакам они резко выделяются из хитридиомицетов, а первый молекулярно-филогенетический анализ позволил отнести их к классу Monoblepharidomycetes, где эти новые виды *Amoeboradix gromovi* и *Sanchytrium tribonematis* были отнесены к двум новым родам и вошли в новый порядок Sanchytriales. Более тщательный филогенетический анализ генов рРНК показал, что они образуют монофилетическую группу, не имеющую близкого родства ни с одной из известных клад грибов. Чтобы установить их филогенетическое положение и возможные

эволюционные преобразования, были секвенированы геномы обоих видов. Филогеномный анализ с использованием различных наборов белков, а также широкая и тщательно проработанная выборка таксонов позволили практически полностью «разрешить» дерево царства Fungi, особенно зооспоровых грибов. Оказалось, что первыми в эволюции грибов ответвляются хитридимецеты, которые являются сестринской ветвью всем другим грибам. Санхитриды образуют хорошо поддерживаемую быстро эволюционирующую ветвь, сестринскую Blastocladiomycota. Сравнительный геномный анализ Sanchytriales и других представителей Holomycota обнаруживает у санхитрид существенно редуцированный метаболический репертуар, что указывает на их глубокую адаптацию к паразитическому образу жизни. На основании филогенетического положения санхитрид (в сочетании с их уникальными морфологическими признаками) предложено выделить эту группу зооспоровых грибов в новый тип Sanchytriomycota, у представителей которого происходила независимая утрата жгутикового аппарата.

Проект поддержан РФГ грант № 21-74-20089. Культивирование санхитрид в составе фондовой коллекции ЗИН РАН поддержано грантом Министерства образования № 075-15-2021-1069.

САЙТ «ЖУКИ И КОЛЕОПТЕРОЛОГИ» – ИСТОЧНИК ВСЕСТОРОННЕЙ ИНФОРМАЦИИ О КРУПНЕЙШЕМ ОТРЯДЕ ЖИВОТНЫХ

А.Г. Кирейчук, И.С. Смирнов, И.А. Чиграй

*Памяти Андрея Львовича Лобанова
и Михаила Борисовича Дианова*

Инициатива А.Л. Лобанова и М.Б. Дианова по созданию сайта «Жуки и колеоптерологи» дала импульс для быстрой реализации большого проекта, в котором приняли участие более 600 авторов из более чем 30 стран. Он стал одним из крупнейших колеоптерологических сайтов в Интернете, а на веб-портале Зоологического института занимает около 58% всех файлов портала (272 000 файлов). Имея основную направленность на изучение фауны России и сопредельных территорий, сайт превратился в центр сосредоточения интересов специалистов и любителей по современным и вымершим жукам и является важным

справочным ресурсом по систематике, коллекциям, филогенетике, фаунистике, палеонтологии, методам исследований, зоогеографии, экологии, охране природы, истории колеоптерологии, биологическому контролю и другим областям знаний.

В настоящее время сайт имеет ежегодно более миллиона посетителей и занимает лидирующие позиции во всех поисковых системах Интернета. Он гармонично сочетается с другими проектами, которые развиваются сотрудниками института: фондовые коллекции, РЦБД-ЗИН, BioDiv, Insecta, PICKEY, WWW-Keys, ZooDiv и ZooInt, что позволяет оптимально связывать различные блоки информации. Содержательную основу сайта составляют атласы и каталоги по различным группам современных и вымерших жуков, обзоры по семействам, базы данных по фауне России, определители, очерки об историческом развитии жуков, биологии, истории колеоптерологии и т.п. Наибольшую известность получил «Атлас жуков России» и сопредельных территорий, содержащий высококачественные фотографии представителей видов отечественной фауны, в том числе и типовых экземпляров, которые позволяют надежно определять экземпляры без использования коллекционных фондов. Атлас включает представителей 165 ныне живущих семейств, а это более 12000 видовых страниц (при приблизительной оценке фауны России в 15000 видов).

На сайте есть также атласы представителей отдельных таксонов (в том числе и внепалеарктических групп и отдельных экзотических представителей), преимагинальных стадий, фотографий жуков в природе и т.д. Раздел сайта, посвященный каталогу и атласу вымерших жуков, особенно уникален тем, что в нем дана, в отличие от всех других аналогичных ресурсов в Интернете, сбалансированная интерпретация систематических сведений по ископаемым жукам, что делает его источником проверенной информации не только по вымершим жукам, но и по системе отряда в целом. Большое значение сайт имеет как источник очень полезной и широко используемой виртуальной библиотеки, которая включает не только классические источники по систематике (описания таксонов, ревизии, определители и справочники), но и теоретические и методологические работы общего характера. Редакция сайта и колеоптерологическое сообщество уделяют пристальное внимание появляющимся новым направлениям и методам исследований.

В библиотеке сайта имеется много публикаций, посвященных вопросам систематики и разных интерпретаций современной классификации жуков, в том числе источников по молекулярной таксономии и генетической диверсификации как отряда в целом, так и таксонов разных рангов, в том числе отдельных видов. Ведущиеся на сайте дискуссии традиционных систематиков и сторонников новых методов способствуют прогрессу по всему спектру колеоптерологических исследований.

ТРИПАНОСОМАТИДЫ КРОВСОСУЩИХ НАСЕКОМЫХ УМЕРЕННОЙ ЗОНЫ

**А.Ю. Костыгов, А.И. Ганюкова, М.Н. Малышева,
А.О. Фролов, Д.Ю. Драчко, В.В. Агасой, П.А. Смирнов**

В рамках проекта по изучению паразитирующих в кровососущих насекомых трипаносоматид, как действительных или потенциальных патогенов животных и человека, в 2021 г. на материале, собранном в Северо-Западном федеральном округе (Ленинградская, Псковская, и Новгородская области, а также Республика Карелия) нами был проведён ряд исследований.

Впервые было изучено развитие трипаносом видового комплекса *Trypanosoma theileri* (условно-патогенных паразитов полорогих и оленевых) в слепнях, являющихся основными переносчиками данных жгутиконосцев. Анализ генов 18S рРНК и gGAPDH показал, что трипаносомы были представлены двумя видами из разных филогрупп комплекса. Эти виды не различались ни по морфологии, ни по деталям развития в переносчике. В отличие от *T. melophagium* из овечьего рунца, эти трипаносомы лишь кратковременно обитают в средней кишке и затем поселяются в илеуме, игнорируя пилорус и ректум. Развивающиеся в илеуме грушевидные эпимастиготы и метациклические трипомастиготы этих видов сходны с таковыми у *T. melophagium* по морфологии, способу прикрепления к кутикуле хозяина и формированию фибриллярного матрикса, окружающего массу жгутиконосцев. Таким образом, развитие различных видов комплекса *T. theileri* в переносчиках имеет сходства, объяснимые как общим происхождением, так и одинаковыми способами передачи. Наблюдаемые различия наиболее вероятно связаны с особенностями физиологии переносчиков.

В результате полевых работ в исследованном регионе были собраны 1175 слепней 26 видов и 6 родов. Вскрытие этих насекомых с последующим анализом присутствия в них трипаносоматид при помощи светового микроскопа или амплификации гена 18S рРНК показали, что заражёнными из них были 53%. Разные области по этому показателю отличались: наименьшее значение было в Карелии и Новгородской области (~34%), несколько выше – в Ленинградской обл. (44%), а самое высокое – в Псковской обл. (62%). Данные различия лишь отчасти можно объяснить особенностями видового состава слепней из разных мест сбора, потому что для одних и тех же видов заражённость варьирует в зависимости от региона. Было также показано, что с течением времени заражённость растёт. Наиболее высокие суммарные по всем местам сбора показатели продемонстрировали представители рода *Tabanus* (60–94.4%), наиболее низкие – *Chrysops* spp. (16.7–60%). По результатам анализа более половины заражённых образцов подавляющее большинство жгутиконосцев представлено трипаносомами комплекса *T. theileri*.

Для большинства видов трипаносом млекопитающих, в т.ч. комплекса *T. theileri*, развитие в позвоночном хозяине неизвестно. Наш анализ культуры одного из видов комплекса показал, что клетки там представлены в основном грушевидными или овальными эпимастиготами с небольшой примесью удлинённых эпимастигот. Хотя по форме клетки культуры напоминают стадии развития в кишечнике, они имеют ряд ультраструктурных отличий: практически невыраженный слой гликокаликса, заметно более длинный профиль кинетопласта, хорошо развитый комплекс Гольджи, большое количество ацидокальцисом и гликосом. Ввиду того, что в переносчиках такие стадии развития у данного вида отсутствуют, они могут представлять собой клетки, формирующиеся в позвоночном хозяине.

Нами была проведена серия экспериментов по заражению личинок комаров родов *Culex* и *Aedes* моноксенными трипаносоматидами *Crithidia fasciculata* и *Paratrypanosoma confusum* для выяснения возможности трансфазной передачи, ранее описанной в литературе для первого вида паразитов. Ни в одном случае заражение не было стабильным: хотя паразиты присутствовали в кишечнике всех личинок через 2 ч, в течение суток они оттуда полностью выводились. В природе нам также не удалось обнаружить заражённых личинок комаров ($n > 500$). По всей вероятности, данный феномен был описан для какого-то иного представителя моноксенных трипаносоматид. С тех пор пред-

ставления о разнообразии этих жгутиконосцев кардинально изменились, и определять их только по хозяевам и форме клеток невозможно.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 21-14-00191.

МОРСКИЕ И СОЛОНОВАТОВОДНЫЕ АМОЕВОЗОА: ФИЛОГЕНИЯ, СОСТАВ СООБЩЕСТВ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

**А.А. Кудрявцев, Е.Н. Волкова, М.С. Кренделев, Ф.П. Войтинский,
М.М. Трибун, А.А. Ненарокова, Д.А. Мишагин, И.А. Удалов**

Проводимые нами исследования направлены на выявление закономерностей в биоразнообразии, филогении и географическом распространении амeboидных протистов, относящихся к филогенетической ветви Amoebozoa. Вместе с Opisthokonta, объединяющими многоклеточных животных и грибы, Amoebozoa входят в состав ветви Amorphea. Группа объединяет амeboидных протистов, образующих лобоподии – широкие, цилиндрические или уплощенные выросты цитоплазмы, движение которых обеспечивается актомиозиновым цитоскелетом, свободноживущих и паразитических анаэробных амeboфлагеллят (Archamoeba), а также диктиостелиевых и миксогастриевых слизевиков. В природных биотопах амeboидные протисты играют важнейшую роль как консументы бактерий, в особенности развивающихся на различных субстратах бактериальных пленок.

Современные знания о биоразнообразии и закономерностях географического распространения Amoebozoa в морских, солоноватоводных и континентальных минерализованных экосистемах очень ограничены. Для многих таксонов есть лишь эпизодические описания отдельных видов из этих биотопов, а большинство известных видов были обнаружены только один раз. В рамках проекта детально изучено биоразнообразие и филогения наиболее богатых видами отрядов Vannellida, Himatismenida и Dactylopodida, а также отдельных представителей группы Tubulinea. Показано, что тщательный поиск и детальные исследования представителей этих групп из морских и солоноватоводных биотопов существенно расширяют наши представления о биоразнообразии и видовом богатстве амeб.

В частности, мы обнаружили несколько новых филогенетических ветвей Vannellida, ответвляющихся близко к основанию этой груп-

пы; аналогичный результат получен для Himatismenida. Анализируя биоразнообразие Amoebozoa из морского планктона, выделили представителей нового рода в составе отряда Dermamoebida, для которого набор морфологических признаков серьезно конфликтует с молекулярно-филогенетическими взаимоотношениями. Эта находка заставляет нас серьезно пересмотреть представления об эволюции паттернов амебоидного движения и их значении в построении системы Amoebozoa. Анализируя структуру и закономерности географического распространения морфологических видов амёб в морских биотопах, мы делаем вывод о том, что некоторые виды (например, *Squamamoeba japonica* Kudryavtsev and Pawlowski, 2013) могут быть представлены генетически однородными метапопуляциями с глобальным распространением. Одновременно с этим мы выявили примеры групп, где за морфологически идентичными локальными популяциями скрывается значительное генетическое разнообразие видов-двойников. В частности, такая ситуация наблюдается у впервые открытых нами морских представителей группы Variosea, а также представителей рода *Cunea* Kudryavtsev and Pawlowski, 2015 (Dactylopodida).

В результате выполнения проекта удалось усовершенствовать подход к анализу состава сообществ Amoebozoa методами ДНК-метабаркодинга. Показано, что ген субъединицы 1 митохондриальной цитохромоксидазы (*Cox1*) можно использовать в качестве метабаркода, наряду с наиболее популярным сейчас 18S рРНК. Он отличается большей эффективностью амплификации из проб тотальной ДНК сообществ. Референсная база данных последовательностей этого маркера постепенно пополняется в ходе выполнения проекта. С другой стороны, цитохромоксидаза слишком вариабельна для надежного разрешения ветвей высокого уровня, поэтому приемлемым решением при ее использовании в качестве метабаркода является анализ в составе двухгенного референсного выравнивания совместно с 18S рРНК. Это позволяет разместить новые последовательности на филогенетическом дереве с гораздо большей поддержкой внутренних узлов, чем при использовании только одного гена.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 20-14-00181 с использованием оборудования ЦКП «Таксон».

МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДНЕГОДОВОЙ ЭМИССИИ ЦЕРКАРИЙ ТРЕМАТОД ИЗ МОЛЛЮСКОВ-ХОЗЯЕВ БЕЛОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

И.А. Левакин, К.Е. Николаев, А.А. Виноградова,
Д.А. Федоров, В.В. Прокофьев, К.В. Галактионов

Быстрые климатические изменения существенно влияют на экосистемы Земли, и особенно сильно они выражены в Арктике и Субарктике, где средние температуры растут значительно быстрее, чем в умеренных и экваториальных регионах. Одним из подходов к оценке влияния климатических изменений на трансмиссию паразитов является изучение зависимости продукции инвазионного начала, например, средней суточной эмиссии (СЭ) церкарий трематод из моллюсков – первых промежуточных хозяев от среднесуточной температуры (t). Для моделирования среднегодовой продукции церкарий в условиях климата с выраженной сезонностью необходимо также знать временной интервал, необходимый для возобновления производства этих личинок группировками партенит (редий или дочерних спороцист) в моллюске-хозяине после повышения t весной.

Для получения исходных данных для моделирования на ББС ЗИН РАН поставлены две серии экспериментов.

I. Для каждой t в диапазоне от 8°C до 30°C включительно с шагом в 2°C определяли СЭ для 5 видов трематод, паразитирующих в двух видах литоральных моллюсков Белого моря: *Peringia ulvae* (*Cryptocotyle concava* и *Maritrema subdolum*) и *Littorina littorea* (*Cryptocotyle lingua*, *Cercaria parvicaudata* и *Himasthla elongata*).

II. Весеннюю задержку эмиссии церкарий оценивали для 4 видов (*C. concava*, *C. lingua*, *H. elongata* и *M. subdolum*). Зараженных моллюсков собирали в марте из-под льда (период гидрологической зимы) и помещали в условия, имитирующие повышение t после схода льда на литорали и сублиторали Белого моря (усреднение данных термохронов за несколько лет). Ежедневно рассчитывали средние СЭ. Эксперимент прекращали после исчезновения достоверных отличий СЭ от среднелетних значений, установленных по результатам первого эксперимента.

Зависимость СЭ от t для всех изученных комбинаций паразит-хозяин, тестированных в первой серии экспериментов, хорошо ($R^2 = 0.86-0.98$) описывалась суммой гауссиан, параметры которых были уникальны для каждой комбинации. Продолжительность весенней за-

держки эмиссии церкарий оказалась максимальной для группировок редий-гистиофагов *H. elongata* (52 дня), перестройка состава которых в холодный период выражена наиболее сильно. Экспериментально определенные зависимости СЭ от среднесуточной t воды и длительности весенних задержек эмиссии позволили моделировать годовую эмиссию церкарий по тренду среднесуточных t .

Многоканальный сингулярный анализ многолетней базы сезонных гидрологических данных, полученных на станции Д-1 в Белом море (ББС ЗИН РАН), позволил выделить тренды изменения среднемесячных t за последние 70 лет. Выделенные тренды позволили уточнить прогнозируемый годовой тренд изменения среднесуточных температур для прибрежных биотопов и, соответственно, прогноз изменений среднегодовой эмиссии церкарий при ожидаемом потеплении климата в регионе. В результате предсказано значительное усиление интенсивности трансмиссии массовых видов трематод в прибрежье Белого моря и других северных морей, которое не прогнозируется для юга умеренной и субтропической зон. Это объясняется расширением оптимальной для развития партенит температурной зоны теплого сезона в Субарктике и на севере умеренной области и смещением в область ингибирующих эмиссию церкарий супраоптимальных температур в более южных регионах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 18-14-00170 и в рамках тем госзадания №№ АААА-А19-119020690109-2 и 122031100260-0.

ЗИМНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАЛЫХ ОЗЕРАХ

**А.А. Максимов, Н.А. Березина, Л.Ф. Литвинчук, О.Б. Максимова,
В.В. Смирнов, П.М. Терентьев, Н.В. Усов, А.Н. Шаров**

Зимний период – наиболее критический для многих природных процессов – в пресноводной гидробиологии долгое время не получал должного внимания. В 2019–2021 гг. нами в рамках проекта РФФИ были организованы специальные исследования зимних биологических процессов на двух малых ($<1 \text{ км}^2$) озерах, расположенных в северной Карелии и сильно различающихся по морфометрии и степени гумификации воды. Натурные исследования показали, что для биологических сообществ озер в период ледостава характерен весьма высокий

уровень количественного развития. Выявлено существенное различие в сезонной динамике планктонных сообществ в исследованных озерах. В озере с неокрашенной водой количественное развитие фитопланктона в конце подледного периода было столь же значительно, как в период открытой воды, в то время как в гумифицированном озере массовое развитие фитопланктона подо льдом отсутствовало.

В подледном фитопланктоне доминировали цианобактерии, диатомовые и криптофитовые водоросли; в марте было зарегистрировано массовое развитие цианобактерий *Coelosphaerium kutzingianum* и *Phormidium irriguum*. На количественное распределение зообентоса влияли кислородные условия, ухудшение которых наблюдалось в обоих озерах в конце ледового периода (апрель–май). Исследованы популяционная динамика и физиологические адаптационные возможности холодноводных видов ледниковых реликтовых ракообразных. Отмечены значительные отличия арктических видов от бореальных по уровню потребления кислорода: арктические отличались более высокой скоростью метаболизма при низкой температуре. Сделан вывод о негативном влиянии современных климатических условий на ледниковых реликтовых ракообразных даже в озерах субарктической зоны. Выявлены существенные различия структуры трофических сетей исследованных озер, связанные с различной степенью гумификации и разным происхождением основного источника углерода. Низкие значения $\delta^{13}\text{C}$ у животных гумифицированного озера предполагают основную роль метана в качестве источника углерода. Анализ питания рыб (окунь и ряпушка) показал, что донные макробеспозвоночные являются наиболее важным пищевым ресурсом рыб в исследованных озерах; в осенне-зимнем питании ряпушки существенную роль играет также рачковый зоопланктон. На основе анализа архивных материалов показано, что количественное развитие биологических озерных сообществ в летний период зависит от гидрометеорологических условий в зимний период, которые в значительной степени определяют межгодовую и многолетнюю динамику экосистем озер.

Работа выполнена на Беломорской биологической станции ЗИН РАН при финансовой поддержке РФФИ (грант № 19-04-01000).

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ТАКСОНОМИИ АФРО-АРАВИЙСКИХ АГАМ РОДА *PSEUDOTRAPELUS*

Д.А. Мельников, Н.Б. Ананьева

На отчетной сессии в 2013 г. нами был представлен доклад о таксономической структуре монотипического рода *Pseudotrachelus* Fitzinger, 1842. Было показано, что этот род представляет собой комплекс видов – *P. sinaitus* (Heyden, 1827) (Синай, Иордания); *P. neumanni* (Tornier, 1905) (Йемен); *P. aqabensis* Melnikov, Nazarov, Ananjeva et Disi, 2012 (южная Иордания и юго-западная Аравия); *P. dhofarensis* Melnikov et Pierson, 2012 (южный Оман); *P. jensvindumi* Melnikov, Ananjeva et Papenfuss, 2013 (северный Оман).

Позднее был описан еще один новый вид псевдотрапелюса из Судана – *Pseudotrachelus chlodnickii* Melnikov, Smielowskii, Melnikova, Nazarov et Ananjeva, 2015. На основании изучения последовательностей фрагментов митохондриальной (COI) и ядерной (RAG1) ДНК была предложена схема филогенетических отношений видов этого рода (Melnikova et al., 2015), которые разделяются на две группы – африканскую (*P. sinaitus*, *P. chlodnickii*) и аравийскую (*P. neumanni*, *P. aqabensis*, *P. dhofarensis*, *P. jensvindumi*).

В описании находится еще один новый вид псевдотрапелюса из центральной Аравии, но относящийся к группе африканских видов. Он также характеризуется наличием интрогрессии мтДНК в зоне контакта с *P. sinaitus* в юго-восточной Иордании (Melnikova et al., 2015). Подвид *P. sinaitus wernerii* Moravec, 2002, описанный из черной лавовой пустыни в южной Сирии, представляет собой, по-видимому, этот же таксон с интрогрессированной от *P. sinaitus* мтДНК.

Совместно с паразитологами ЗИН РАН и Университета Адама Мицкевича (Познань) было проведено изучение видовой принадлежности клещей рода *Pterygosoma* Peters, 1849 – облигатных паразитов ящериц, в том числе агам рода *Pseudotrachelus*. В результате были описаны шесть новых видов птеригосомовых клещей, паразитирующих каждый на отдельном виде агам (Bochkov et al., 2009; Fajfer, Melnikov, 2014; Fajfer et al., 2016), а также предпринята попытка сопоставления филогении паразитов и их хозяев (Fajfer et al., 2016).

В настоящее время мы проводим исследование признаков внешней (многофакторный анализ) и внутренней (компьютерная томография и рентген) морфологии представителей рода *Pseudotrachelus*. Пред-

варительные данные томографии на небольшом материале показали, что его виды хорошо отличаются признаками строения черепа – формой предлобных костей, шириной зубной кости, формой отростков предсочленованной кости и др. Планируется построение филогенетической схемы рода по признакам строения черепа и сопоставление ее с полученной ранее на основе молекулярно-генетических данных.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 122031100282-2.

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРАНСПАЛЕАРКТИЧЕСКИХ ВИДОВ РОДА *LYGUS* МЕТОДАМИ ИНТЕГРАТИВНОЙ ТАКСОНОМИИ

А.А. Намятова, В.Д. Тыц, Д.С. Большакова

Род *Lygus* из семейства клопов-слепняков (Insecta: Heteroptera: Miridae) имеет голарктическое распространение и включает примерно 50 видов. Он входит в состав так называемого «*Lygus*-комплекса» – одной из самых сложных в таксономическом отношении групп этого семейства. Многие виды рода *Lygus* широко распространены, в частности могут иметь транспалеарктические и даже трансголарктические ареалы. Некоторые из них считаются серьезными вредителями сельскохозяйственных культур, например, хлопка и рапса. Правильное определение видов рода *Lygus* – это актуальная задача для достижения как фундаментальных, так и практических целей. Диагностика этих видов с помощью морфологии осложнено тем, что они очень похожи друг на друга, а некоторые из них обладают существенным внутривидовым диморфизмом. К тому же разные виды могут быть собраны вместе, в одном месте и с одного растения. В предыдущих работах, основанных на баркодинговом регионе цитохром-с-оксидазы (COI), было показано, что этот маркер не всегда может быть эффективен для разделения видов рода *Lygus*; для этого нужно использовать интегративные подходы, которые включают анализ как морфологических, так и молекулярных данных.

Наше исследование в первую очередь направлено на изучение транспалеарктических видов рода *Lygus*: *L. gemellatus*, *L. pratensis*, *L. punctatus*, *L. rugulipennis* и *L. wagneri*, которые во многих случаях не очень четко отличаются друг от друга. Мы использовали подход, включающий изучение различий в дискретных морфологических признаках, разделение видов на основе размеров и форм экземпляров с

помощью метода главных компонент, нейронные сети, а также анализ двух маркеров (COI и 16SrRNA). Удалось показать, что морфология может быть использована для разделения этих пяти видов, многие пары которых значительно отличаются по размеру и форме. Нейронные сети также отличают все пять видов на основе фотографий с дорсальной стороны. Оба маркера могут быть эффективно использованы для разделения видов, кроме пары *L. pratensis* и *L. wagneri*.

Филогенетический анализ показал, что виды рода разделяются на две хорошо поддержанные клады. Одна из них включает виды, известные только из Палеарктики (*L. gemellatus*, *L. pratensis*, *L. wagneri*), а вторая включает виды с голарктическим распространением (*L. rugulipennis* и *L. punctatus*). Однако отдельные виды по большей части либо не формируют клады, либо они очень слабо поддержаны.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-14-00097.

КАТАЛОГИЗАЦИЯ ТИПОВ КОЛЛЕКЦИИ ДВУКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН

Э.П. Нарчук

Коллекция двукрылых насекомых Зоологического института РАН – крупнейшая в России и одна из самых крупных в мире. Она создавалась в течение почти двух столетий, а первое документированное поступление в нее – покупка в 1838 г. коллекции И. Вальтля, обработанной «отцом диптерологии» И. Мейгеном. В настоящее время коллекция отделения насчитывает более 4 млн. экземпляров, хранится в 85 трехсекционных шкафах и включает не менее 3 тыс. первичных типов видов, в том числе описанных многими известными зарубежными специалистами – Ч. Александером (Ch.P. Aleksander), Т. Беккером (Th. Becker), О. Дудой (O. Duda), Ф. Целлером (Ph.C. Zeller), Г. Морге (G. Morge), В. Хеннигом (W. Hennig), Л. Черни (L. Czerny), В. Хакманом (W. Hackman), К. Рогнесом (K. Rognes), Р. Лакшевичем (P. Lakschewitz) и другими.

Первые Санкт-Петербургские диптерологи Р.Р. Остен-Сакен и И.А. Порчинский не были сотрудниками музея, их типовые материалы хранились в коллекции Русского энтомологического общества и поступили в музей в 1919 г. В советские времена с нашей коллекцией приезжали работать многие специалисты из союзных республик (С.Я. Парамонов, Е.Н. Савченко, Ю.Г. Вервеси В.А. Корнеев из Украины,

П.А. Лер и П.И. Мариковский из Казахстана, Л.В. Пэк из Киргизии, К. Эльберг и Э. Ремм из Эстонии) и из разных научных учреждений России (Б.Б. Родендорф, Н.Г. Олсуфьев, Н.А. Виолович, Л.С. Зимин, А.И. Шаталкин, Л.В. Зими́на, В.Г. Ковалев, В.И. Ланцов, Б.М. Мамаев, Н.П. Кривошеина, М.Г. Кривошеина, А.Л. Озеров, Л.И. Федосеева, З.А. Федотова, А.В. Полевой, В.С. Сидоренко, И.Я. Гричанов и др.). Все они описывали десятки новых видов, типы которых также хранятся у нас. Многочисленные виды описаны сотрудниками отделения двукрылых Ф.Д. Плеске, Л.Ф. Гильдебрандтом, А.А. Штакельбергом, К.Я. Груниным, А.А. Черновским, В.Ф. Зайцевым, К.Б. Городковым, В.А. Рихтер. Э.П. Нарчук, В.В. Злобиным, С.Ю. Кузнецовым, И.В. Шамшевым.

Работа с типовыми экземплярами имеет свои трудности. В прошлом их в лучшем случае отмечали кружками золотистой бумаги и только позже – красными этикетками. Многие экземпляры специально никак не обозначены, за исключением надписи на этикетках. Нередко проблем добавляет небрежность авторов, которые не полностью или неточно публикуют данные этикеток. Иногда коллекционные экземпляры имеют этикетку «тип» или «лектотип», а соответствующие публикации отсутствуют. Еще одной проблемой является отсутствие у нас в коллекции типов, для которых Зоологический институт указан их депозитарием в первоописании. После ухода из жизни специалистов материалы их коллекций вместе с типами не передаются в ЗИН, а попадают в другие музеи. Так, некоторые типы Б.М. Мамаева оказались в Японии. Долгое время не удалось получить типы Ю.Г. Вербеса из Киева. В настоящее время ведется непростая переписка с Зоомузеем МГУ о возврате типов В.Г. Ковалева. Однако есть и положительные результаты: удалось вернуть типовые экземпляры из Норвегии, готовы к отправке материалы В. Лавчиева из Софии (Болгария) и М. Эккланда (M. Ackland) из Оксфорда (Великобритания).

Данные о типовых экземплярах коллекции ЗИН РАН регулярно публикуются. В разные годы были изданы на русском языке 6 брошюр с каталогами типов по 17 семействам двукрылых, а на сайте института выставлены каталоги типов по 7 семействам. Нами опубликованы данные о 79 первичных типах представителей 6 семейств; сдана в печать статья еще по 1 семейству, в процессе подготовки статьи по 3 семействам. В этих публикациях этикетки первичных типов приводятся дословно, перечисляются паратипы, сообщается о наличии их в других музеях. В случае необходимости выделяются лектотипы. Описывается

состояние типовых экземпляров и наличие препаратов гениталий. Статьи сопровождаются фотографиями голотипов и лектотипов.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГЕНЕРАЦИИ АННЕЛИД

Е.Л. Новикова^{1,2}, В.В. Старунов¹, З.И. Старунова¹,
К.В. Шунькина¹, М.А. Кулакова^{1,2}, С.Е. Платова^{1,2}

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,

²Санкт-Петербургский государственный университет

Явление регенерации широко представлено среди Metazoa и считается базальным свойством билатеральных животных. Однако в ходе эволюции представители разных ветвей частично или полностью утрачивали эту способность. Крайне интересным представляется поиск причины этих утрат, в основе которых в первую очередь лежат изменения в молекулярных программах контроля морфогенетических процессов развития и регенерации. Кольчатые черви являются перспективной группой для изучения восстановительных процессов, так как, имея достаточно сложную морфологию, отличаются выдающимися регенерационными способностями, которые тем не менее свойственны далеко не всем представителям этой группы. Умение восстанавливать и переднюю, и заднюю части тела считается анцестральной для аннелид, но в дальнейшем оно в различной степени утрачивалось у представителей разных семейств. В связи с этим мы выбрали два объекта исследования – средиземноморскую аннелиду *Platynereis dumerilii* (сем. Nereididae) и баренцевоморскую аннелиду *Pygospio elegans* (сем. Spionidae). *P. elegans* принадлежит к группе сидячих аннелид (Sedentaria) и прекрасно регенерирует как переднюю, так и заднюю часть тела, в то время как *P. dumerilii* является бродячим червем (Errantia) и восстанавливает только задней конец тела. Оба животных регенерируют в лабораторных условиях и демонстрируют сходные темпы регенерации при 18° С. Одной из целей данного проекта являлось выявление молекулярных механизмов, контролирующих процессы регенерации двух видов аннелид, а также поиск различий, которые могут лежать в основе вариабильных восстановительных способностей этих червей.

В своем исследовании мы обратили внимание на консервативные гены, контролирующие становление передне-задней оси многих билатеральных животных, в том числе и кольчатых червей: сигнальные

каскады Wnt и hedgehog (hh), ParaНох ген *caudal*, Нох-ген *Post2* и регулятор wnt-сигналинга *notum*. Мы обнаружили, что гены *Pel-wnt*, *Pel-notum*, *Pel-caudal*, *Pel-Post2* и гены, принадлежащие hh-сигналингу *P. elegans*, маркируют в первую очередь задние домены тела, т.е., по всей видимости, участвуют в спецификации этой территории животного. При регенерации *P. elegans* гены демонстрировали раннюю активацию в области роста «хвоста», но включались в передних доменах только на поздних сроках или не включались вовсе. Напротив, для *P. dumerilii* было показано включение некоторых задних позиционных маркеров в переднем сайте регенерации. Мы предполагаем, что нарушение позиционного маркирования вдоль передне-задней оси тела *P. dumerilii* в ходе регенерации может негативно сказываться на его способности восстанавливать переднюю часть тела.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-14-00304 на оборудовании Центра коллективного пользования «Таксон» Зоологического института РАН (Санкт-Петербург, Россия).

ПОИСК МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВИДООБРАЗОВАНИЯ У УЗКОЧЕРЕПНЫХ ПОЛЕВОК (ПОДРОД *STENOCRANIUS*)

Т.В. Петрова¹, М.А. Сказина², О.В. Бондарева¹, Н.И. Абрамсон¹

¹*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,*

²*Санкт-Петербургский государственный университет*

Комплекс узкочерепных полевок включает два криптических вида *Lasiopodomys raddei* и *L. gregalis*. В составе последнего выделены три аллопатрически распространенные генетические линии с неясным таксономическим рангом. Наша работа направлена на поиск молекулярных механизмов видообразования и, в частности, репродуктивной изоляции между этими группами. Отсеквенированы транскриптомы 12 экз. узкочерепных полевок: по 3 для каждой из линий *L. gregalis* и 3 для *L. raddei*. Качество сырых данных оценивалось программой FastQC, очистку проводили с помощью Trimmomatic. Референсный транскриптом был подготовлен на основе химерной сборки (из всех 12 экз.), сборку проводили пакетом Trinity. Референс очищали от чужеродных ридов с помощью Diamond, для последующего анализа отбирали контиги, соответствующие генам млекопитаю-

щих. Выравнивание сырых чтений на референс создавали с помощью алгоритма *bwa mem*. Файлы *.bam* были отсортированы и отфильтрованы в *Picard*, поиск вариантов проводили *GATK HaplotypeCaller*. Обнаруженные SNP были аннотированы при помощи *eggNOG mapper*, далее проводили анализ обогащения терминами *Gene Ontology (GO)*. Выравнивание отдельных генов проводили с помощью *MAFFT*, оценку уровня и направления отбора (соотношения несинонимичных замен к синонимичным) проводили с использованием классической программы *codeml* с интерфейсом *ete-toolkit*.

Согласно результатам анализа GO-обогащения было идентифицировано около ста биологических путей, в которые вовлечены гены с контрастными SNP для *L. gregalis* и *L. raddei*. Среди них были выявлены процессы межвидовых взаимодействий, защитной реакции, реакции на внешние раздражители, восприятия химических раздражителей и запахов. Это указывает на вероятное существование прекопуляционных поведенческих и физиологических механизмов, способствующих возникновению репродуктивной изоляции между криптическими видами. Между линиями *L. gregalis* обогащенных категорий не обнаружилось, но среди генов с SNP были гены, связанные с различными репродуктивными процессами.

Оценка уровня и направления отбора для отдельных ортологов показала более высокий уровень у *L. gregalis* по сравнению с *L. raddei*. При этом под отбором у *L. gregalis* оказались два гена, потенциально связанные с экологическими адаптациями – *MRPS31*, связанный с температурными адаптациями, и *DSG2*, который может быть полезным при адаптации к условиям высокогорий. Это хорошо согласуется со стабильностью среды обитания *L. raddei* и, наоборот, необходимостью адаптации к новым местам обитания в связи с расселением и последующим выживанием в быстро меняющихся условиях на границе плейстоцена и голоцена в пределах широкого ареала *L. gregalis*. Кроме этого, под отбором оказываются гены, связанные с различными репродуктивными процессами: так, под положительным отбором у *L. gregalis* оказываются *GNL3L*, ингибирующий активность рецептора, связанного с эстрогеном, и *ATP2A3*, принимающий участие в эволюции ухаживания и сперматогенезом. *EFL1*, связанный с оогенезом, и *FBXO34*, играющий решающую роль в мейозе ооцитов, подвергались положительному отбору у *L. raddei*.

Пока рано делать выводы о молекулярных механизмах репродуктивной изоляции между изучаемыми группами, основываясь на

транскриптомных данных, Но мы можем наметить направление для дальнейших молекулярных и физиологических исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФ № 19-74-20110.

НЕМАТОДЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ГОЛЛАНДСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ИЛЬМОВЫХ *ULMUS* SPP. И ЕЁ ПЕРЕНОСЧИКАМИ *SCOLYTUS* SPP.: ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ И МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ

К.С. Полянина, А.Ю. Рысс

Голландская болезнь ильмовых (международный термин Dutch Elm Disease, DED) ранее рассматривалась исключительно как микозное заболевание, вызванное фитопатогенным грибом *Ophiostoma novo-ulmi* (сем. Ophiostomataceae), а переносчиком служат короеды *Scolytus* spp. В ходе мониторинга очагов ГБИ и исследований нематофауны зараженных деревьев нами описан новый вид нематод из особо патогенного рода *Bursaphelenchus*, *B. ulmophilus*. Целью исследования было выявление фауны и становление роли энтомохорных нематод в болезни суховершинности ильмовых насаждений и расшифровка жизненных циклов гельминтов, с особым вниманием к трансмиссивной энтомохорной стадии (дауер-личинке), а также их филогении с использованием интегративного подхода, сочетающего данные молекулярной филогении, морфологии и ассоциаций с хозяевами и переносчиками. Идентифицирована фауна стволовых нематод язвов, включающая 14 видов. Наряду с древесными образцами из очагов инфекции, были изъяты образцы короедов переносчиков *S. multistriatus* и *S. scolytus* на разных стадиях развития. Как на жуке-переносчике, так и в древесных пробах в 100% случаев была обнаружена пара облигатных форонтов *Scolytus* spp.: *B. ulmophilus* (фито-мико-паразит) и сопутствующий вид *Rhabditolaimus ulmi* (бактериофаг). Эти нематоды используют природных переносчиков для колонизации живых деревьев или для освоения новых участков гниющей древесины для питания грибами или бактериями.

У обоих видов первая линька происходит внутри яичевой оболочки; наружу выходит личинка второй стадии (J2), которая после трех последовательных линек становится половозрелой. Идентифицировать

пол возможно от J3 стадии по размеру и структуре полового зачатка. Трансмиссивные энтомохорные личинки (дауеры) *B. ulmophilus* и *R. ulmi* по строению полового зачатка идентифицированы как личинки третьей стадии (DJ3).

Нематода *B. ulmophilus*, относящаяся к группе возбудителей вилта и суховершинности мировой значимости), была экспериментально исследована на наличие независимой от природного переносчика специфичности к кругу растений-хозяев. Фитотест (45 сут) проведен с использованием черенков нескольких видов хвойных и лиственных деревьев, с дозой инокулюма 200 нематод/раст. Экспериментально доказано, что нематоды видоспецифичны и к растению-хозяину, и к переносчику, а не только к переносчику. Выяснено, что нематоды могут размножаться и на экологически сходных «не-хозяевах», что означает угрозу становления новых патогенных систем паразит-хозяин.

Отдельно проведены исследования по всем фазам цикла индивидуального развития и циклу динамики популяции вида *R. ulmi*. Выявлено, что для появления половозрелой особи нового поколения (G) от яйца в среднем проходит 8 дней, от яйца до J2 – 2–4 дня, до J3 – 3–5 дней, до J4 – 5–9 дней. Средняя скорость яйцекладки самки – 2.80 ± 1.82 яиц/сут. Максимальный пик численности популяции в культурах наблюдался на 28-й день, популяционный цикл равен 9 поколениям. В конце популяционного цикла при исчерпании пищевых ресурсов популяция состоит из резистентных (диапаузирующих) личинок третьей стадии. Новым вкладом в моделирование динамики популяций нематод стала разработка формул экспоненциального роста численности нематод, позволяющая оценить скорости деструкции мертвой древесины с участием нематод и их нематохорных симбионтов в лесных и парковых насаждениях.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-34-90101 – «Аспиранты» и выполнена в рамках госзадания № 122031100260-0.

МОРСКИЕ ЧЕРЕПАХИ ИЗ ВЕРХНЕГО МЕЛА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ РАССТРИГИН 1)

Д.М. Прасолова, А.С. Курин, С.Я. Маланюк, И.Г. Данилов

Морские черепахи (надсемейство Cheloniioidea) традиционно объединяют три семейства: Cheloniidae, Dermochelyidae и Protostegidae (см. Данилов и др., 2017). В последнее время в их составе выделяется еще одна кладка – Stenochelyidae (см. Joyce et al., 2021). В настоящее время с территории европейской части СССР остатки меловых морских черепах известны из 15 местонахождений и в большинстве случаев представлены фрагментарными материалами, позволяющими определения до уровня семейств, редко – до уровня родов и очень редко – до уровня видов (см. Danilov et al., 2022). Из местонахождения Расстригин 1 (Волгоградская область, маастрихт) были описаны фрагменты скелета (симфиз зубных костей, два фрагмента лопатки и скульптурированная невральная пластинка), определенные как *Cryptodira incertae sedis* sp. 1 (скрытошейные черепахи неопределенного систематического положения), хотя и отмечалась возможность их принадлежности представителю Cheloniioidea (Averianov, Yarkov, 2004). Отнесение данных материалов к одному таксону было основано на крупных размерах всех фрагментов. Позднее эти материалы упоминались как *Testudines subord. indet. 8* (черепахи неопределенного подотряда; Данилов и др., 2017), а затем вместе с дополнительными материалами (несколько скульптурированных фрагментов панциря) – как “*Peritresius-like cheloniid*” (Danilov et al., 2018).

Новые материалы из Расстригина 1, собранные палеонтологами-любителями А.С. Куриным и С.Я. Маланюком в 2018–2021 гг., включают более полные остатки, которые позволяют уточнить принадлежность ранее описанных материалов и расширить представления о разнообразии черепах данного местонахождения. Все упоминаемые материалы хранятся в палеогерпетологической коллекции Зоологического института РАН. Симфиз нижней челюсти, идентичный ранее описанному как *Cryptodira incertae sedis* sp. 1, но гораздо лучшей сохранности, принадлежит морской черепахе, сходной с представителями Stenochelyidae. Один из фрагментов лопатки *Cryptodira incertae sedis* sp. 1 имеет акромиальный бугорок в основании акромиального отростка, известный среди черепах только у отдельных представителей *Dermo-*

chelyidae и Protostegidae, а также, по-видимому, у *Allopleuron hofmanni* (?Dermochelyidae; Gentry et al., 2019) из кампана-маастрихта Европы. Скульптурированные пластинки панциря (включая невральную пластинку *Cryptodira incertae sedis* sp. 1) принадлежат морским черепахам *Peritresius ornatus* (Ctenochelyidae), ранее известным только из кампана-маастрихта США (Gentry et al., 2018). Неполная нухальная пластинка с глубокой нухальной вырезкой и боковым краем, выходящим в крупную косто-периферальную фонтанель, не отличима от таковой *Allopleuron hofmanni*. Симфиз зубных костей с очень широкой альвеолярной поверхностью принадлежит представителю рода *Euclastes sensu stricto* (Cheloniidae), ранее известному из верхнего мела и палеоцена Северной и Южной Америки, Европы и Африки (Parham et al., 2014). Нескульптурированная невральная пластинка со срединным гребнем и скошенной задней шовной поверхностью для эпиневального элемента принадлежит представителю Ctenochelyidae. Таким образом, комплекс черепах местонахождения Расстригин 1 включает от четырех до пяти таксонов морских черепах. Новые данные показывают, что некоторые таксоны позднемеловых морских черепах имели более широкое распространение, чем считалось ранее, и, по-видимому, были космополитами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 19-14-00020-П) и в рамках госзадания № 122031100282-2.

ДВУКРЫЛЫЕ НАСЕКОМЫЕ (DIPTERA) ПЛАТО ПУТОРАНА

А.А. Пржиборо, С.В. Айбулатов, В.Э. Пилипенко, А.В. Полевой

Плато Путорана – горный массив на северо-западе Средне-сибирского плоскогорья, для которого характерно большое разнообразие ландшафтов и биотопов. Энтомофауна Путоранского региона до настоящего времени оставалась почти полностью не изученной. По отряду двукрылых для этой территории ранее были опубликованы данные лишь по видовому составу семейства Culicidae (Куприяшкин, 2018), а также отмечены 2 вида Limoniidae и 4 вида Tipulidae (Ланцов, 2014).

В ходе экспедиций 2019 и 2021 гг. первым автором были выполнены энтомологические и гидробиологические сборы в 5 районах, находящихся в западной и центральной частях Путорана (долины озер Аян, Кета, Накомьякен и Собачье, а также окружающие

их горы). Сборами с использованием 10 различных методов охвачено более 200 локалитетов в зонах тайги, горных тундр и горных пустынь, находящихся на высотах от 70 до 1100 м н.у.м.

В докладе представлены первые результаты изучения фауны двукрылых Путорана. Обработка собранных материалов, и прежде всего сборов по семействам Tipulidae, Limoniidae, Pediciidae, Mucetophilidae, Simuliidae и Sciomyzidae, показала, что, в отличие от многих других групп насекомых, диптерофауна Путоранского региона содержит большое число видов, новых для таких крупных регионов, как азиатская часть России и север Сибири. К таким новым находкам относятся около трети всех отмеченных видов из 6 семейств, перечисленных выше.

К числу наиболее интересных находок относится обнаружение на Путоране представителей семейств Vlephariceridae и Deuterophlebiidae; оба этих семейства впервые отмечены для северной Сибири и центрального сектора Сибири.

По нашему мнению, обилие новых географических находок двукрылых на Путоране может быть связано не только с относительно плохо изученным распространением большинства таксонов двукрылых, но также с ландшафтно-климатическими особенностями Путоранского региона, которые достаточно резко отличаются от условий соседних районов с более выравненным рельефом.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МУСКУЛАТУРЫ И НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПОЛИМОРФНЫХ ЗООИДОВ CHEILOSTOMATA (BRYOZOA)

К.М. Серова^{1,2}, О.В. Зайцева¹, А.Н. Островский²

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский государственный университет

Мшанки (тип Bryozoa) – одна из широко распространенных групп водных колониальных беспозвоночных-фильтраторов, доминирующих во многих бентосных экосистемах. Одной из важнейших характеристик большинства морских представителей этой группы является наличие специализированных модулей – полиморфных зооидов. Возникновение полиморфизма (разных фенотипов на основе одного генотипа) у колониальных беспозвоночных – одна из интригующих проблем эволюционной биологии. Наиболее разнообразными среди полиморф отряда Cheilostomata являются авикулярии и вибракулярии, выполня-

ющие функции защиты, очистки и локомоции колонии. Несмотря на длительный интерес к явлению полиморфизма у мшанок, число исследований, посвященных организации нервной и мышечной систем этих полиморф, а также эволюционным аспектам данного феномена, крайне мало.

Целью настоящей работы стало изучение организации нервной и мышечной систем авикуляриев у 10 видов мшанок из 8 семейств отряда Cheilostomata при помощи гистологических и иммуногистохимических методов с использованием конфокальной лазерной микроскопии. Впервые было показано, что структурные и функциональные изменения мускулатуры авикуляриев, по сравнению с аутозооидом, значительно более разнообразны и сложны, чем нежелезистая «вестигиализация» («редукция»). Модификация базового плана строения аутозооида включает сложную перестройку нервной системы и мускулатуры. В частности, нами показано, что в связи с редукцией пищевобывающего и пищеварительного аппаратов у полиморфных зооидов исчезает обслуживающая их мускулатура и значительная часть нервной системы. У наименее модифицированных интерзооидальных авикуляриев *Terminoflustra membranaceotruncata* присутствуют все основные группы мышц, характерные для аутозооида: мышцы вестигиального полипида, апертуральные и париетальные мышцы, однако уменьшается число волокон диафрагмального сфинктера и ретракторов, а число абдукторов сокращается до одной пары. При этом относительный размер аддукторов, закрывающих мандибулу, значительно увеличивается, и они становятся поперечно-исчерченными. Вероятно, это связано с большим усилием, которое необходимо для длительного удерживания мандибулы в закрытом состоянии.

Для более видоизмененных адвентивных авикуляриев характерно сохранение элементов апертуральной мускулатуры, за исключением парието-вестибулярных и парието-диафрагмальных мышц и поперечных мышц вестибулюма. Парные абдукторы у них сближаются, а у *Smittoidea propinqua* образуют единую мышцу. У стебельчатых авикуляриев в виде птичьей головы вида *Bicellariella ciliata* первые два пучка мышц-абдукторов смещены дистально. Более того, у *Dendrobeania fruticosa* они сливаются в один пучок. Для наиболее модифицированных вибракуляриев *Caberea ellisii* и *Discoporella terminata* характерны асимметричная форма цистида и наличие удлиненной бичевидной сети. У них выявлены наибольшие перестройки мышечной системы, включающие изменение формы и размеров аддукторов, которые становятся

ся ассиметричными и объединяются в одну мышцу. Нервная система авикуляриев, имеющая у разных видов сходное строение, представлена всего несколькими группами рецепторных клеток и миниатюрным церебральным ганглием, основная функция которого состоит в регуляции движения мандибулы. Следует отметить, что вибракулярии *C. ellisii* обладают парными нервными волокнами, идущими от ганглия к непарному абдуктору, что указывает на то, что исходно эта мышца была парной. Также у полиморфных зооидов разных видов мшанок были выявлены различия в количестве рецепторных клеток в области фронтальной мембраны.

Полученные результаты указывают на то, что нервно-мышечная система полиморфных зооидов, являющихся результатом модификации основного питающегося модуля колонии – аутозооида, в ходе эволюции претерпела существенную трансформацию, причиной которой предположительно являлась специализация на выполнении различных функций.

ЗООЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ И ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ: ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ И ОТЛИЧИЯ

Н.В. Слепкова

В 2022 г. исполняется 190 лет со дня основания Зоологического института РАН. Именно 1832 г. обозначен на эмблеме нашего института, многократно отмечались соответствующие юбилеи. Особенно пышно было отпраздновано 150-летие со дня основания института в 1982 г. (директор О.А. Скарлато), когда ЗИН получил государственную награду – «Орден Красного Знамени». В 2002 г. большой исторической выставкой был отмечен 170-летний юбилей (директор А.Ф. Алимов); к отмечавшемуся 185-летнему юбилею института (директор О.Н. Пугачев) была подготовлена памятная выставка «ЗИН за работой».

Вместе с тем учреждение, основанное в 1832 г., называлось Зоологическим музеем Императорской Академии наук. Мною были предприняты специальные усилия, чтобы показать, что в ходе реорганизации Академии наук в 1929–1934 гг. Зоологический музей был переименован в Зоологический институт, а не образовался за счет слияния каких бы то ни было организаций (Слепкова, 2008). В ходе этих исследований выяснилось, что окончательное решение относительно преобразования музея в институт было принято не в 1930, а в 1931 г. Не

вызывает сомнений, что это – одно и то же непрерывно развивавшееся учреждение.

Конечно, 190 лет – такой значительный промежуток времени для развития учреждения, что различия стартового и теперешнего его состояния невозможно сбрасывать со счетов. Одним из важных этапов в непрерывном развитии музея-института была реформа Академии наук конца 1920-х – начала 1930-х гг., в ходе которой музей был переименован. Изменение названия с музея на институт, произошедшее в сталинское время, побуждает нас искать как преемственность, так и элементы отличия.

Анализ того, что именно произошло с музеем в 1929–1931 гг. и вообще в ходе реформы Академии наук, указывает на важность перемен в требованиях, которые власти предъявляли к музею и которые были зафиксированы как в уставах Академии 1927 и 1930 гг., так и в Положении о музее 1930 г. Возникшие в это время плановость в деятельности научных учреждений, изменение структуры института для приспособления его работы к решению практических задач повлияли на формирование круга проблем, стоявших институтом. Некоторые из них вызревали еще в недрах музея, однако были оформлены именно с созданием института. Это касается главным образом гидробиологии и паразитологии. В результате в круг задач института оказались включены не только вопросы, непосредственно связанные с таксономией животных и фаунистикой, но и общебиологические вопросы, решение которых невозможно без фундаментальных знаний в области систематики животных. Сложившиеся после реформы гидробиологическая и паразитологическая школы развиваются в институте и в наши дни, а нынешняя структура института несет следы структуры, заложенной в ходе сталинской реформы Академии наук, направившей деятельность ученых в практическое русло.

СОТРУДНИКИ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН – ИССЛЕДОВАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

**А.О. Смуров, И.С. Плотников, Л.В. Жакова,
В.И. Гонтарь, Н.В. Аладин**

Настоящий доклад посвящен вкладу ученых Зоологического института РАН (до 1931 г. – Зоологического музея) в изучение фауны

Аральского моря. В XIX в. исследования флоры и фауны Арала носили фрагментарный, отчасти случайный характер. Начало систематическому изучению биоты этого водоема положила экспедиция Л.С. Берга в 1900–1902 гг. В обработке материалов экспедиции принял участие будущий директор Института С.А. Зернов. Следующий этап исследований Аральского моря связан с А.Л. Бенингом, который первым изучал его планктон и бентос с применением количественных методов, а также продолжил начатые Бергом ихтиологические исследования. В 1930-е годы В.А. Догелем и будущим директором Института Б.Е. Быховским было выполнено первое широкомасштабное исследование паразитофауны Арала на основе метода полного паразитологического вскрытия. В 1960-е годы на Аральском море проводили специальные фаунистические исследования, в которых принимали участие и сотрудники Зоологического института: Л.А. Кутикова, Ю.В. Мамкаев и Я.И. Старобогатов.

В конце 1989 г. Н.В. Аладин возглавил созданную в Институте лабораторию солоноватоводной гидробиологии, которая была организована для изучения современного состояния Арала и его биоты, а также поиска путей спасения этого озера. За предложенный план спасения Малого Аральского моря посредством постройки плотины в проливе Берга, которая стала препятствовать падению уровня моря, Н.В. Аладин был награжден почетным знаком Международного фонда спасения Арала.

Лаборатория продолжила начатые в начале XX в. фаунистические и флористические исследования на Арале. В 1989–1995 гг. вышли пять томов трудов ЗИН, полностью посвященных Аральскому морю, со статьями сотрудников лаборатории. За более чем четверть века ими были опубликованы десятки статей как в отечественных, так и в зарубежных научных журналах и сборниках. Сотрудники лаборатории исследовали зообентос (А.А. Филиппов, В.А. Гонтарь), зоопланктон (И.С. Плотников), фитопланктон (О.М. Русакова), высшую водную растительность (Л.В. Жакова), первичную продукцию (М.И. Орлова), а также солеустойчивость некоторых беспозвоночных организмов Арала (Н.В. Аладин, И.С. Плотников, А.О. Смуров, А.А. Филиппов). Они являются авторами нескольких глав вышедшей в 2014 г. в издательстве «Springer» коллективной монографии об Аральском море, а также участвовали в написании главы об Аральском море для коллективной монографии, посвященной большим соленым озерам Азии, опубликованной в том же издательстве в 2020 г.

Наши сотрудники активно участвовали в организации и проведении национальных и международных конференций, посвященных Аральскому морю (Санкт-Петербург, 2009, 2019), а в 2017 г. при поддержке Секретариата Межпарламентской ассамблеи СНГ в рамках VIII Невского экологического конгресса был организован специальный Круглый стол «Современные проблемы и возможное будущее Аральского моря».

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 122031100274-7.

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

**А.О. Смуров, И.С. Плотников, Л.В. Жакова,
В.И. Гонтарь, Н.В. Аладин**

Биологическое разнообразие Аральского моря невысоко, и до начала регрессии свободноживущих беспозвоночных в нем насчитывалось менее 250 видов. Преобладали виды, широко распространенные в пресноводных и солоноватоводных водоемах, но присутствовали и морские виды, представители солоноватоводной каспийской фауны и виды, характерные для фауны осолоненных континентальных водоемов аридной зоны. Из их числа ракообразные составляли до 30%, коловратки – до 40%, моллюски – менее 5%, остракоды, ресничные черви и олигохеты – примерно по 5%, хирономиды – менее 10%. В аборигенной ихтиофауне Арала насчитывали всего 20 видов из 7 семейств. Наибольшее количество видов приходилось на семейство карповых – 12 (или 60% всей ихтиофауны; окуневые были представлены 3 видами, а осетровые, лососевые, сомовые, щуковые и колюшковые – по 1 виду.

Под биологическими ресурсами обычно понимается совокупность организмов, которые могут быть прямо или косвенно использованы человеком. Исходно в Арале ими были только рыбы, и до 1960-х гг. карповые, такие как лещ, сазан и вобла, давали около 90% объема промысловых уловов. Общие их уловы достигали и даже превышали 40000 т в год. В целях повышения биопродуктивности Арала в него вселяли чужеродные виды. При не давшем результата вселении севрюги занесли отсутствовавших у аральского шипа паразитов, которые перешли на него и вызвали сильнейшую эпизоотию. В 1948–1963 гг. были успешные и безуспешные попытки вселения в Арал новых видов. При неудачном вселении кефалей в 1954–1956 гг. случайно занесли бычков, атерину и рыбу-иглу. Так как в экосистеме Арала было мало

рыб-планктофагов, то в расчете на повышение рыбопродуктивности в 1954–1959 гг. намеренно вселили облигатного планктофага – салаку, что привело к нежелательным последствиям из-за низкой продуктивности зоопланктона. При вспышке численности салаки и атерины нагрузка на зоопланктон резко возросла, и его биомасса многократно снизилась, что привело к массовой гибели этих рыб.

С 1961 г. начались регрессия и рост солености Арала. Выживаемость ранних стадий генеративно пресноводных рыб резко снизилась, и в 1970-х гг. от осолонения вымерло больше половины видов рыб и беспозвоночных Арала, а уловы упали в несколько раз. В конце 1970-х гг. акклиматизировали камбалу глоссу, что позволил сохранить рыбный промысел. В начале 1980-х годов в Арале, кроме камбалы и эвригалинной колюшки, выжили 2–3 вида бычков, салака и случайно вселенная атерина.

С 1989 г. Арал перестал существовать как единый водоем, разделившись в результате регрессии на два озера. Рост солености прекратился в расположенном на севере Малом Арале и продолжился в расположенном на юге Большом Арале. После постройки в 2004–2005 гг. Кокаральской плотины соленость Малого Арала стала снижаться, и из Сырдарьи вернулись пресноводные рыбы. В ихтиофауне Малого Арала сейчас насчитывается 14 видов рыб, из которых основу промысла составляют лещ, сазан, жерех, щука, сом и судак. Уловы рыбы в 2013 г. достигли 5000 т и продолжают расти. В г. Аральск с 2009 г. работает современный завод мощностью 6000 т/г.

К 2002 г. в Большом Арале, превратившемся в гипергалинный водоем, погибли последние 7 видов рыб, что создало условия для массового развития рачка *Artemia parthenogenetica*. В настоящее время он является единственным биологическим ресурсом остаточных водоемов Большого Арала, и ведется коммерческая добыча его цист.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 122031100274-7.

НОВЫЕ (И НЕ ОЧЕНЬ) ПОДХОДЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ФАУНЫ НАСЕКОМЫХ РОССИИ

**А.Ю. Солодовников, Ф.В. Константинов, А.А. Попков,
А.А. Намятова, В.В. Нейморовец**

Насекомые по праву считаются одним из наиболее информативных модельных таксонов для выявления общих закономерностей

фундаментальной и прикладной биологии. В то же время, невероятное разнообразие насекомых и низкий темп их первичного (таксономического) изучения создают серьезные препятствия в использовании этой группы для исследований общепроизводственного характера, в отличие от растений и позвоночных животных.

Развитие компьютерных технологий и геномных исследований последних десятилетий, наряду с популяризацией анализа последовательностей ДНК, существенно изменили научную практику в биологии. В самые последние годы все большее влияние на развитие биологии оказывают новейшие достижения технологий машинного обучения. Все эти новшества постепенно начинают входить и в практику таксономического изучения разнообразия насекомых. Однако этот процесс идет крайне медленно, часто появляются сложности и неизученные явления, во многом связанные с разнообразием и особенностями насекомых как объекта исследований. По-прежнему очень многие этапы таксономического исследования в энтомологии не используют новые технологии даже там, где их преимущество уже показано на ряде примеров.

Используя две модельные группы насекомых с большим числом видов, клопов-слепняков и жуков-стафилинид, наш коллектив поставил целью изучить и продемонстрировать, как три разных технологических аспекта могут быть использованы в единой исследовательской программе для более эффективного изучения энтомофауны России. Примененный нами подход подразумевает, (1) использование унифицированной и масштабируемой базы данных с ее одновременным веб-приложением, (2) применение ДНК-штрихкодирования для первичной проверки границ между видами и (3) внедрение автоматизированной системы видовой диагностики по признакам внешней морфологии на основе моделей машинного обучения.

В докладе будут представлены опубликованные результаты нашей работы и некоторые данные, находящиеся в разработке, как по отдельным таксонам клопов-мирид и жуков-стафилинид, так и по этим семействам в целом. На основе полученных результатов и накопленного опыта за два года мы хотим продемонстрировать, как и почему масштабное и последовательное использование всех трех технологических аспектов в связке может вывести инвентаризацию фауны насекомых России на качественно новый уровень. Следует подчеркнуть, что в основе этой работы лежат богатые энтомологические коллекции, прежде всего Зоологического института РАН, потенциал

которых для использования и развития указанных технологий не только огромен, но и в значительной степени не реализован.

Исследование поддержано грантом РФФИ №20-14-00097.

О НОВОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РЕСТАВРАЦИИ

Ю.В. Стариков

Одна из основных задач любого музея, в том числе и Зоологического – сохранение своих коллекций, важную роль в котором выполняет научная реставрация музейных экспонатов. Однако до недавнего времени реставрация естественноисторических предметов в отечественной практике не имела официального статуса, несмотря на то, что такая работа в российских музеях ведется уже более 300 лет, с момента образования Кунсткамеры. В музее ЗИН РАН разработки теоретических и практических аспектов этого инновационного направления целенаправленно проводятся с 2002 г. Выполнение практических работ в процессе сотрудничества с различными отечественными и зарубежными музеями (чучело и скелет Сопкаргинского мамонта из Таймырского краеведческого музея), скелет серого кита и скелет морской коровы из Музей Мирового океана и пр.) позволило апробировать новые приемы и провести адаптацию методик, применяемых в классической реставрации для предметов декоративно-прикладного искусства из органических материалов. А работа с влажными препаратами вообще не имеет аналогов в классической реставрации.

Многочисленные публикации, участие в конференциях, преподавание на курсах повышения квалификации реставраторов, проведение стажировок, организация конференции «Проблемы реставрации предметов из естественноисторических коллекций. Теория и практика» в ЗИН РАН в 2012 г. с изданием трудов конференции, позволило сформулировать основные принципы новой реставрационной специальности. На заключительном этапе по просьбе Минкультуры России мною, как членом координационного совета Государственной аттестационной реставрационной комиссии, были составлены нормативные документы к квалификационным категориям аттестованных реставраторов естественноисторических предметов.

В результате в марте 2021 г. Минкультуры России внесло дополнение в перечень специальностей по аттестации реставраторов – художник-реставратор естественно-исторических предметов. Новое законодательное дополнение позволило этому направлению музейной деятельности обрести официальный статус в масштабах страны. Согласно Приказу Минкультуры РФ № 827 от 23.07.2020, проведение реставрационных работ в отношении музейных предметов осуществляется только лицами, аттестованными Минкультуры на право проведения реставрационных работ по определенной специальности. После индивидуальных стажировок по данной теме под моим руководством в апреле 2021 г. прошли аттестацию и получили звание реставраторов II категории по естественноисторическим предметам Т.В. Дьяконова, сотрудница кафедры зоологии позвоночных СПбГУ, и Н.И. Целовальник, старший научный сотрудник отдела природы Калининградского областного историко-художественного музея.

Во второй половине XX в. Зоологический музей был учебно-методическим центром страны по таксидермии. В настоящее время имеются все предпосылки возобновить подобную деятельность, но уже в области реставрации естественноисторических предметов. Наличие в музее реставратора высшей категории позволяет проводить профессиональную переподготовку реставраторов из музеев России, организацию курсов повышения квалификации, индивидуальные стажировки по разным разделам реставрации естественноисторических предметов, сотрудничество с отечественными и зарубежными музеями и пр.

Работа выполнена при моральной поддержке ГосНИИ реставрации, ассоциации естественноисторических музеев России и Государственного Эрмитажа.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ РЕГЕНЕРАЦИИ АННЕЛИД

В.В. Старунов¹, Е.Л. Новикова^{1,2}, З.И. Старунова¹, К.В. Шунькина¹

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,

²Санкт-Петербургский государственный университет

Кольчатые черви (Annelida, Lophotrochozoa) являются крайне перспективной группой животных для изучения регенерации, однако мы до сих пор далеки от понимания, почему животные, относящиеся

к одному классу, а иногда и к одному роду, демонстрируют различные восстановительные способности. Целью данной работы является поиск ответа на вопрос, почему одни аннелиды легко восстанавливают и заднюю, и переднюю части тела после их утраты, а другие едва ли способны заживить раневую поверхность. В рамках этой проблемы представляется важным комплексное сравнительное исследование морфологических и молекулярных аспектов регенерации аннелид с разными восстановительными потенциями. В качестве объектов исследования были выбраны *Platynereis dumerilii* (Nereididae), способный восстанавливать только задний конец тела, и *Pygospio elegans* (Spionidae), обладающий способностями как к передней, так и к задней регенерации.

С помощью методов сканирующей электронной микроскопии исследовали процесс заживления раны в сайтах роста головных и хвостовых структур *P. elegans* и *P. dumerilii* на ранних стадиях после ампутации. Установлено, что у обоих видов затягивание раны в хвостовом сайте регенерации происходит сходным образом, хотя скорость формирования раневого эпителия у *P. dumerilii* выше. Тем не менее в переднем сайте регенерации у этого вида восстановительные процессы идут медленнее. Таким образом, в головном сайте регенерации *P. dumerilii* нарушения восстановительного процесса заметны еще на этапе заживления раны. Также было проведено гистологическое исследование регенерации *P. Dumerilii* и выяснено, что самые начальные стадии заживления раны в переднем и заднем сайтах регенерации сходны, однако передний сайт отстает от заднего по темпам заживления раны. В дальнейшем в переднем сайте регенерации за процессами заживления раны практически не следует активных морфогенезов и восстановления утраченных органов.

Консервативные гены и сигнальные каскады, такие как Wnt и hedgehog (hh), играют важную роль в ранней и поздней разметке тела билатеральных животных, сегментации и поддержании гомеостаза тканей. Экспрессия генов hh и ptc была детально проанализирована методом РНК-гибридизации *in situ*. Была показана колокализация доменов экспрессии *Pel-hh* и *Pel-ptc*, что говорит об активности hh-сигнального пути в ходе постларвального развития и регенерации *P. elegans*. По всей видимости, одной из функций hh-сигналинга в клетках бластемы может являться поддержание их пролиферативного статуса. Домены экспрессии *Pel-wnt1* у *P. elegans* обнаружены в эктодерме под ротовым отверстием, в передней кишке, в эктодермальных клетках основания

пигидиальных цирр. В ходе регенерации *P. elegans* экспрессия в заднем сайте активируется в покровном эпителии вокруг места повреждения уже через 4 часа после операции. В переднем сайте регенерации *Pel-wnt1* выявляется только на стадии 2 дней после ампутации, также в эктодермальных клетках. Такая более поздняя активация *Pel-wnt1* на переднем конце тела (по сравнению с задним) согласуется с представлениями о wnt-сигналинге как о консервативном позиционном маркере заднего конца тела животных. Кроме того, была показана близость экспрессионных доменов hh и wnt1 в задней части нормально-го червя и при регенерации в сайтах разреза и регенератах, что указывает на возможное взаимодействие hh- и wnt-сигналингов у *P. elegans*.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 21-14-00304 на оборудовании Центра коллективного пользования «Таксон» Зоологического института РАН (Санкт-Петербург, Россия).

КРИПТИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ СРЕДИ СОРЕПОДА НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ КОМПЛЕКСОВ ВИДОВ *ACANTHOCYCLOPS* *AMERICANUS-ROBUSTUS*, *EUCYCLOPS SERRULATUS* И *EURYTEMORA AFFINIS*

Н.М. Сухих, В.Р. Алексеев

В последнее время, с развитием методов генетики, криптические инвазии видов обнаруживаются все чаще. В литературе известны несколько таких случаев среди Соперода: вселение паразитических *Mytilicola intestinalis* Steuer, 1902 и *M. orientalis* Mori, 1935 с мидиями в Нидерланды (Goedknecht et al., 2018), а также вселение в Европу и распространение американских видов *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1892) и *Eurytemora carolleeae* Alekseev & Souissi, 2011. В докладе будут рассмотрены последние два вида, а также широко распространённый вид *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) с позиций механизмов расселения, адаптивных возможностей и ожидаемых последствий вселения. Доклад основан на исследованиях авторов и анализе связанной с этим вопросом литературы, охватывающей около ста лет.

Были установлены три варианта взаимодействия инвазивных видов с нативными формами, при которых, 1) вселенец активно вытесняет близкородственные формы (*A. americanus*), 2) вселенец медленно вытесняет нативную форму или в сообществе идет периодическое

преобладание нативного вида и вида-вселенца в зависимости от колебания внешних условий (*E. carolleae*) и 3) расселение вселенца происходит без вытеснения местных форм, а вселившийся вид занимает свободную нишу, либо формирует новую (*E. serrulatus*). По нашему мнению, изученные варианты охватывают все возможные типы взаимодействия вселяющихся и местных близкородственных форм.

Работа выполнена в ЦКП «Таксон» с использованием коллекций ЗИН РАН в рамках госзадания № 122031100274-7 «Систематизация и изучение динамики биологического разнообразия и функционирования экосистем континентальных водоемов в условиях антропогенного воздействия и изменения климата», а также поддержана грантом РФФИ № 20-04-00035.

ПЕРВЫЙ СЛУЧАЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТРАНСМИССИИ ГАЛЛОВЫХ КЛЕЩЕЙ (ERIPHYOIDEA) НА КЛЕНЕ *ACER PLATANODES*

Ф.Е. Четвериков¹, Д.С. Чеглаков¹, С.И. Сухарева², А.Г. Десницкий²

¹*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,*

²*Санкт-Петербургский государственный университет*

Галловые клещи (надсем. Eriophyoidea) – облигатные гостально специфичные паразиты высших растений. Их жизненные циклы тесно связаны с фенологией хозяев. В условиях бореальной зоны галловые клещи активизируются к моменту распускания почек и переходят к питанию клеточным соком молодых тканей, образовавшихся весной из меристем. Максимальной численности популяции галловых клещей обычно достигают во второй половине лета. В это же время начинают появляться особи, адаптированные для переживания неблагоприятных условий зимы. На древесных растениях наиболее типичные места зимовок клещей – трещины коры, почечные чешуи, а также щелевидные пространства между почкой и стеблем.

В течение двух лет (2020–2021) в лесопарке поселка Вырица (Гатчинский р-н, Ленинградская обл.), нами проводились регулярные наблюдения за сезонными изменениями в популяциях двух видов галловых клещей, *Shevtchenkella serrata* (Nalepa, 1892) и *Aceria platanoides* (Nalepa, 1922), с клена платановидного (*Acer platanoides* L.). Установлено, что в конце лета клещи перемещались с листьев к почкам, где зимовали в смешанных группах. Дополнительно в течение августа клещи обоих видов мигрировали на незрелые крылатки клена,

питались соком клеток перикарпия, расселялись вместе с крылатками, зимовали под снегом в составе смерзшегося листового опада, а весной переползали на проростки и приступали к питанию и размножению на листьях молодых кленов. Это – первый документированный случай вертикальной трансмиссии галловых клещей.

Анемохория характерна для многих растений, однако для вертикальной трансмиссии клещей важно, чтобы семена прорастали в течение относительно короткого времени, поскольку галловые клещи не приспособлены к длительному голоданию, превышающему по срокам одну зимовку. В бореальной зоне, помимо клена платановидного, прорастающие после первой зимы крылатки характерны для таких древесных пород, как вяз, береза, ясень и липа. Возможно, для галловых клещей, связанных с этими растениями, как и для клещей с клена, характерна вертикальная трансмиссия. Важно отметить, что вертикальная трансмиссия может служить дополнительным фактором поддержания гостальной специфичности у галловых клещей и влиять на коэволюционные паттерны в системе «галловые клещи – высшие растения».

Работа поддержана грантом РФФИ № 21-54-46003 СТa.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Н.И. Абрамсон, С.Ю. Бодров, О.В. Бондарева, Е.А. Генельт-Яновский, Т.В. Петрова.</i> Эволюционная история подсемейства полевоочих (Arvicolinae, Rodentia): взгляд со стороны генома	3
<i>А.О. Аверьянов.</i> Птеранодонтиды России	4
<i>Н.В. Алексеева.</i> Экскреторная система пикногонид семейства Nymphonidae (Arthropoda, Chelicerata)	6
<i>Л.А. Астахова, А.Ю. Ротов, Р.В. Чербунин, А.А. Горяченков, К.В. Кавокин, М.Л. Фирсов, Н.С. Чернецов.</i> Поиск компасной магниторецепции в сетчатке зарянки (<i>Erithacus rubecula</i> L.) методами электрофизиологии	8
<i>Н.А. Березина, А.А. Максимов, Ю.И. Губелит, Н.М. Сухих, В.А. Петухов.</i> Воздействие токсичных микропластиков на бентосных животных и поиск новых биомаркеров для мониторинга качества водной среды Финского залива	9
<i>Л.Я. Боркин, В.Л. Вершинин, С.Д. Вершинина.</i> Массовая встречаемость аномальных амфибий в Гималаях.	10
<i>О.С. Воскобойникова.</i> Лаборатория ихтиологии в 2021 году	12
<i>В.Г. Высоцкий.</i> Малоизвестные орнитологические дневники Н.М. Пржевальского.	14
<i>К.В. Галактионов, А.Г. Гончар, А.И. Соловьева, С.Ю. Бодров.</i> Климатические изменения и распространение паразитов: попытка прогноза на примере трематод морских птиц на севере Голарктики.	15
<i>Л.А. Григорьева, О.А. Митева.</i> Трансовариальная и трансфазовая передачи европейским лесным клещем <i>Ixodes ricinus</i> L. возбудителя иксодового клещевого боррелиоза <i>Borrelia valaisiana</i>	17
<i>М.Ю. Жуков.</i> Новые особенности строения нейрокраниума и плечевого пояса рыб представителей надсемейства Congiropodoidea (Scorpaenoidei) в связи с их таксономическим положением	19
<i>О.В. Зайцева, Р.В. Смирнов, З.И. Старунова, А.А. Веденин, В.В. Старунов.</i> Сенсорные элементы и организация периферической нервной системы погонофор на примере <i>Oligobranchia haakonbosbiensis</i>	20
<i>С.А. Карпов, Л. Галиндо, Д. Морейра, П. Лопес-Гарсия, А.Э. Вишняков, Г. Торруелла, В.В. Алешин, В.С. Цветкова.</i> Сантрихиды – новый отдел в царстве грибов.	22
<i>А.Г. Кирейчук, И.С. Смирнов, И.А. Чиграй.</i> Сайт «Жуки и колеоптерологи» – источник всесторонней информации о крупнейшем отряде животных	23
<i>А.Ю. Костыгов, А.И. Ганюкова, М.Н. Малышева, А.О. Фролов, Д.Ю. Драчко, В.В. Агасой, П.А. Смирнов.</i> Трипаносоматиды кровососущих насекомых умеренной зоны	25
<i>А.А. Кудрявцев, Е.Н. Волкова, М.С. Кренделев, Ф.П. Войтинский, М.М. Трибун, А.А. Ненарокова, Д.А. Мишагин, И.А. Удалов.</i> Морские и солоноватоводные Amoebozoa: филогения, состав сообществ и закономерности географического распространения	27
<i>И.А. Левакин, К.Е. Николаев, А.А. Виноградова, Д.А. Федоров, В.В. Прокофьев, К.В. Галактионов.</i> Моделирование среднегодовой эмиссии церкаррий трематод из моллюсков-хозяев Белого моря в условиях меняющегося климата	29

А.А. Максимов, Н.А. Березина, Л.Ф. Литвинчук, О.Б. Максимова, В.В. Смирнов, П.М. Терентьев, Н.В. Усов, А.Н. Шаров. Зимние биологические процессы в малых озерах	30
Д.А. Мельников, Н.Б. Ананьева. Новые данные по таксономии афро-аравийских агам рода <i>Pseudotrapelus</i>	32
А.А. Намятова, В.Д. Тыц, Д.С. Большакова. Разделение и определение транспалеарктических видов рода <i>Lugus</i> методами интегративной таксономии	33
Э.П. Нарчук. Каталогизация типов коллекции двукрылых насекомых Зоологического института РАН.	34
Е.Л. Новикова, В.В. Старунов, З.И. Старунова, К.В. Шунькина, М.А. Кулакова. Молекулярные аспекты регенерации аннелид	36
Т.В. Петрова, М.А. Сказина, О.В. Бондарева, Н.И. Абрамсон. Поиск молекулярных механизмов видообразования у узкочерепных полевок (подрод <i>Stenocranius</i>)	37
К.С. Полянина, А.Ю. Рысс. Нематоды, ассоциированные с голландской болезнью ильмовых <i>Ulmus</i> spp. и ее переносчиками <i>Scolytus</i> spp.: жизненные циклы и модели динамики популяции	39
Д.М. Прасолова, А.С. Курин, С.Я. Маланюк, И.Г. Данилов. Морские черепахи из верхнего мела Волгоградской области (местонахождение Расстригин I)	41
А.А. Пржиборо, С.В. Айбулатов, В.Э. Пилипенко, А.В. Полевой. Двукрылые насекомые (Diptera) плато Путорана	42
К.М. Серова, О.В. Зайцева, А.Н. Островский. Сравнительное исследование мускулатуры и нервной системы полиморфных зооидов <i>Cheilostomata</i> (Bryozoa).	43
Н.В. Слепкова. Зоологический музей и Зоологический институт: преемственность и отличия	45
А.О. Смуров, И.С. Плотников, Л.В. Жакова, В.И. Гонтарь, Н.В. Аладин. Сотрудники Зоологического института РАН – исследователи биологического разнообразия и биологических ресурсов Аральского моря	46
А.О. Смуров, И.С. Плотников, Л.В. Жакова, В.И. Гонтарь, Н.В. Аладин. Биологическое разнообразие и биологические ресурсы Аральского моря	48
А.Ю. Солодовников, Ф.В. Константинов, А.А. Попков, А.А. Намятова, В.В. Нейморовец. Новые (и не очень) подходы для эффективной инвентаризации фауны насекомых России	49
Ю.В. Стариков. О новой специальности в отечественной реставрации	51
В.В. Старунов, Е.Л. Новикова, З.И. Старунова, В.Р. Хабибулина, К.В. Шунькина. Морфологические особенности регенерации аннелид	52
Н.М. Сухих, В.Р. Алексеев. Криптические инвазии среди <i>Copepoda</i> на примере трех комплексов видов <i>Acanthocyclops americanus-robustus</i> , <i>Eucyclops serrulatus</i> и <i>Eurytemora affinis</i>	54
Ф.Е. Четвериков, Д.С. Чеглаков, С.И. Сухарева, А.Г. Десницкий. Первый случай вертикальной трансмиссии галловых клещей (Eriophyoidea) на клене <i>Acer platanoides</i>	55

Составитель *С.Ю. Синев*
Редактор *Т.А. Асанович*
Компьютерная верстка *Т.В. Дольник*

Подписано в печать 4.05.22. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$.
Объем 3.25 п. л. Тираж 100 экз.

Для заметок