Роль мокриц (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) в функционировании почвенных пищевых сетей в лесных экосистемах

Гонгальский К.Б.
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
gongalsky@gmail.com

Почвы являются одним из основных резервуаров биоразнообразия. Около 90% живых организмов наземных экосистем в своем жизненном цикле связаны с почвами. Педобионты образуют сложные пищевые сети, которые влияют на круговорот углерода и других биогенных элементов, и таким образом контролируют многочисленные экологические функции почвы. Активность почвенной биоты в значительной мере определяется климатическими условиями, в частности для многих групп выявлены оптимумы влажности и температуры почвы, при которых их функционирование наиболее эффективно. Распространение некоторых групп почвенной биоты вдоль протяженных географических градиентов уже показано в ряде работ. Наибольшее внимание в мире уделялось почвенным микроорганизмам, а также ряду наиболее значимых групп беспозвоночных – дождевых червей, термитов и муравьев. При этом мокрицы являются одной из основных групп беспозвоночных, ответственных за деструкцию органического вещества в почве. В некоторых типах экосистем они могут достигать 10% от биомассы почвенной мезофауны. Особенно важна роль мокриц среди почвенной фауны в экосистемах субсредиземноморского типа и в широколиственных лесах.

Использование количественных данных о распространении отдельных видов мокриц позволяет оценивать запас их биомассы в экосистемах. Используя данные о физиологии отдельных видов мокриц (скорость деструкции органического вещества, интенсивность выделения углекислого газа), предлагается количественная оценка роли мокриц в функционировании почвенных экосистем различных типов, и их вкладе в круговорот углерода и других биогенных элементов.

На примере причерноморских экосистем заповедника «Утриш», где наблюдается высокое видовое разнообразие мокриц (до 18 видов), показано, что распределение интенсивности выделения CO_2 мокрицами сходно с распределением биомассы. Наименьшая интенсивность наблюдается в приморской полосе до 5 км. По мере удаления от моря рельеф территории становится более расчлененным и, соответственно, меняется распределение интенсивности выделения CO_2. Территории с наименьшей интенсивностью выделения CO_2 мокрицами находятся на склонах, в основном восточной экспозиции, занятых мезофитными лесами. Использование полученных показателей позволяет проводить глобальные оценки вклада отдельных групп почвенной мезофауны в круговорот биогенных элементов.

Работа поддержана РФФИ (проект 11-04-00245-а).

Эволюция симбиотических отношений веслоногих ракообразных с животными разных таксонов

Иваненко В.Н.
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
ivanenko.slava@gmail.com

Доклад будет посвящен результатам комплексного исследования молекулярного и морфологического разнообразия, филогении и эволюции симбиотических отношений в трех отрядах веслоногих ракообразных (Copepoda): Harpacticoida, Poecilostomatoida и Siphonostomatoida. Будут рассмотрены особенности эволюционной радиации и адаптаций копепод разных отрядов и семейств к симбиозу с кишечнополостными, морскими губками и другими беспозвоночными. Будет проведена оценки общих и отличительных особенностей разнообразия, эволюционных механизмов и путей освоения копеподами разных отрядов и семейств беспозвоночных хозяев разных групп. Для определения специфичности по отношению к близким и трудноразличимым видам-хозяевам будет проведено сравнение модельных таксонов хозяев-беспозвоночных. Особое внимание будет уделено сравнительному анализу образцов, собранных в разных районах Мирового океана на одних и тех же или близких видах хозяев, а также применению оригинального метода, позволяющего после выделения ДНК исследовать тонкую морфологию копепод с применением световой и конфокальной микроскопии. В основе доклада будут положены оригинальные результаты исследования уникального материала, собранного ряде международных экспедиций в разные районы Мирового океана, прежде всего на Карибское, Коралловое, Красное и Южно-Китайское моря, а также на Мальдивский архипелаг. Также будут рассмотрены результаты исследования материала, собранного с применением легководолазной техники и фотоаппаратуры в Белом и Черном морях. На основании исследования оригинального материала будет проведен сравнительный анализ состава, распространения и эволюции ключевых отрядов симбиотических копепод, а также рассмотрены филогенетические отношения ряда таксонов симбиотических копепод. Работы по данной тематике были поддержаны РФФИ (проект 15-54-78061 Итал_а**).**

Ракообразные класса Facetotecta - столетняя загадка карцинологии

Колбасов Г.А.(1), Петрунина А.С.(2)
(1) Беломорская биологическая станция, Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
(2) Кафедра зоологии беспозвоночных, биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
gakolbasov@gmail.com, as.savchenko1@gmail.com

Морские ракообразные подкласса Facetotecta, описанные как Y-личники более 100 лет (Hansen, 1899) назад и обнаруженные всесветно, уникальны тем, что для них до сих пор не описаны взрослые стадии, не исследована анатомия, не определены филогенетические связи и не изучен онтогенез. К настоящему времени сделаны многочисленные находки этих личинок из различных географических локаций и глубин. В том числе нами обнаружены абиссальные Facetotecta.

Известный жизненный цикл фасетотект включал науплиальные стадии и циприсовидную личинку. Личиночные стадии этих ракообразных характеризуются наличием уникальных кутикулярных гребней на дорсальной стороне головного щита или карапакса, которые формируют характерный полигональный рисунок. Морфология циприсовидной личинки и невозможность нахождения взрослых стадий – свидетельства в пользу паразитизма Facetotecta. Так, тело Y-циприсовидной личинки состоит из цефалона, несущего 5-сегментные антеннулы с хватательным крюком, выступающий лабрум также вооружён 5 загнутыми крючьями. Эти структуры могут быть использованы для фиксации инвазивной личинки на хозяине. Полный жизненный цикл Facetotecta неизвестен. Тем не менее, в результате воздействия на Y-циприса гормоном линьки ракообразных (20-Hydroxyecdysone) в лабораторных условиях удалось получить своеобразную червеобразную ювенильную стадию – ипсигон (*ypsigon*), которая может рассматриваться как следующая за циприсовидной (Glenner et al., 2008). Морфология ипсигона также свидетельствует о паразитическом образе жизни взрослых стадий (скорее всего, как эндопаразитов) и объясняет факт не нахождения их в природе.

На данный момент все описанные 7 валидных видов образуют единственный род *Hansenocaris*. Хотя морфология известных циприсовидных личинок свидетельствует, что они должны принадлежать к различным родам и семействам (разная форма карапакса, различная сегментация абдомена и т.д.). Монофилия фасетотект и их сестринское положение к кладе Ascothoracida + Cirripedia внутри класса Thecostraca были подтверждены морфологическими и молекулярными анализами в последующих работах (Høeg, Kolbasov, 2002; Pérez-Losada et al., 2002; Høeg et al., 2009). Но молекулярный анализ проведён только по одному маркёру (18S ДНК) одного вида (*H. itoi*). Так окончательно не установлено, являются ли Facetotecta сестринской группой для остальных текострак (Cirripedia + Ascothoracida) или же представляют сестринский таксон для одной из них? В последнее время нами активизированы исследования наружной морфологии, анатомии Facetotecta. Также получены данные по ряду новых генетических маркёров, включая белок кодирующие гены, не только для Facetotecta, но и для малоизученных паразитов подкласса Ascothoracida. Мы надеемся, что наши исследования позволят чуть выше приподнять завесу тайны ракообразных подкласса Facetotecta.

К вопросу о монофилии Gymnomera (Crustacea: Cladocera)

Коровчинский Н.М., Бойкова О.С.
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
nmkor@yandex.ru, oboikova@yandex.ru

Вопрос о систематической близости и монофилетическом происхождении хищных ветвистоусых ракообразных отрядов Onychopoda и Haplopoda, объединяемых в группу Gymnomera, дискутируется длительное время, начиная с Г. Сарса (Sars, 1865). Некоторые исследователи поддерживали идею естественности последнего таксона, другие её отвергали. В последние годы монофилия Gymnomera стала постулироваться вновь как на основании морфологических, так и молекулярно-генетических данных (напр., Schwenk et al., 1998; Richter et al., 2001, 2007; Olesen, 2009; Kotov, 2013). Но внимательный взгляд на морфологические синапоморфии дискутируемого таксона приводит к выводу об их искусственности, поскольку они касаются лишь признаков, связанных с хищным образом жизни, а молекулярно-генетические свидетельства монофилии Gymnomera противоречивы и в целом имеют невысокую степень поддержки. Вместе с тем, у представителей вышеуказанных отрядов имеется много существенных различий во внешнем и внутреннем строении. Это касается общего плана строения тела, формы головы, размера и структуры глаза, расположения и вооружения антеннул и плавательных антенн, присутствия/отсутствия головной поры, структуры ротовых органов, раковинки, торакса, числа и структуры торакальных конечностей и их придатков, строения абдомена и постабдомена, присутствия/отсутствия крупного заднего каудального выроста, расположения постабдоминальных щетинок и пр. Если говорить о различиях внутреннего строения, то это относится, например, к кишечнику, яичникам, семенникам, сперматозоидам, а также к способам выведения потомства и эмбриональному развитию. Также должны быть приняты во внимание различия в эволюционном возрасте представителей двух отрядов. Таким образом, основываясь на многочисленных морфологических и прочих принципиальных различиях Onychopoda и Haplopoda, представляется наиболее вероятным, что их признаки были приобретены независимо в разных эволюционных линиях и развивались параллельно, что противоречит идее монофилии группы Gymnomera. Исследование поддержано грантом РФФИ № 16-04-00165.

Вымирание жаброногих ракообразных Северо-Востока Евразии в позднем плейтоцене-раннем голоцене как свидетельство биоценотического кризиса в пресноводных водоемах в регионе в это время

Котов А.А.
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
alexey-a-kotov@yandex.ru

Палеоэкология - это крайне востребованное на современном этапе направление биологических наук, проблематика которого лежит в русле научного обеспечения политэкономической концепции устойчивого развития (англ. *sustainable development*), которой в современном мире и в нашей стране уделяется большое внимание, в частности, она является основополагающим принципом формирования Стратегии НТР РФ (см. п. 1 Указа Президента РФ от 1 декабря 2016 г. № 2642 "О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации"). Идея о том, что именно исследования прошлого экосистем является ключом к прогнозированию их будущих изменений и то, что последнее совершенно необходимо для эффективного менеджмента экосистем и природоохранных целей, прочно вошла в научный обиход. Актуальность подобных исследований не вызывает сомнений не только у ученых, но и у широкого круга чиновников и политиков.

Палеоэкологические исследования в Северо-Восточной части Евразии имеют свою специфику. В частности, их проблематика часто сосредоточена вокруг так называемой "мамонтовой фауны", что совершенно не случайно. Факт массового вымирания данных крупных животных широко известен не только ученым самых разных специальностей, но и ненаучной публике. Мы далеки от понимания естественных процессов, приведших к серьезным перестройкам в наземных экосистемах, в свою очередь, приведших к вымиранию мамонтовой фауны. Однако, предположение о том, что именно изменения климата и ландшафтов привели к вымиранию мамонтовой фауны, не кажутся надуманными, и изучение их важно хотя бы из тех соображений, что подобное может повториться в будущем, и человечество должно быть готово к подобным вызовам (или даже должно бороться с антропогенным влиянием на экосистемы, потенциально могущим привести к подобных изменениям).

Гораздо меньше информации имеется об экосистемах континентальных водоемов региона, и связи массового вымирания некоторых групп беспозвоночных с изменением климата и ландшафтов. Эта связь не столь очевидна, и ее выявление (или констатация отсутствия) представляется самостоятельной задачей, актуальной в условиях современных климатических изменений в высоких широтах (отметим, что если факт глобального потепления климата в связи с человеческой деятельностью очевиден только для части ученых, то потепление в Арктике подтверждено инструментальными методами, и не подлежит сомнению).

Именно работы нашего коллектива привели к важному предварительному заключению о изменениях в фаунистическом составе жаброногих ракообразных на Северо-Востоке РФ в позднем голоцене-раннем плейстоцене, которые только в самом рудиментарном виде были затронуты в нашей первой в публикации по результатам работ по предыдущему инициативному проекту РФФИ (Kirilova et al.,

2016). В двух образцах шерсти мамонта были обнаружены эфиппиумы ветвистоусых ракообразных подрода Daphnia (Ctenodaphnia), современные ареалы которых отстоят от данного региона на тысячи километров. Какие-либо представители подрода отсутствуют на обширной территории от Якутска до дельты Юкона (северо-восточная Якутия, весь Чукотский АО, Камчатка, Магаданская обл., Командорские и Алеутские острова, вся Аляска и прилегающая часть Канады). Ареал подрода и его некоторых групп видов (например, *D. magna*) в настоящее время разорван. Мы нашли, что в плейстоцене ктенодафнии встречались в этом регионе и предварительно назвали данный феномен "берингийским вымиранием".

Там же найдены мандибулы щитней (Notostraca), которые, по-видимому, принадлежали виду (видам?), отсутствующим ныне в регионе, хотя бы потому, что единственный вид региона, *Lepidurus arcticus*, отличается небольшими размерами, а некоторые из найденных нами мандибул явно принадлежали очень крупным щитням. К сожалению, все вышеупомянутые объекты из шерсти невозможно продатировать, поскольку одного эфиппиума или одной мандибулы недостаточно даже для радиоуглеродного датирования с использованием ускорительной масс-спектрометрии (АМС), а смесь заведомо разновозрастных эфиппиумов имеет весьма относительную ценность для датирования с целью понять время вымирания той или иной группы. Хронология и особенности "берингийского вымирания" - цель наших дальнейших исследований.

Изучение изменений фауны континентальных водоемов в прошлом - ключ к прогнозу изменений в будущем. Вымирание мамонтовой фауны на Северо-Востоке Евразии, про которое говорилось выше, позволяет говорить о биоценотическом кризисе, который случился в позднем плейстоцене - раннем голоцене. Наши предварительные данные свидетельствуют о вымирании в том же регионе, по крайней мере, нескольких таксонов пресноводных беспозвоночных в позднем плейстоцене, что ставит вопрос о возможном биоценотическом кризисе в континентальных водоемах в то же время. Его описание и изучение возможных причин представляет собой актуальную задачу для нужд охраны и менеджмента экосистем пресноводных водоемов региона, в частности, для понимания того, не случится ли нечто подобное в будущем в случае продолжения климатических изменений и интенсификации хозяйственной деятельности человека в регионе.

Данные исследования были поддержаны инициативным проектом РФФИ 15-04-08552 А, и будут продолжены в рамках нового поддержанного проекта 18-04-00398 А, название которого в точности совпадает с названием доклада.

Особенности изменений количества ветвистоусых и веслоногих ракообразных в условиях зоогенного эвтрофирования

Крылов А.В., Шевченко Н.С., Чалова И.В.
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
пос. Борок, Ярославская обл., Россия
krylov@ibiw.yaroslavl.ru

В докладе будут освещены вопросы влияния ключевых видов водных и околоводных животных на планктонных ракообразных. Проанализирована количественная представленность и соотношение планктонных Copepoda и Cladocera в природных водах, испытывающих влияние жизнедеятельности бобров и колоний птиц, выявлены общие и отличительные черты реакции на избыточное поступление биогенных и органических веществ от этих животных и от хозяйственной деятельности человека. Представлены результаты лабораторного эксперимента в микрокосмах, в ходе проведения которого показано, что поступление экскрементов околоводных птиц способствует повышению численности Copepoda. Однако при увеличении сроков высушивания экскрементов на воздухе плотность веслоногих ракообразных сокращается, хотя остается выше контрольных величин. Результаты биотестирования на *Ceriodaphnia dubia* воды из микрокосмов указывают на то, что плодовитость Cladocera возрастала при увеличении сроков пребывания экскрементов на воздухе. Обсуждаются вопросы, объясняющие преобладание той или иной группы Crustacea. Работы по данной тематике поддержаны РФФИ (грант № 16-04-00028-а**).**

Биостатистический взгляд на меры фаунистического сходства

Лысенков С.Н.
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
s_lysenkov@mail.ru

В биологии выработано много методик, направленных на установление близости тех или иных фаун. Часть из них использует только данные о наличии/отсутствии отдельных видов (например, индексы Жаккара и Съёренсена), другие учитывают еще и данные об обилии (например, коэффициент общности удельного обилия). Многие из этих методик эквиваленты, т.е. абсолютно взаимозаменимы (выбор одного из них – скорее дело вкуса, чем какого-либо биологического смысла). Однако наши данные о фаунах неизбежно неполны (получены из ограниченного числа выборок-проб), а потому приводимые исследователями результаты оказываются лишь выборочными оценками истинного параметра (таковым может быть любая из применяемых мер сходства). Увы, поведение этих выборочных оценок часто неисследовано, а без этого невозможно понять, какие различия в мерах оказываются значимыми (к автору часто обращались с таким вопросом исследователи, занимающиеся фаунистикой). Часто это сводится к неким эмпирическим правилам, не всегда достаточно обоснованным. К счастью, эта проблема волнует не только статистиков, но и некоторых фаунистов – и в настоящее время появляются подходы, позволяющие сделать изучение фаунистического сходства более теоретически обоснованным.

Роющие ракообразные и ассоциированные с ними сообщества

Марин И.Н.
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
coralliodecapoda@mail.ru

Роющие ракообразные являются одним из важнейших компонентов макроинфауны песчаных или илистых участков литорали и сублиторали. Работы по бентосу залива Восток Японского моря (Селин, 2013, 2014, 2015) показали, что эта группа играет значительную роль в сообществах эстуариев рек, где они образуют значительные скопления. Так, в эстуарии реки Волчанки залива Восток плотность поселений роющих креветок-каллианассид *Nihonotrypaea japonica* (Ortmann, 1891) (Decapoda: Callianassidae) достигает почти 200 экз/м2, а биомасса до 120 г/м2, что составляет около трети всей биомассы макробентоса, что ранее не учитывалось при исследованиях (Селин, 2015). В отдельных биотопах буквально все дно испещрено норами этих креветок, которые безусловно привлекают большое число симбионтов. Из нор роющих ракообразных инфраотрядов Gebiidea и Axiidea на данный момент описано более 100 видов от простейших до рыб, большая часть из которых известна по работам с тихоокеанского побережья США (например, Campos, 2009). В фауне России работа по изучению разнообразия роющих ракообразных и их симбионтофауны фактически только начата (например, Marin, 2010, 2013, 2015; Марин и др., 2011, 2013; Temereva & Chichvarkhin, 2016; Marin & Turbanov, 2016), однако большая часть мелких обитателей данных сообществ остаются неизученными, ввиду сложности их сбора; они просто не улавливаются стандартными орудиями лова. В связи с этим, полностью отсутствуют данные о биологических взаимодействиях с участием этих животных, их биомассе, роли в пищевых цепях, процессах трансформации органического вещества и циркуляцию основных биогенных элементов. Однако, значение этих животных и их симбионтов в экосистемах сложно переоценить; в ряде экосистем (например, эстуариях рек Приморья) они являются эдификаторами, которые оказывают существенное влияние на физико-химические свойства среды, а также на состав и структуру донных сообществ. Поэтому знания об их разнообразии, колебаниях численности, и роли в бентосных сообществах необходимы в первую очередь для регистрации возможных изменений в экосистемах под влиянием естественных колебаний и возрастающей антропогенной нагрузки. Также, данные об их разнообразии и биологии помогут в будущем учитывать этих животных в гидробиологических исследованиях. Комплексное изучение сообществ роющих ракообразных из семейств Callianassidae и Upogebiidae, их симбионтофауны, структуры их поселений на илистых и песчаных грунтах, внутренних биологических взаимодействий, путей поступления и распределения энергии в таких сообществах является важным вопросом для Черного и других морей РФ. Эти данные необходимы для решения фундаментальной проблемы сохранения биоразнообразия, исследования структуры и организации морских сообществ, а также регистрации возможных изменений в экосистемах под влиянием, как естественных колебаний, так и возрастающей антропогенной нагрузки. На основе проведенных исследований впервые для Черного моря отмечены представители

симбиотических копепод рода *Clausidium* Kossmann, 1875, определенные как *Clausidium apodiformis* (Philippi, 1839), паразитирующие на мелководных роющих креветках-каллианассидах *Pestarella candida* (Olivi, 1792) в бухте Казачья (Севастополь) Крымского полуострова, представляя первую находку рода и вида в водах Черного моря. Также нами была исследована структура симбиотических сообществ, ассоциированных с полихетами Chaetopterus cautus и эхиуридами рода Urechis. Детальное исследование выявило, что крабы из нор эхиурид соответствуют описанию *P. rathbuni*, тогда как особи из трубок полихет-хетоптерусов соответствуют описанию *P. banzu* Komai, Nishi & Taru, 2014 – виду, который отмечается для фауны России впервые. Крабы-горошины *P. rathbuni* и *P. banzu*, по-видимому, близкородственные виды, так как обладают минимальными морфологическими различиями. В то же время, два этих вида заметно отличаются экологически. *Pinnixa rathbuni* обитает в норах эхиурид-урехисов, где встречается группами половозрелых и ювенильных особей, часто совместно с другими макро-симбионтами, а *Pinnixa banzu* обитает в трубках полихет-хемоптерид, где всегда является единственным макро-симбионтом, живущим строго в составе гетеросексуальных пар. Интересно отметить, что на карапаксе *P. banzu* часто встречаются ассоциированные мшанки, которые ни разу не были обнаружены на особях *P. rathbuni*. Эти экологические особенности позволяют хорошо отличать данные виды в природных условиях, а такие особенности, как, например, обрастание карапакса, могут служить маркерами, позволяющими переопределить собранный ранее материал, непригодный к молекулярному анализу. Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 15-04-05125_а и 15-34-20863_мол_а_вед.

Биоразнообразие придонных сообществ веслоногих (Calanoida) Мирового Океана

Мархасева Е.Л.
Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия
markhaseva@yahoo.com

Фауна Calanoida придонных вод Мирового Океана до последнего времени была очень слабо изучена, но с появлением специальных орудий лова (Brenke, 2005) впервые были собраны коллекции, которые позволили получить о ней более полное представление. Биоразнообразие придонных глубоководных каланоид оказалось высоким и оно особенно велико для веслоногих надсемейств Clausocalanoidea и Arietelloidea (63% и 19% родов соответственно). Типичными для бентопелагиали оказались виды Ryocalanoidea, Spinocalanoidea и Bathypontioidea, в то время как облигатно придонных Calanoida and Eucalanoida найдено не было. В настоящее время 85 родов веслоногих известных из придонных вод признано облигатными или преимущественно облигатными для этого биотопа, а 34 из них описаны как новые с начала века (Markhaseva & Schulz, 2008, 2009, 2010; Markhaseva *et al.* 2008, 2013, , etc.). Виды Clausocalanoidea, Spinocalanoidea и Ryocalanoidea отмечены во всех широтных зонах Мирового Океана, причем таксоны, имеющие широкое биогеографическое распространение, как правило, имеют также широкий диапазон вертикального распределения, обитая от шельфа до абиссальных равнин (например, *Tharybis, Xanthocalanus, Bradyetes, Bradyidius, Byrathis, Scolecitrichopsis, Xantharus* и др.). На примере репрезентативных сборов из Юго-Западной, Юго-Восточной Атлантики и Южного океана было отмечено уменьшение биоразнообразия бентопелагических каланоида от экватора к полярным широтам (Renz and Markhaseva, 2015) наблюдаемое и для других групп. Значительную часть придонной глубоководной фауны (37% родов) составляют так называемые «брэдфордовские» семейства Clausocalanoidea (Diaixidae, Tharybidae, Scolecitrichidae, Parkiidae, Phaennidae, Rostrocalanidae и Kyphocalanidae). Для них характерны гетеробатмии. Апоморфии, среди которых наиболее значимой является присутствие сенсорных щетинок на максилле (и, часто, максиллипеде), сочетаются с рядом плезиоморфий, утраченных их пелагическими родственниками. Систематика этих семейств находится в процессе становления и до сих пор ни классический морфологический анализ, ни применение кладистики, ни молекулярные исследования не дали однозначного ответа на то, какая из предлагаемых систем этой эволюционно молодой группы оптимальна.

Действие гамма-излучения и тяжелых металлов на покоящиеся яйца *Moina macrocopa* и параметры жизненного цикла вылупившихся из них рачков

Оськина Н.А.(1,2), Лопатина Т.С.(1), Задереев Е.С.(1)

1. Институт биофизики СО РАН, Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск, Россия.

2. Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Oskina_Nata@mail.ru

Пресноводный планктонный рачок *Moina macrocopa,* как и многие другие представители зоопланктона, при оптимальных условиях размножается партеногенетически, при ухудшении условий – половым путем, с образованием покоящихся яиц. Покоящиеся яйца при наступлении благоприятных условий служат для восстановления популяции (Brendoncketal., 2003). Часть покоящихся яиц скапливается в донных отложениях, где формирует, так называемый, банк яиц. Банки яиц могут сохранять свою способность к реактивации десятки лет (Alekseevetal., 2007). Донные отложения в свою очередь накапливают различные антропогенные загрязнения, включая тяжелые металлы и радиоактивные частицы (Болсуновский и др.,2016; Зотина и др., 2014). Воздействие тяжелых металлов и гамма излучения на покоящиеся яйца планктонных ракообразных изучены недостаточно.

Для проведения данного исследования использовали покоящиеся яйца *M.macrocopa* полученные в лабораторных условиях. Исследовали устойчивость покоящихся яиц к гамма-излучению в широком диапазоне доз облучения (до 200 Гр).Исследовали чувствительность покоящихся яиц к действию различных концентраций тяжелых металлов (Cu, Cd, Ni, Zn) в водном растворе (до 60-80 г/л, длительность воздействия 30 суток) и в искусственных донных отложениях (70-120 г/кг, длительность воздействия – 6-8 месяцев). После воздействия яйца промывали и помещали в культивационную среду в климатический шкаф (16 часов свет, 8 часов темнота, t +25°C) для реактивации. В экспериментах с вылупившимися животными: а) отмечалиуспешность реактивации яиц, б) следили за параметрами жизненного цикла вылупившихся рачков (ювенильная скорость роста, продолжительность жизни, количество и половой состав потомков), оценивали расчетные параметры (чистый репродуктивный успех) в индивидуальных экспериментах, в) определяли численность, половой и возрастной состав, количество образованных покоящихся яиц в популяционных экспериментах.

В экспериментах с воздействием гамма-излучения, показано, что облучение дозами до 100 Грне влияло на выклев рачков из покоящихся яиц. При облучении дозой 200 Гр наблюдалась 100% смертность покоящихся яиц *M.macrocopa.* На индивидуальном уровне выяснено, что параметры жизненного цикла самок, вылупившихся из яиц, облученных дозами до 10 Гр, не зависели от дозы облучения. Самки, вылупившиеся из яиц, облученных дозами 80 и 100 Гр, росли медленнее ($P<0.05$), и отродили меньшее количество кладок ($P<0.001$), чем самки из контрольной группы. Чистая скорость воспроизводства зависела от дозы облучения ($p<0.001$), доза при которой 50% особей не размножались составила 50

Гр. В популяционных экспериментах контрольные популяции и популяции, полученные из облученных яиц, развивались схоже, за исключением популяции стартовавшей из яиц, облученных дозой 100 Гр, размер которой и количество образованных покоящихся яиц были меньше, чем в других популяциях. В экспериментах с водными растворами солей тяжелых металлов не обнаружено влияния высоких концентраций тяжелых металлов на выживаемость покоящихся яиц, расчетные параметры и параметры жизненного цикла вылупившихся из них рачков. Длительное воздействие никеля и цинка не оказывало влияния на всхожесть покоящихся яиц, включая максимальные дозы (Zn–120г/кг, Ni–70г/кг). Параметры жизненного цикла и расчетные параметры рачков, вылупившихся из выживших покоящихся яиц, были сопоставимы с контрольными группами.

В результате исследований показано, что гамма-излучение влияет не только на выживаемость покоящихся яиц *M. macrocopa*, но и на параметры вылупившихся из них рачков. Тогда как тяжелые металлы влияют на выживаемость покоящихся яиц, но не влияют на рачков, вылупившихся из яиц, сохранивших способность к реактивации. Таким образом, воздействие гамма-излучения на индивидуальном уровне более опасно для покоящихся яиц, чем тяжелых металлов. Однако, популяционные эффекты проявляются только при высоких дозах облучения (100 Гр), редко встречающихся в природе. Максимальные концентрации тяжелых металлов, взятые нами в эксперимент, не наблюдаются в природе.Таким образом, только длительный контакт покоящихся яиц с тяжелыми металлами и радиоактивными частицами может приводить к гибели банка яиц. Поэтому, при небольших дозах облучения и после связывания тяжелых металлов в недоступные комплексы, популяция ветвистоусых рачков восстановится из устойчивого банка яиц и продолжит выполнять свою роль в водной экосистеме. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 15-04-05199).

Анализ размерных спектров населения пелагиали и других биотопов: правило эквивалентности биомассы

Полищук Л.В.
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
leonard_polishchuk@hotmail.com

Размер тела является важнейшей характеристикой живых организмов, поэтому при обработке количественных проб естественно определять не только видовой состав организмов и их численность, но и их размеры. Возникает вопрос, можно ли извлечь из этих все же довольно ограниченных данных какую-то интересную информацию. Оказывается, можно. Для населения пелагиали океана хорошо известно правило эквивалентности биомассы (ПЭБ), согласно которому в равных интервалах размеров тела (на логарифмической шкале размеров), в диапазоне размеров от бактерий до китов, биомасса населения примерно одинакова. В последние годы анализ размерных спектров, одним из результатов которого является обнаружение указанной закономерности, вызывает большой интерес. В докладе предлагается рассмотреть следующие вопросы: (1) история открытия ПЭБ. Обычно его связывают с работой Р. Шелдона с соавторами (Sheldon et al., 1972), которые обнаружили его на материале пелагических организмов. Однако еще раньше оно было обнаружено для почвенных организмов М.С. Гиляровым (1944), который писал: «[Б]иомасса почвенных организмов различных естественных размерных групп представляет величины приблизительно одного порядка: величина произведения общего числа организмов данных размеров на их линейные размеры, возведенные в куб, колеблется в небольших пределах» (Гиляров, 1944: 284). Можно показать (Полищук, 2018, в печати), что «естественные» размерные группы М.С. Гилярова, в диапазоне размеров тела от бактерий до многоножек и насекомых, охватывают примерно равные интервалы на логарифмической шкале размеров. В силу этого мы, вслед за В.Б. Цейтлиным (1986), предлагаем называть ПЭБ принципом М.С. Гилярова. Можно предположить, что при определенных условиях ПЭБ выполняется не только для почвенных и пелагических организмов, но и для населения других достаточно однородных и протяженных биотопов (например, бентоса). (2) Границы применимости ПЭБ. По-видимому, это правило выполняется не локально, а лишь в макромасштабе, то есть относится к области макроэкологии. Отсюда следует, что с увеличением размера пробы ПЭБ должно выполняться с увеличивающейся точностью. Точная зависимость степени выполнения ПЭБ от размера пробы остается неизвестной. Этот вопрос требует дальнейшего изучения. (3) Разрывы на графике размерного спектра. ПЭБ выполняется не для всех равных логарифмических интервалов размеров тела. В одних интервалах наблюдаются сгущения биомассы (для них, строго говоря, и выполняется ПЭБ), а в других – разрежения или пустоты. Вопрос о том, имеется ли какая-то закономерность в расположении сгущений и «пустот» на размерной оси, остается, насколько нам известно, почти не изученным. (4) Статистические методы описания размерных спектров (алгоритм Шелдона-Цейтлина и другие). Мы полагаем, что анализ размерных спектров может быть одним из перспективных направлений развития фаунистического анализа.

Таксономическая ревизия рода *Alona* (Cladocera: Chydoridae) - опыт долгосрочного таксономического исследования

Синев А. Ю.
Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
artem_sinev@mail.ru

Ревизия рода *Alona* (Cladocera: Chydoridae) является одним из важнейших достижений современной систематики ветвистоусых ракообразных. На конец 20-ого столетия, род *Alona* включал более 100 видов, более половины из которых не были адекватно описаны, число формальных таксонов в пределах рода превышало 150. В группу помещались все Aloninae, обладавшие овальным телом не имеющие бросавшихся в глаза особенностей внешнего строения — головного киля, удлиненного рострума, постабдомена необычной формы. Ревизия группы потребовала значительных усилий нескольких специалистов. Первым этапом работы была ревизия отдельных видов, в первую очередь — европейских, и расширение круга таксономически значимых признаков. В результате было выявлено значительное количество новых для науки видов, уточнен статус многих сомнительных форм. Было показано, что в пределах *Alona* s. lato наблюдается большое разнообразие строения торакальных конечностей, разные виды имели либо 5, либо 6 пар торакоплодов, различалось число и морфология щетинок конечностей, что подтверждало мнение об искусственности рода. По мере накопления данных удалось выявить в пределах *Alona* s. lato целый ряд групп видов, каждая из которых характеризовалась единообразным строением торакальных конечностей. Анализ морфологии естественных родов Aloninae, не входивших в *Alona* s. lato (*Acroperus, Rhynchotalona, Leydigia, Camptocercus, Leydigiopsis*) показал, что именно единообразие строения аппарата торакальных конечностей должно является основным (но не единственным) критерием при выделении родов Aloninae. Торакальные конечности образуют единый функциональный комплекс, ответственный за питание, передвижение и газообмен животного, и их эволюция происходит согласованно и не благоприятствует значительным изменениям отдельных структур в отрыве от всего комплекса. Вторым этапом работы стала ревизия отдельных групп видов и обоснование их родового статуса, в результате чего было выделено более 15 новых родов, надежно отличающихся друг от друга и от рода *Alona* s. str., накопленный большой массив данных по отдельным видам позволил избежать поспешных решений и выделения сомнительных таксонов. Данный доклад посвящен 90-летию Николая Николаевича Смирнова, классика изучения ветвистоусых ракообразных и пионера ревизии хидорид.

Охотское море как очаг недооцениваемого эндемизма десятиногих ракообразных (Crustacea Decapoda) и других групп биоты

Спиридонов В.А.(1), Аносов С.Е.(2), Симакова У.В.(2)
[1] *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва*
[2] *Всероссийский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва*
valbertych@mail.ru

Охотское море (ОМ) – одно из самых больших шельфовых морей Северной Евразии. При том, что значительная часть моря лежит южнее 60 с.ш., его океанографический режим испытывает большое влияние климата Восточной Сибири, и море сохраняет черты гляциального океана – т.е. условий, существовавших во всей Северной Пацифике в период последнего оледенения, а возможно и предшествующих плейстоценовых оледенений. При этом ОМ обладает богатой для субарктического моря биотой, разнообразие и уровень эндемизма которой в значительной степени недооценено. Так для ОМ указыватся наибольшее для всех морей Северной Евразии число эндемичных видов Decapoda, однако большая их часть – это т.н. условные эндемики, которые были описаны из того или иного моря и не были отмечены впоследствии для других бассейнов. В нашем исследовании предпринята переоценка уровня видового эндемизма Decapoda ОМ на основе изучения музейных коллекций, новых сборов в 2016 – 2017 гг. и литературных источников. В целом для ОМ и района Курильских о-вов отмечено около 140 видов декапод. З.И. Кобяковой (1936, 1937, 1955, 1962) было описано 16 видов и подвидов декапод из ОМ и района Курильских о-вов, которые указывались только для этих вод. Один из этих видов *Sclerocrangon derjugini* оказался достаточно обычен в Охотском море, но оснований подвергать сомнению его статус эндемика не появилось. Также достаточно обычный *Lebbeus unalaskensis ochotensis* не признается большинством современных специалистов за отдельный подвид, но специальной таксономических и молекулярно-генетических исследований этой формы не проводилось. Наша ревизия, напротив, подтверждает его особый статус. Четырнадцать видов, описанных Кобяковой и 1 вид, описанный Я.А. Бирштейном и Л.Г. Виноградовым (1951), длительное время были известны только из районов описания, и сообщений об их новых находках до начала 2000-х гг. не было. В настоящее время благодаря работам Томоюки Комаи с соавторами, К.В. Бандурина и М.Г. Карпинского и нашим были сделаны новые находки восьми из этих видов – все в пределах ОМ и района Курил. Три новых вида и один подвид, описанные Комаи с соавторами и В.И. Соколовым в последние 15 лет, также могут считаться условными эндемиками Охотского моря. Наше исследование, кроме того, позволяет предполагать возможность выделения специфичных охотоморских форм в пределах нескольких широко распространенных видов и наличие в Охотском море, по крайней мере, 2-х неописанных видов креветок. Таким образом, число видов и подвидов, которых на сегодняшний день можно рассматривать как эндемиков Охотского моря и района Курил составляет не менее 20, или около 12-14% от фауны. Это достаточно высокая доля, которая согласуется с предварительными оценками по ряду других групп животных и водорослей. При этом Охотское море не испытывало в последние геологические эпохи кайнозоя частичной изоляции от окружающих вод Мирового океана, характерной для других

морей с высоким уровнем видового эндемизма. Одним из механизмов формирования эндемичных видов здесь могла бы быть не столько частичная изоляция, сколько разнообразие внутренних условий и функционирование ОМ в периоды относительных потеплений качестве рефугиума фауны гляциальных морей.

Ракообразные в гиперсоленых водах: разнообразие, адаптации, альтернативные стратегии успеха

Шадрин Н.В., Ануфриева Е.В.
Институт морских биологических исследований РАН им. А.О. Ковалевского, Севастополь, Россия
snickolai@yandex.ru, lena_anufriieva@mail.ru

Гиперсоленые водоемы, соленость в которых превышает океаническую, широко распространены на планете и относятся к числу наиболее экстремальных местообитаний. По своей природе они полиэкстремальны. Несмотря на негостеприимность среды, жизнь в них довольно разнообразна, а некоторые из них характеризуются высочайшей продуктивностью. Среди животных ракообразные являются наиболее разнообразной и массовой группой. Суммарно более 100 видов ракообразных отмечено в них. Будет дан краткий обзор таких видов. В том числе, 5-6 видов, не только артемии, могут выживать при солености выше 300 г/л. При этом экстремотолерантные виды используют различные стратегии и механизмы для существования в столь неблагоприятной среде, единственная адаптация не может обеспечить успех. Используется целый многоуровневый комплекс адаптационных механизмов (клеточные, организменные, популяционные, экосистемные), чему и будет посвящен доклад.