

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

ФГБУН ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ИМ. Н.К. КОЛЬЦОВА РАН

УДК 575.5.

№ ИС ГЗ 0108-2015-0065



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИБР РАН
Член-корреспондент РАН
А.В. Васильев

«27» января 2017 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

ГОМЕОСТАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНОВЛЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ ВНУТРИ И
МЕЖПОПУЛЯЦИОННОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Программы Президиума РАН I.29П «Биоразнообразие природных систем»

(отчет за 2016 г.)

Руководитель темы, член-корр., д.б.н., зав. лаб.

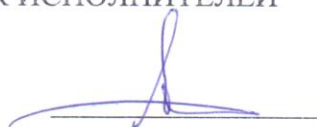
В.М. Захаров

подпись, дата

Москва, 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

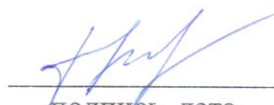
Руководитель, член-корр., доктор
биологических наук



подпись, дата

В.М. Захаров (раздел 1)

Исполнители:
Кандидат биол. наук



подпись, дата

И.Е. Трофимов (раздел 1)


Доктор биол. наук



подпись, дата

М.В. Мина (раздел 2)


Кандидат биол. наук



подпись, дата

С.С. Алексеев (раздел 2)

Доктор биол. наук



подпись, дата

А.А. Зотин (раздел 3)

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	4
Обозначения и сокращения	4
Результаты	5
Раздел 1.	5
Раздел 2.	6
Раздел 3.	7
Заключение	9
Публикации по теме	10

«Гомеостатические механизмы становления и поддержания внутри и межпопуляционного разнообразия»

Отчет 10 с., 1 ч., 3 раздела, 2 источника (публикации).

Реферат

Основная задача работы – оценка изменений биоразнообразия для понимания механизмов поддержания устойчивости биосистем в условиях усиливающихся изменений климата и антропогенных воздействий.

Цель проекта - оценка межпопуляционных различий по стабильности развития модельных видов в условиях изменения климата и антропогенного воздействия; исследование генетической и изучение механизмов формирования репродуктивной изоляции форм арктических видов рыб, исследование роста в ряде популяций модельного вида двустворчатого моллюска с целью оценки состояния вида и его динамики развития.

Для решения этой задачи использовались следующие методические подходы:

- оценка межпопуляционных различий по стабильности развития модельных видов млекопитающих (обыкновенная бурозубка, *Sorex araneus*, Центральная Сибирь) в условиях изменения климата и антропогенного воздействия;
- исследование генетической и фенотипической обособленности форм арктических гольцов (*Salvelinus*) в разных озерах Забайкалья;
- исследование роста в процессе индивидуального развития в ряде популяций европейской жемчужницы (*Margaritifera margaritifera*) (бассейнов Ладожского озера, Онежского озера, реки Кемь и Белого моря) с аппроксимацией данных уравнениям роста Бергаланфи и методом сингулярного спектрального анализа;
- исследование динамики роста у модельного пресноводного моллюска – роговой катушки.

Ключевые слова:

стабильность развития, индивидуальный рост, оптимальные условия развития, симпатрическое формообразование, полиморфизм, периферия ареала, изменение климата, антропогенное воздействие.

Обозначения и сокращения:

мтДНК – митохондриальная дезоксирибонуклеиновая кислота

Раздел 1. Получены новые данные по динамике численности обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) в Центральной Сибири, как модели для оценки возможных изменений популяционной динамики в условиях глобальных изменений климата.

Был проведен анализ как популяционных показателей, так и показателей стабильности развития, а также их зависимости от климатических условий. Современная динамика исследуемой популяции характеризуется флуктуациями численности, в отличие от обычной для нее ранее ярко выраженной четырехлетней цикличности. Если на начальной этапе изменений можно было говорить о наличии тенденции к более коротким по времени трехлетним циклам, то в последние годы имеют место ежегодные флуктуации численности. В качестве главной причины произошедших серьезных изменений популяционной динамики предполагается изменение климатических условий.

Для обоснования этого предположения был проведен специальный анализ. На первом этапе была выявлена положительная корреляция летней численности с числом перезимовавших особей, что позволило заключить наличие зависимости численности от условий в зимнее время. Кроме того, была выявлена положительная корреляция численности и с показателем успеха размножения (как отношения числа особей этого года рождения, к числу перезимовавших особей, участвующих в размножении), демонстрирующая влияние условий и в течение летнего сезона.

В целом, результатом этого анализа является заключение о зависимости численности от условий среды как в зимнее, так и в летнее время. Это позволяет заключить наличие более глубокой зависимости численности от климатических условий (что не наблюдалось ранее), которые на современном этапе характеризуются не только выраженным трендом к повышению температуры, но и к проявлению все большей нестабильности климатических факторов.

Оценка состояния особей, проведенная по показателям стабильности развития (по системе краниологических признаков), показала, что изменения численности проходят без существенных изменений состояния особей. В то время как ранее для этой популяции было характерно существенное снижение стабильности развития при высокой численности популяции. Более детальный анализ позволил показать наличие тенденции к некоторому снижению стабильности развития в 2010 году, который характеризуется минимальной температурой в течение летнего сезона. Этот результат говорит в пользу того, что и состояние особей на сегодня в большей степени зависит не столько от популяционной плотности, сколько от климатических условий.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности продолжения мониторинга состояния популяций в условиях новых климатических изменений и измененной структуры сообщества.

Раздел 2. В 2016 г. в рамках работ по изучению механизмов формирования репродуктивной изоляции форм арктического гольца в ходе внутриозерной дивергенции продолжены исследования особенностей нереста гольцов в разных горных озерах Забайкалья. В дополнение к полученным в 2015 г. результатам по нересту гольцов в озерах Большое и Малое Леприндо и Токко установлены сроки осеннего нереста гольцов мелкой формы в оз. Кирялта-4 (ноябрь-декабрь), на нерестилищах в подледный период проведены исследования особенностей их нереста, определены биологические показатели производителей. Получены свидетельства в пользу весеннего нереста мелкой формы в соединенном с ним оз. Кирялта-3.

Если эти данные будут подтверждены работами, запланированными на 2017 г., это будет второй случай весеннего нереста арктического гольца на территории России после гольцов из оз. Мал. Леприндо, где он был обнаружен в ходе работ по проекту в 2015 г.

Проведены работы по сравнительному изучению особенностей раннего онтогенеза арктических гольцов Забайкалья с разной репродуктивной стратегией. Осуществлено искусственное оплодотворение икры, инкубация икры и подращивание молоди карликовых летне-нерестующих форм арктического гольца из озер Большое Леприндо (глубоководный нерест на илистом субстрате) и Токко (прибрежный нерест на каменистом субстрате). Помимо этого, для определения степени репродуктивной изоляции разных симпатрических и аллопатрических форм гольцов Забайкалья, выяснения жизнеспособности их гибридов и изучения их развития начаты работы по искусственной гибридизации разных форм. Проведено скрещивание гольцов карликовой формы из озер Большое Леприндо и Токко, расположенных в 150 км друг от друга, получены искусственные гибриды, имевшие ряд нарушений в развитии.

Эти работы носят предварительный характер и являются заделом для дальнейшего изучения онтогенетических механизмов формо- и видообразования у арктических гольцов.

На основании анализа изменчивости 32 аллозимных локусов, участка 501 пар оснований контрольной области мтДНК и участка 899 пар оснований экзона 2 гена RAG1 изучены происхождение гольцов рода *Salvelinus* из оз. Черечень (бассейн среднего течения р. Колымы) и их филогенетические связи с другими представителями гольцов арктической группы. Как было показано ранее, карликовая и крупная формы гольца из этого озера морфологически сходны с другими популяциями гольцов из бассейна верхней Колымы, но имеют гаплотип мтДНК мальмы *Salvelinus malma malma*, а не гольца Таранца *Salvelinus alpinus taranetzi*. Анализ аллозимов и гена RAG1 подтверждают их принадлежность к гольцам арктической группы, но не позволяют однозначно отнести их к Евроазиатской группе или к группе гольца Таранца. Присутствие мтДНК мальмы в геноме гольцов из оз. Черечень и замещение их собственной мтДНК – результат

интрогрессивной гибридизации с *S. m. malma*. Результаты подтверждают вторичный контакт разных представителей комплекса *S. alpinus-S. malma* в бассейне Колымы.

Обобщены результаты многолетних исследований распространения, разнообразия и диверсификации арктических гольцов *Salvelinus alpinus complex* Сибири, защищена докторская диссертация по этой теме. Проведена оценка роли представителей р. *Salvelinus* в современных эволюционных и экологических исследованиях, исследованиях антропогенного воздействия на окружающую среду.

Используя анализ главных компонент по 13 индексам черепа крупных африканских усачей (комплекс *Barbus intermedius*) из озёр Аваса и Лангано (Эфиопия), исследовали распределения особей в координатах базальной длины черепа и первой главной компоненты. Показано, что в обоих озёрах существуют группы особей, онтогенетические траектории которых располагаются в обособленных друг от друга онтогенетических каналах. Разобшение каналов много меньше, чем каналов генерализованной и некоторых специализированных форм усачей из оз. Тана и не сопряжено с различиями по внешним признакам.

Предполагается, что выявленный полиморфизм связан с разделением пищевых ресурсов и может служить предпосылкой дальнейшей дивергенции форм крупных африканских усачей.

Раздел 3.

1. Исследованы условия совместного обитания молоди пресноводной формы атлантического лосося и жемчужницы в реке Сюскюяййоки (приток Ладожского озера). Показано, что интенсивность заражения рыб глохидиями может варьировать в широких пределах, достигая иногда более 2000 личинок на рыбу. Проведен гистологический анализ темпов развития глохидиев, инцистированных на жабрах молоди лосося. Полученные результаты исследований послужили научным обоснованием создания зоологического заказника «Сюскюяййоки» по сохранению популяций пресноводной жемчужницы и пресноводного лосося. Результат получен впервые и имеет научное и практическое значение для решения вопросов, связанных с сохранением и восстановлением краснокнижных видов (в частности, европейской жемчужницы).

2. В отчетный период велась работа по оптимизации применения единого уравнения роста, позволяющего проводить сравнительный анализ роста различных таксономических объектов для разных условий среды и для разных стадий развития животных.

Исследована взаимозависимость роста раковины в длину и в ширину в индивидуальном онтогенезе жемчужницы. Показано, что на определение соотношения ширины и длины влияют, по крайней мере, два фактора: коррозия примакущечной зоны раковины и закономерная ритмичность отклонения отношения ширины к длине от ожидаемых согласно уравнению линейной регрессии

значений. Выделено наиболее распространенная динамика гетерохронного роста данного вида при вариативно меняющихся темпах преобладающего роста то в длину, то в ширину. Кривая роста для данного вида оценена в трех основных этапах онтогенеза – до половозрелости моллюска, в период половозрелости и на герантологическом этапе онтогенеза.

Выявлены оптимальные показатели темпов роста для всех перечисленных критических периодов развития организма модельного вида.

Результат получен впервые и имеет научное значение при проведении сравнительных морфометрических исследований двустворчатых моллюсков. Практическое значение связано с проблемой сохранения и восстановления краснокнижных видов (в частности, европейской жемчужницы).

3. С помощью прижизненной видеосъемки проведено исследование индивидуального роста зародышей роговой катушки *P. corneus*. Показано, что типы роста на протяжении эмбриогенеза изменяются. На стадии дробления вплоть до стадии бластулы линейные размеры незначительно, но достоверно, уменьшаются. Начиная со стадии бластулы и вплоть до стадии трохофоры, диаметр зародышей остается постоянным. Рост начинается со стадии средней трохофоры. На протяжении личиночных стадий (трохофоры и велигера) он идет синхронно (в единицах биологического времени Детлаф) как для зародышей в одной кладке, так и для зародышей в разных кладках. Тип роста в этот период – экспоненциальный. Затем наблюдается рассинхронизация роста для разных кладок. Зародыши в 8 кладках растут и развиваются медленнее и вылупляются позже, чем зародыши в остальных 5 кладках. Ускоренный рост идет по асимптотическому типу в соответствии с уравнением Берталанфи. Замедленный рост может быть описан линейным уравнением. Наблюдаемые различия, возможно, связаны с количеством зародышей в кладке. Все типы изменения линейных размеров, наблюдаемые в эмбриогенезе роговой катушки, могут быть описаны одним и тем же единым уравнением.

Заключение

В отчетный период работа по данной Программе Президиума РАН вышла на новый уровень. Благодаря накопленным и систематизированным результатам многолетних исследований главным методическим подходом как выполняемых, так и планируемых исследований, стал мониторинговый анализ.

Мониторинг имеет принципиальное значение для организации любого целенаправленного процесса развития. Выбор ключевых показателей и их мониторинг для контроля и прогнозирования ситуации ставится сегодня во главу угла при принятии политических решений. Именно поэтому современные технологии мониторинга развиваются по самым разным направлениям. При несомненной важности разных видов мониторинга, приоритетное место занимает экологический мониторинг, как основа экологической безопасности для обеспечения здоровья среды и здоровья человека.

Он лежит в основе современной концепции устойчивого развития, принятой сегодня в качестве основной парадигмы развития на уровне мирового сообщества (Глобальная Повестка дня до 2030 года и цели устойчивого развития) [Декларация ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»] и задачи гармонизации техно- и биосферы, поставленной Президентом РФ на 70-й Генеральной Ассамблее ООН [Выступление Президента РФ В.В. Путина на пленарном заседании юбилейной, 70-й Генеральной Ассамблеи ООН, Нью-Йорк, 28 сентября 2015 года].

В этом направлении одной из ключевых является методология оценки здоровья среды. В основе методологии – оценка здоровья популяций и экосистем по состоянию живого организма. Она базируется на концепции гомеостаза развития, как узловой характеристике состояния живого организма, современной биологии развития. В связи с этим подход позволяет проводить интегральную оценку качества среды при всех видах воздействия, с оценкой ее благоприятности для живых существ и человека.

Полученные результаты базируются на этой методической платформе, что позволяет ставить более сложные, интегрированные и долговременные задачи, причем как направленного практического свойства (оценка состояния среды), так и проводить фундаментальные исследования в области видообразования и состояния определенных видов.

В целом именно эта парадигма используется при планировании работ в рамках данной Программы Президиума РАН в 2017 году.

Публикации по теме

Количество научных публикаций в журналах, индексируемых в международной информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science (единиц):

- 1 **Зотин А.А.**, Иешко Е.П. Неравномерность линейного роста *Margaritifera margaritifera* (Bivalvia:Margaritiferidae). Популяция реки Немина, Карелия // Известия РАН. Серия биол. 2016. № 4. С. 422–429. DOI: 10.7868/S0002332916040147
- 2 **Мина М.В.**, А.Н. Мироновский, Ю.Ю. Дгебуадзе. Полиморфизм по пропорциям черепа у крупных африканских усачей *Varbus intermedius sensu Vanister* (Cyrprinidae) из озер Аваса и Лангано (Рифтовая Долина, Эфиопия) // Вопросы ихтиологии. 2016. Т.56. №4. С.403-409.

Запланированный в ГЗ на 2016 год показатель, характеризующий объем работ, выполнен.

Отчет по Программе Президиума РАН утвержден решением Ученого совета ИБР РАН « 27 »
декабря 2016 г., протокол № 14