

**А.П. Крюков**  
 д-р биол. наук  
 (Биолого-почвенный институт ДВО РАН)

## ЭВОЛЮЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БИОЛОГО- ПОЧВЕННОМ ИНСТИТУТЕ ДВО РАН

*Лаборатория эволюционной зоологии и генетики основана в 1971 г. профессором Н.Н. Воронцовым. Исследования направлены на познание механизмов и путей видообразования, дивергенции и гибридизации популяций на примере модельных групп млекопитающих и птиц. Применяются подходы и методы классической зоологии, цитогенетики, биохимической и молекулярной генетики. Одним из результатов работы служит построение филогенетических реконструкций и совершенствование систематики проблемных таксонов. В последнее время лидирующим направлением стала молекулярная филогеография. Продемонстрирована повышенная генетическая изменчивость популяций на юге Российского Дальнего Востока, который является горячей точкой видообразования. Лаборатория признана в стране и за рубежом и имеет хорошие перспективы развития.*

**Ключевые слова:** видообразование; микроэволюция; популяция; кариотип; ДНК; млекопитающие; птицы.

**A.P. Kryukov**  
 (Institute of Biology and Soil Science)

## INVESTIGATIONS IN THE FIELD OF EVOLUTIONARY GENETICS IN THE INSTITUTE OF BIOLOGY AND SOIL SCIENCE

*The Laboratory of Evolutionary Zoology and Genetics was established in 1971 by the prominent Russian zoologist and evolutionist professor Nikolai Vorontsov. The Laboratory is engaged in genetic studies aimed to understand mechanisms and ways of speciation, diversification and hybridization of populations by using samples of certain extant mammal and bird species. Various fields of animal studies, such as classical zoology, cytogenetics, biochemical and molecular genetics are included in research activities. The systematics of taxa under investigation is revised according to phylogenetic reconstructions deduced from the analyses. In recent times molecular phylogeography became the leading direction. It was approved that the South of the Russian Far East serves as a region of high genetic variation and might be a hotspot in the process of speciation. The laboratory is highly appreciated in the scientific world, and has good potentials.*

**Key words:** speciation; microevolution; population; karyotype; DNA; mammals; birds.

Лаборатория эволюционной зоологии и генетики основана в 1971 г. профессором Н.Н. Воронцовым. Ее костяк составили сотрудники группы эволюции и кариосистематики Лаборатории генетики популяций Института цитологии и генетики СО АН СССР (Новосибирск), переехавшие во Владивосток вместе с Н.Н. Воронцовым. Незадолго до этого его пригласили возглавить Биолого-почвенный институт ДВНЦ АН СССР. С Н.Н. Воронцовым переехала его супруга Е.А. Ляпунова, сотрудники по Новосибирску К.В. Коробицына, Н. Малыгина, Е. Иваницкая и Е. Жолнеровская. Из Москвы прибыл герпетолог Ю.Д. Чугунов, ставший правой рукой Н.Н. Воронцова по лаборатории, батрахолог А. Шилейко, недавние выпускники МГУ – Т. Бекасова, В. Соколовский, Р. Братчик, К. Киспоев, позже – Е. Потапова. Из других университетов прибыли в лабораторию зоологи – Е. Анбиндер, Э. Алексева, Л. Боркин, Ю. Борисов, С. Вальдман, В. Бахарев. В 1972 г. ее дополнили выпускники МГУ – Г. Шенброт и Новосибирского университета

– Л. Фрисман и А. Крюков. Позднее лаборатория пополнялась в основном выпускниками ДВГУ: пришли И. Картавцева, Л. Якименко, В. Кораблев, М. Павленко, О. Линецкая. Образовался коллектив в основном молодых людей, увлеченных наукой, но стиль задавал 40-летний Н.Н. Воронцов, заражавший нас своим энтузиазмом.

Это было время расцвета БПИ. После недавнего преобразования филиала СО АН в ДВНЦ ему были выделены немалые ставки и средства. Молодой энергичный директор развернул кипучую деятельность. В институт были приглашены крупные ученые: Н.И. Калабухов, П.А. Лер, С.С. Харкевич, М.Н. Грамм, В.А. Красилов, В.Я. и И.М. Леванидовы, О.Ю. Орлов. Все они создали здесь научные школы, большинство из которых существует и поныне. По инициативе Н.Н. Воронцова были закуплены у известных ученых-биологов или их наследников личные библиотеки, включающие многие редкие издания. Развернулось строительство кордонов и домов в двух принадлежащих БПИ заповедниках – Супутинском и Кедровой Пади. Туда был приглашен высококлассный

архитектор М.Н. Гурари, набраны бригады строителей. В только что сданном новом корпусе БПИ ранее других подразделений был размещен Зоологический музей. Его основу составили перевезенные из Новосибирска коллекции, позже приобретались музейные экземпляры от разных учреждений и частных лиц.

К зоологическим коллекциям Н.Н. Воронцов всегда относился с большим пиететом – видимо сказывалась школа петербургского Зоологического института. В БПИ создали структурную единицу – зоомузей с отдельным штатом. Из каждой экспедиции привозили тушки и влажные спиртовые коллекции млекопитающих и птиц, причем эффективность экспедиции оценивалась в том числе и по количеству и качеству привезенных экземпляров. Вскоре, по оценке специалистов, этот музей стал одним из лучших в Союзе. Ему обещали отдать бывшее здание ТИНРО. Уже все было спланировано и вдруг, по настоянию 2-го секретаря горкома КПСС здание отдали под музей Ленина.

В этот период в Институте был создан Отдел эволюционной биологии, куда вошли лаборатории: эволюционной зоологии и генетики; палеоботаники под руководством В.А. Красиловой; палеозоологии, возглавляемой М.Н. Граммом. Начали работать научные советы по защите диссертаций. Заработал межинститутский Эволюционный семинар. Организована кафедра генетики в Дальневосточном университете, где началась подготовка специалистов.

Основным направлением деятельности нашей лаборатории было и остается исследование эволюционного процесса, создающего все многообразие жизни на Земле. Со времен Дарвина считается общепринятым, что дивергентное видообразование происходит обычно в условиях географической изоляции под действием естественного отбора. Созданная в 40-х годах XX века синтетическая теория эволюции (СТЭ) дополнила и расширила прежние эволюционные представления. Еще в Новосибирске коллективом под руководством Н.Н. Воронцова была переведена монография одного из создателей СТЭ Эрнста Майра «Зоологический вид и эволюция». Ее выход в свет в 1968 г. стал событием в отечественной биологии, а книга стала настольной для эволюционных биологов. Многие из поднятых в ней проблем и противоречий не решены до сих пор, несмотря на накопление огромного эмпирического материала и появление новых методических подходов.

В частности, Э. Майр фактически отрицал возможность симпатрического видообразования. Но впоследствии математические модели А.Д. Базыкина, сотрудника Н.Н. Воронцова, и наблюдения зоологов продемонстрировали такую возможность. Сам Н.Н. Воронцов выступил с концепцией хромосомного видообразования, происходящего внутри популяции при таких перестройках хромосом, которые обеспечивают репродуктивную изоляцию части особей и впоследствии могут привести к их дивергенции и формированию полноценного вида. Почти одновременно этот способ предложил М. Уайт на основании хромосомных исследований австралийских кузнечиков. Недавно сотрудниками лаборатории

доказано существование хромосомного видообразования в группе серых полевок Дальнего Востока.

Большинство сотрудников лаборатории получили хорошее зоологическое образование. Знание объекта и имеющихся в данной группе животных эволюционных и таксономических проблем позволяло ставить задачи, которые не решались традиционными методами. По инициативе Н.Н. Воронцова, опубликовавшего еще в 1958 г. обзор о значении хромосомных исследований для систематики, был взят на вооружение метод цитогенетического анализа, давший начало кариосистематическим исследованиям. Метод кариоанализа был в совершенстве освоен в лаборатории и уже вскоре дал немалые результаты. Создана коллекция хромосомных препаратов. Получены кариологические характеристики, в том числе первоописания кариотипов, более 150 видов позвоночных животных. Экспериментально доказан вклад хромосомных изменений в процесс видообразования. Описаны новые виды и виды-двойники, неотличимые другими методами, даже среди таких обычных видов, как лесные мыши [1]. По хромосомам оказалось возможным строить филогении и выяснять пути эволюции отдельных групп. В начальный период казалось, что кариотипы видоспецифичны. Но уже вскоре была обнаружена широкая хромосомная изменчивость разных уровней. Метод был усовершенствован для более тонкого анализа хромосом. Выдающееся открытие сделано сотрудниками Н.Н. Воронцова при исследовании роющих грызунов-слепушонок. Их широкая хромосомная изменчивость напоминала веер и позволяла проследить сам процесс видообразования, идущий на наших глазах.

Хромосомные исследования были вскоре дополнены аллозимным анализом. Были получены картины генетической изменчивости сусликов, мышей, полевок, бурундуков и других грызунов на разных таксономических уровнях (Л.В. Фрисман, М.В. Павленко). Исследована геногеография маркерных белков для ряда видов грызунов [2]. А.А. и Л.К. Гинатулины успешно занимались анализом кинетик реассоциации цепей ДНК (метод ДНК-ДНК гибридизации), работая в основном на сусликах и лососевых рыбах. Выявлены особенности организации ядерной ДНК грызунов с различным характером кариотипической эволюции. В результате обобщения собственных и литературных данных была опубликована монография по организации генома позвоночных [3], не утратившая значения и теперь. Затем молекулярная группа лаборатории занялась рестрикционным анализом ДНК, а после открытия полимеразной цепной реакции появилась возможность нарабатывать отдельные участки ДНК – сначала случайные, позже – определенные. Современная молекулярная генетика позволяет прочитывать первичные последовательности ДНК, т.е. проникать в генетический код организмов. Новые методические подходы дают важные выходы в разработку эволюционных концепций и, с другой стороны, усовершенствованию систематики. В век молекулярной генетики лаборатория по мере возможностей работает на переднем крае современной науки.

Все лабораторные эксперименты и анализы основываются на привезенных из экспедиций материалах. Экспедиции всегда были важнейшей частью жизни лаборатории. В лучшие времена была возможность проводить поездки в самые отдаленные уголки СССР, от Кавказа и Прибалтики до Чукотки и Курил. Необходимость дальних экспедиций была продиктована потребностью сравнивать выборки из разных удаленных частей видовых ареалов. Некоторые экспедиции в Среднюю Азию длились по полгода. Размах и объем этих экспедиций беспрецедентен и, к сожалению, теперь недостижим. Непосредственно в экспедициях готовились хромосомные препараты и брались образцы тканей для молекулярного анализа. Помимо собственно научного багажа, эти экспедиции давали участникам неоценимую пищу для расширения мировоззрения, наблюдений за природой во всех ее проявлениях. Изучение в естественной среде обитания избранных животных и их отлов не только дополняли сведения об изучаемых объектах, но и позволяли ставить новые задачи, не возникавшие в лабораторных стенах.

К сожалению, время руководства лабораторией Н.Н. Воронцовым закончилось быстро. После конфликта с тогдашним Крайком КПСС он был вынужден уйти с поста директора института и заведующего лабораторией, переехал в Москву, где возглавил группу в Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова. Не прекращая активно заниматься наукой, Н.Н. Воронцов активно занялся общественной деятельностью. Был избран народным депутатом СССР от научных обществ «перестроенного» созыва, назначен председателем Госкомприроды и единственным в правительстве беспартийным Министром природопользования и охраны окружающей среды. На этих постах и в ряде международных организаций он много сделал для престижа отечественной науки, предотвращения испытаний ядерного оружия, охраны природы.

После отъезда Н.Н. Воронцова из Владивостока многие сотрудники также уехали, и лабораторию собирались расформировать, но усилиями К.В. Коробицыной ее удалось сохранить. С 1985 г. лабораторию возглавлял А.А. Гинатулин, а с 1987 г. по настоящее время – А.П. Кроков.

Новый этап в жизни лаборатории наступил после установления связей с японскими генетиками. Это был труднейший период отечественной науки, «лихие 90-е», когда даже скудную зарплату платили не вовремя. Многие сотрудники БПИ ушли, однако наша лаборатория выстояла и не потеряла никого из сотрудников. Некоторое время ее финансово поддерживал бывший лаборант Д. Янушковский, ставший процветающим бизнесменом. В 1990 г. мы совместно с лабораторией териологии организовали и провели совещание и съезд Всесоюзного териологического общества, на который съехалось много зоологов. Были приглашены и двое иностранцев, что было уникальным событием по тем временам. Поскольку Владивосток был еще закрытым городом, потребовались специальные разрешения Крайкома и прочих органов. Один из гостей – профессор

Казуо Мориваки, крупнейший генетик, президент генетического общества Японии. Он занимается генетикой и эволюцией домовой мыши. Наша лаборатория также изучала домовую мышь наряду с другими грызунами. Поэтому возникли взаимные интересы, переросшие в многолетнее сотрудничество, продолжающееся и поныне. Нашим приоритетом был и остается хромосомный анализ мышей, тогда как в Японии кариологов почти не осталось: все переключилось на молекулярно-генетические методы.

При финансовой поддержке проф. К. Мориваки и его грантов, были организованы экспедиции во многие районы СССР. Отловленные мыши анализировались (отчасти уже в полевых условиях) нашими кариологами и позже японскими молекулярщиками. Стали выходить совместные публикации в международных изданиях. До этого эволюция синантропных форм домовой мыши, их происхождение от дикоживущих форм оставались неизученными. Совместными усилиями на основе применения комплекса генетических методов провели таксономическую ревизию надвида домовая мышь, выяснили центры видообразования и показали пути заселения почти всесветного ареала [4]. Особенно интересные результаты получены по мышам Приморья, где нами обнаружена широкая зона гибридации за счет смешения трех форм, пришедших по суше с запада и юга, а также морским путем.

Проф. К. Мориваки нашел возможность помочь лаборатории приборами и реактивами, недоступными для нас. Он передал нам амплификатор, ставший первым в институте, центрифуги, камеры для электрофореза, дозаторы. Благодаря этому мы вышли на новый уровень молекулярно-генетических исследований. Его ученики и коллеги также стали сотрудничать с лабораторией. Круг объектов был расширен и включает в себя также хищных млекопитающих, насекомых, многих грызунов, врановых птиц. Были проведены совместные экспедиции по Приморью. Сотрудники участвовали в конференциях в Японии и специально организованных симпозиумах во Владивостоке. К настоящему времени опубликовано более 30 совместных с японскими коллегами статей. Помимо японских коллег, продолжается сотрудничество с учеными Австрии, Китая, Кореи, Испании, Португалии и других стран.

Лаборатория не остается в стороне от запросов практики. Одним из важных направлений было изучение влияния загрязнения окружающей среды на генетический аппарат животных. В Дальнегорском районе Приморского края работает два горнорудных предприятия, создающие зону экологического кризиса из-за выбросов вредных веществ в атмосферу и водотоки. Нами были выбраны подходящие модельные объекты – дикоживущие и домовые мыши, испытывающие те же отрицательные воздействия загрязнений, что и местные жители. Подобран комплекс методик. В результате тщательного анализа оказалось, что количество разрывов и других нарушений хромосом резко повышено по мере приближения к источнику загрязнения. Кроме того, в этих условиях происходит нарушение строения спермиев и,

таким образом, понижается плодовитость. Поскольку генетический аппарат мышей и людей сходен, полученные результаты убедительно доказали опасность техногенных воздействий. Они могут проявляться в развитии раковых заболеваний и появлении врожденных аномалий у людей. Были разработаны рекомендации для размещения жилой застройки и рекреаций в этом районе.

Хромосомные исследования лаборатории были проведены также на грызунах – хранителях очагов возбудителей особо опасных инфекций, таких как чума. Результаты обнаружения разнохромосомных форм песчанок использовались для разработки рекомендаций противочумным станциям с целью проведения дератизационных мероприятий. Обобщены результаты кариологических исследований широко распространенной группы грызунов Евразии – лесных и полевых мышей – фоновых видов биоценозов и переносчиков возбудителей особо опасных инфекций человека и животных. Выявлены и классифицированы таксоноспецифические хромосомные характеристики, решены спорные вопросы систематики, предложены гипотезы эволюции кариотипов.

Лаборатория работает также с хозяйственно ценными и промысловыми животными Дальнего Востока. Впервые получены генетические характеристики копытных (косуля, пятнистый олень, кабан), утиных птиц (крякva, шилохвость, свиязь) и маньчжурского фазана. Особое внимание было уделено таким редким охраняемым кошачьим, как амурский тигр и леопард. Современными генетическими методами продемонстрирована уникальность дальневосточного подвида леопарда и прослежены пути его происхождения. Выявлено значительное уменьшение генетического разнообразия у Дальневосточных леопардов по сравнению с другими подвидами леопарда по одним и тем же генетическим маркерам, что является показателем инбридинга, происходящего в течение нескольких поколений.

Отделившаяся от лаборатории небольшая, но активно работающая группа молекулярной генетики животных, возглавляемая С.В. Шедько, сосредоточила свои усилия на изучении широкого круга пресноводных рыб Дальнего Востока. Ранее ими исследовались генетические характеристики дальневосточных лососей: кеты, горбуши, нерки и других на основе повторяющейся ядерной ДНК и митохондриальной ДНК. За последние годы построены молекулярные филогении гольцов, гольянов, подкаменщиков; определено систематическое положение ряда таксонов. Описаны два новых для Дальнего Востока вида хариуса, уточнены ареалы некоторых видов.

В последние годы усилия обоих коллективов сосредоточены на новом комплексном направлении – филогеографии. Оно объединяет подходы молекулярной генетики, эволюционной теории и исторической биогеографии. Выполнены исследования на группе серых полевок и врановых птицах. В список мировой фауны внесен новый вид – полевка Громова, в список видов России – цокор Арманда. Сочетание новейших

генетических методов с традиционными подходами сравнительного морфологического анализа представляется наиболее плодотворным при решении актуальных проблем эволюции и систематики животных восточной Азии, инвентаризации биоразнообразия и сохранения наиболее редких или находящихся под угрозой исчезновения видов. Обобщены результаты исследования генетической структуры широко распространенных видов позвоночных Палеарктики с использованием маркеров митохондриальной ДНК и методологии молекулярной филогеографии. Для многих случаев продемонстрирована глубокая генетическая дивергенция популяций из юго-восточных частей видовых ареалов, что свидетельствует об их длительной изоляции. Юг Дальнего Востока оказался регионом повышенной генетической изменчивости и горячей точкой видообразования.

Результаты исследований публикуются в ведущих отечественных и международных журналах, таких как «Генетика», «Зоологический журнал», «Доклады АН», «Molecular Phylogenetics and Evolution», «Molecular Ecology», «Comparative Cytogenetics and Cell Genetetics», J. Zoological Systematics and Evolutionary Research, Biological J. of Linnean Society и других. За годы существования лаборатории защищено пять докторских диссертаций (Г.Н. Челомина, А.П. Крюков, И.В. Картавцева, Л.В. Якименко и Л.В. Фрисман) и много кандидатских. Хотя как и повсюду в нашей науке ощущается разрыв поколений, но растет научная смена: приходят студенты, обучаются аспиранты. Ежегодно сотрудники выезжают на полевые работы (уже в не столь отдаленные регионы) и участвуют во всероссийских и международных конференциях и конгрессах. В целом, Лаборатория эволюционной зоологии и генетики остается единственным на Российском Дальнем Востоке коллективом, изучающим генетическую изменчивость широкого круга наземных позвоночных животных. Лаборатория имеет международное признание и с оптимизмом смотрит в будущее.

#### Основные публикации (монографии и книги)

1. Картавцева И.В. Кариосистематика лесных и полевых мышей (Rodentia, Muridae). Владивосток: Дальнаука, 2002. 142 с.
2. Современные подходы к изучению изменчивости. Ред. А.П. Крюков, Г.Н. Челомина, М.В. Павленко Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 132 с.
3. Гинатулин А.А. Структура, организация и эволюция генома позвоночных. Москва: Наука, 1984. 293 с.
4. Проблемы эволюции. Т. 5 / Ред. А.П. Крюков, Л.В. Якименко Владивосток: Дальнаука, 2003. 304 с.

#### Контактная информация:

Крюков Алексей Петрович  
E-mail: kryukov@ibss.dvo.ru