ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.239.01, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ИНСТИТУТ ЦИТОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26 марта 2025 г. № 3

О присуждении Тишаковой Катерине Валерьевне

(гражданин РФ)

ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация Тишаковой К.В. «Генетический состав половых хромосом игуанообразных и гекконообразных», по специальности 1.5.7. – генетика, принята к защите 15.01.2025 г, протокол № 1, Диссертационным советом 24.1.239.01 (Д 003.011.01), созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», (630090, Новосибирск, пр. акад. Лаврентьева, 10). Диссертационный совет 24.1.239.01 (Д 003.011.01) утвержден ВАК 15.01.2010, приказ ВАК № 1-7 и переутвержден Министерством образования и науки РФ 11.04.2012 года, приказ № 105/нк.

Соискатель: Тишакова Катерина Валерьевна, 28 июня 1995 года рождения, в 2019 году окончила Факультет естественных наук Новосибирского государственного университета с присуждением степени магистра по направлению подготовки «06.04.01 Биология». В 2023 году

окончила очную аспирантуру НГУ по направлению подготовки «06.06.01 Биологические науки». В настоящее время работает младшим научным сотрудником в лаборатории функциональной и структурной организации геномов НГУ и по совместительству младшим научным сотрудником в лаборатории цитогенетики животных ИМКБ СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории сравнительной геномики ФГБУН Институт молекулярной и клеточной биологии Сибирского отделения РАН и в лаборатории структурного-функциональной организации генома ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет».

Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор РАН Трифонов В.А., заведующий лабораторией сравнительной геномики, ФГБУН Институт молекулярной и клеточной биологии Сибирского отделения РАН.

Официальные оппоненты:

1. **Баклушинская Ирина Юрьевна,** доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории эволюции генома и механизмов видообразования ФГБУН Институт биологии развития им. Кольцова РАН, г. Москва.
2. **Павлова Светлана Владимировна,** кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории популяционной экологии, ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва.

Оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург в своём положительном отзыве, составленном доктором биологических наук, профессором РАН, заведующим кафедрой генетики и биотехнологии Нижниковым Антоном Александровичем и кандидатом биологических наук Галкиной Светланой

Анатольевной, доцентом кафедры генетики и биотехнологии СПбГУ, и утвержденном проректором по научной работе СПбГУ Микушевым С.В. указала, что «Диссертационная работа Катерины Валерьевны Тишаковой на тему «Генетический состав половых хромосом игуаннобразных и гекконообразных» является завершенным научно-квалификационным исследованием, соответствующее поставленным задачам. В работе получены новые данные о составе половых хромосом четырех видов чешуйчатых рептилий, определены синтенные группы генов, участвующие в их формировании, выявлены последовательности наиболее распространенной сателлитной ДНК и идентифицированы повторы, специфичные для некоторых половых хромосом. Исследование отличается тщательностью, высоким уровнем проработки материала, научной новизной и применением современных методов молекулярной генетики и цитогенетики. Полученные результаты значимы для понимания эволюции половых хромосом у чешуйчатых рептилий и могут быть использованы в дальнейших исследованиях генетики пола.

В автореферате диссертации и в публикациях К. В. Тишаковой адекватно и в достаточной для понимания форме изложено содержание диссертации. Имеющиеся в автореферате рисунки отличного качества.

Диссертационная работа Тишаковой К. В. полностью удовлетворяет требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.5.7 - генетика. К.В. Тишакова заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.7. – генетика.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и ободрен на заседании кафедры генетики и биотехнологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский государственный университет» 20.02.2025 г., протокол №4.»

Соискатель имеет всего 17 опубликованных работ, из них 6 по теме диссертации, общим объемом 34 страницы, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях (WoS, Scopus) и 3 тезиса в материалах всероссийских и международных конференций. Во всех опубликованных работах личный вклад автора был определяющий. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значительные публикации по теме диссертации:

1. Lisachov A.P., **Tishakova K.V.,** Romanenko S.A., Molodtseva A.S., Prokopov D.Y., Pereira J.C., Ferguson-Smith M.A., Borodin P.M. and Trifonov V.A.: Whole-chromosome fusions in the karyotype evolution of *Sceloporus* (Iguania, Reptilia) are more frequent in sex chromosomes than autosomes. Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2021, 376(1833): 20200099, WoS, Scopus, IF = 6.3

2. **Tishakova K.V**., Prokopov D. Y., Davletshina G.I., Rumyantsev A.V., O'Brien P.C., Ferguson-Smith M.A., Giovannotti M., Lisachov A.P. and Trifonov V.A.: Identification of Iguania Ancestral Syntenic Blocks and Putative Sex Chromosomes in the Veiled Chameleon (*Chamaeleo calyptratus*, Chamaeleonidae, Iguania). International Journal of Molecular Sciences. 2022, 23(24): 15838, WoS, Scopus, IF = 5.6

3. Lisachov A., **Tishakova K.,** Romanenko S., Lisachova L., Davletshina G., Prokopov D., Kratochvíl L., O'Brien P., Ferguson-Smith M., Borodin P. and Trifonov V.: Robertsonian fusion triggers recombination suppression on sex chromosomes in *Coleonyx* geckos. Scientific Reports. 2023, 13(1): 15502. WoS, Scopus, IF = 4.6

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, все положительные. Отзывы прислали:

1) Аськеев О.В. – д.б.н., заведующий лабораторией биомониторинга, ведущий научный сотрудник, Институт проблем экологии и

недропользования АН РТ, г. Казань

2) Задесенец К.С. – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории морфологии и клеточных структур ФГБНУ «ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН», г. Новосибирск
3) Колесникова Т.Д. – д.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной цитогенетики ФГБУН «Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН», г. Новосибирск. «… возник вопрос: не будут ли методы секвенирования, позволяющие получить длинные прочтения, более подходящими для анализа гетерохроматиновых последовательностей, чем методы, использованные в работе? Не планируется ли автором применять их в дальнейшем исследовании эволюции половых хромосом?»
4) Литвинов Ю.Н. – д.б.н., главный научный сотрудник лаборатории экологии сообществ позвоночных животных Института систематики и цитологии животных СО РАН, г. Новосибирск.
5) Лухтанов В.А. – д.б.н., главный научный сотрудник ФГБУН «Зоологический институт РАН», г. Санкт-Петербург.
6) Симановский С. А. – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории экологического мониторинга регионов АЭС и биоиндикации ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оба оппонента являются компетентными специалистами в области эволюционной генетики и цитогенетики, имеют публикации в ведущих биологических журналах и дали свое письменное согласие быть оппонентами. Ведущая организация является одним из ведущих учреждений в области молекулярной генетики и клеточной биологии, что позволяет произвести экспертную оценку полученных в диссертационной работе результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований доказано, что половые хромосомы чешуйчатых

рептилий – заборной малахитовой игуаны (*Sceloporus malachiticus*), йеменского хамелеона (*Chamaeleo calyptratus*), юкатанского полосатого геккона (*Coleonyx elegans*) и центральноамериканского геккона (*Coleonyx mitratus*) включают синтенные группы генов, которые у многих видов рептилий входят в состав половых хромосом.

Высказана оригинальная гипотеза, что формирование состава половых хромосом двух клад игуанообразных – йеменского хамелеона (клада Acrodonta) и игуан клады Pleurodonta в процессе их эволюции происходило в результате конвергентного использования одних и тех же групп сцепления генов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что впервые изучен генетический состав половых хромосом четырех видов рептилий (*Sceloporus malachiticus*, *Chamaeleo calyptratus*, *Coleonyx elegans*, *Coleonyx mitratus*), сравнительный анализ которых позволил выявить возможные пути их преобразований в ходе эволюции. **Показано**, что генетическая структура половых хромосом у заборной малахитовой игуаны (♀XX/♂XY) сформировалась в результате слияния четырех пар аутосом (ACA11, ACA16, ACA17, ACA18) с предковой половой хромосомой игуан клады Pleurodonta и включает синтенные группы генов, описанные в составе половых хромосом у многих видов чешуйчатых.

Показано, что эволюция Y-хромосом у заборной малахитовой игуаны и центральноамериканского геккона связана с формированием сложно организованных гетерохроматиновых районов, большая часть сателлитной ДНК которых содержит последовательности аутосомного происхождения.

Показано, что множественные половые хромосомы юкатанского полосатого геккона и центральноамериканского геккона (♀$X_1X_1X_2X_2$/♂X_1X_2Y) являются ортологами, псевдоаутосомные районы которых включают синтенные группы генов, описанные в составе половых хромосом у представителей как минимум трёх крупных групп чешуйчатых – змей, гекконов и игуан.

Определено, что половыми хромосомами в кариотипе йеменского хамелеона является пара макрохромосом 5, состав которых характеризуется низким содержанием сателлитных повторов, что свидетельствует о слабой степени их вырожденности и относительно молодом эволюционном возрасте.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что в ходе выполнения работы получены новые оригинальные данные о тенденциях дифференцировки половых хромосом у четырех видов чешуйчатых рептилий (*Sceloporus malachiticus*, *Chamaeleo calyptratus*, *Coleonyx elegans*, *Coleonyx mitratus*), которые расширяют существующие представления о закономерностях эволюции половых хромосом у высших позвоночных.

Результаты секвенирования хромосомоспецифичных ДНК-библиотек могут быть использованы для сборки или уточнения сборки геномов у исследованных видов рептилий, а последовательности сателлитной ДНК – как маркеры при идентификации отдельных хромосом у других видов рептилий.

Полученные данные представляют интерес для научно-исследовательских организаций биологического профиля, где ведутся исследования по генетике, цитогенетике и эволюции геномов. Результаты работы могут быть использованы в лекционных и практических курсах по генетике и эволюционной биологии в высших учебных заведениях.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован широкий набор современных методов клеточной биологии и молекулярной генетики, включая получение и ведение клеточных культур, приготовление препаратов метафазных хромосом, дифференциальная окраска хромосом, флуоресцентную гибридизацию *in situ* (FISH), микроскопирование препаратов, выделение ДНК, полимеразную цепную реакцию и электрофорез в агарозном геле. Поиск и аннотацию сателлитной ДНК проводили с помощью программы RepeatExplorer2 и инструмента TAREAN, а анализ прочтений, полученных в результате секвенирования хромосомоспецифичных ДНК-библиотек – с помощью конвейера DOPseq_analyzer. Использованные методы

позволили получить новые данные о генетическом составе половых хромосом у исследованных видов ящериц и их преобразованиях в ходе эволюции.

Оценка достоверности результатов исследования выявила их высокую надежность, которая подтверждается достаточным объемом материала, применением современных молекулярно-генетических методов, использованием высококачественной аппаратной базы, анализом данных с использованием адекватно подобранных биоинформатических методов. При обсуждении результатов работы, касающихся вовлечения определенных синтенных групп генов в формирование половых хромосом у исследованных видов рептилий, учитывались данные, полученные ранее другими исследователями по рассматриваемой тематике. Результаты работы статистически обработаны, достоверны и могут быть использованы другими исследователями.

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии в планировании и проведении большинства цитогенетических и клеточных экспериментов, включая работу с клеточными культурами, приготовление цитологических препаратов метафазных хромосом, выделение ДНК, проведение FISH и получение зондов для него, а также микроскопирование. Автор принимала непосредственное участие в обработке и интерпретации полученных результатов, в том числе биоинформатических, апробации результатов исследования и подготовке публикаций. Основные результаты исследования получены автором самостоятельно.

Полученные соискателем научные результаты соответствуют п. 1 «Молекулярные и цитогенетические основы наследственности», п. 2 «Геномы, их структура и функция», п. 3 «Генетический код. Структурно-функциональная организация геномов. Структурная и функциональная геномика. Цитогенетика как структурная организация генома эукариот», п. 16 «Генетическая/молекулярная - генетическая биоинформатика и методы

многомерного анализа», п. 17. «Частная генетика микроорганизмов, растений и животных. Геносистематика. Филогенетика» специальности 1.5.7. – генетика (биологические науки).

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, абзац 2 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 26 марта 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Тишаковой К.В. ученую степень кандидата биологических наук за решение научной задачи, связанной с изучением закономерностей эволюции половых хромосом у игуанообразных и гекконообразных.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискатель Тишакова К.В. аргументированно ответила на все задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.5.7. – генетика, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Зам. председателя
диссертационного совета,
доктор биологических наук Н.Б. Рубцов

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук Т.М. Хлебодарова

26.03.2025 г.