

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Лукониной Светланы Александровны «Экологические закономерности распространения и генетическая структура популяций ящерицы Линдгольма (*Darevskia lindholmi*)», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Актуальность выбранной темы. Настоящая диссертация посвящена выявлению экологических особенностей распространения и генетической структуры популяций ящерицы Линдгольма *Darevskia lindholmi* (Szczerbak, 1962) – единственного эндемичного вида рептилий Крыма. Вид имеет предположительно древний ареал, характеризуется высокой степенью морфологического полиморфизма, адаптирован к широкому диапазону условий среды. Исследование объединяет экологические и молекулярно-генетические подходы с моделированием пригодности местообитаний (SDM) и высокопроизводительным секвенированием (NGS).

Предшествующие исследователи обращали внимание на высокое разнообразие сателлитной ДНК у *D. lindholmi*. Была отмечена вероятность протекания современных процессов интенсивного формообразования. Ранее, по данным анализа митохондриальной ДНК, выделены две генетические линии в Крыму.

Детальное изучение генетической структуры популяций и экологических особенностей их распространения с включением данных со всего ареала вида актуально как для решения задач теоретической биологии, так и для прикладных, в том числе, природоохранных.

К научной новизне работы относятся выделение у *D. lindholmi* в Крыму четырех обособленных групп популяций, относящихся к трем митохондриальным линиям, характеристика их биотопической приуроченности, создание моделей потенциально пригодных мест обитания. Использованные в исследовании методы митохондриальных и ядерных маркеров показали высокие генетические дистанции между линиями, что свидетельствует об их дивергенции в раннем плейстоцене.

Личный вклад соискателя. Часть первичного материала получена автором лично, при участии в экспедициях 2020 года. С.А. Луконина самостоятельно подготовила базу данных точек находок и провела экологическое моделирование; непосредственно занималась выделением ДНК, постановкой ПЦР, проводила электрофорез ДНК,

редактировала и выравнивала полученные при секвенировании последовательности, осуществляла их анализ и описывала результаты.

Работа изложена на 111 страницах. Состоит из введения, 7 глав, выводов и списка литературы. Текст проиллюстрирован 29 рисунками и содержит 17 таблиц. Библиографический список включает 197 источников, в том числе 145 – на иностранных языках. Значительное количество цитируемых работ отечественных и зарубежных авторов свидетельствует о подробном изучении автором мировых публикаций по теме исследования. Результаты диссертации изложены в пяти выводах, отвечающих поставленным задачам.

В первой главе автором приведена краткая характеристика физико-географического описания Крыма, особенностей его герпетофауны и объекта исследований. Рассмотрено геоботаническое районирование Крыма. Кратко затронута история формирования современного состава герпетофауны. Представлена история изучения ящерицы Линдгольма и информация о результатах проведенных ранее молекулярно-генетических анализов.

Во второй главе указаны объемы выборки материала и количество исследованных локалитетов. Материал собирали 13 лет (2011–2023 гг.). Приведена карта-схема точек сбора образцов *D. lindholmi* и таблица с подробностями изученных проб. Далее приведено подробное описание методов, используемых в исследовании: выделения ДНК, амплификации и секвенирования, рестрикционного анализа, анализов биотопической приуроченности, моделирования пригодности местообитаний, последовательностей митохондриальных и ядерных маркеров, SNP генотипирования, оценки времени дивергенции.

Третья глава посвящена распространению групп популяций ящерицы Линдгольма и их генетической дифференциации. Автор приводит результаты анализа последовательностей гена *cyt b*, в результате которого выделяет три митохондриальные линии: «общая» (населяющая большую часть ареала вида), «юго-западная» (локализованная вдоль юго-западного побережья полуострова) и «центральная» (ограниченная средней частью Крымских гор). Тот факт, что «центральная» линия полностью замкнута в области, занимаемой «общей» линией и делит ее на две соразмерные группы, приводит к разделению первой на две соразмерные группы – западную и восточную. Автором отмечено, что между ареалами «центральной» и «общей» линий расположены пространства непригодные для жизни ящериц или где

ящерицы малочисленны. Основным выводом главы является разделение выявленных изолированных линий на четыре генетически обособленные группы популяций: «центральную» и «юго-западную» митохондриальные линии и географически разделенные Западную и Восточную группы «общей» линии.

В четвертой главе автор анализирует биотопической приуроченности групп популяций ящерицы Линдгольма. Автором выявлены значимые ($p < 0.05$) взаимосвязи между группами ящериц и факторами окружающей среды в исследованных местообитаниях. По результатам проведенного анализа соответствий показаны зависимости распределения генетически дифференцированных групп популяций от экологических характеристик местообитаний, подтверждено наличие разных биотопических предпочтений у рассматриваемых групп.

В пятой главе проведено моделирование пригодности местообитаний для выявленных автором ранее групп. В результате выявлено возможное пересечение их потенциальных ареалов. Автор подчеркивает, что по биоклиматическим предпочтениям группы разошлись в климатической толерантности, такой как способность переживать засухи и длительные периоды высоких и низких температур.

Шестая глава посвящена результатам молекулярно-генетических исследований групп популяций ящерицы Линдгольма. Проведенный анализ гена *cyt b* мтДНК позволил автору выдвинуть гипотезу о таксономической самостоятельности Центральной группы популяций ящериц горного Крыма. С выдвинутым предположением согласовались результаты анализа гена *COI* мтДНК. По результатам анализа конкатенированных последовательностей генов мтДНК *cyt b* и *COI* построена митохондриальная генеалогия, на которой четко видны предковые точки и родственные связи исследуемых групп. Для «общей» линии отмечены генетическая гетерогенность, высокий уровень гаплотического и нуклеотидного разнообразия. Отрицательные значения тестов на нейтральность у всех трех групп автор объясняет вероятно быстрой демографической экспансией или расширением ареала в прошлом. Географическое распределение аллелей яДНК по результатам анализа гена *βfib* оказалось схоже с митохондриальным. Аллель *βfib* характерен для Центральной группы популяций.

Далее автором проведен анализ генетической изменчивости популяций с использованием ядерных SNPs. Полученная UPDМА-дендрограмма разделила выборку по генетическим дистанциям на два кластера, в первом из которых преобладали особи Центральной группы, во втором все остальные с выделением Восточной группы. Методом

главных компонент выявлена схожая кластеризация. Бейсовским анализом генетической структуры выявлено два и пять оптимальных кластеров по методам Эванно и максимального правдоподобия соответственно. Отмечено отсутствие выраженного ин- или аутбридинга в популяциях, а также значительная изоляция Центральной группы от остальных популяций.

В седьмой главе рассмотрен эволюционный сценарий формирования обособленности групп популяций исследуемого вида. Автором построена хронограмма основных событий дивергенции *D. lindholmi*, с доверительными интервалами (95%), сделаны выводы о времени и причинах разделения генетических линий.

Выводы, сформулированные автором, хорошо обоснованы и полностью соответствуют поставленным задачам исследования.

Работа Лукониной Светланы Александровны выполнена на современном методическом уровне и написана хорошим научным языком. Актуальность проведенных исследований, научная новизна и достоверность полученных результатов не вызывают сомнений. Личный вклад соискателя значителен. Несмотря на это, имеется ряд недочетов, на которые стоит обратить внимание.

1. В главе «Обзор литературы» стоило упомянуть ещё ряд источников, в частности русскоязычные сводки и определители (например: Браунер, 1904; Никольский, 1905, 1915; Терентьев, Чернов, 1949, Даревский, 1969, 1985; Банников и др., 1977), а также подробнее рассмотреть экологические особенности ящериц комплекса *Darevskia*, вскользь упомянутые в разделе «Актуальность исследования» «Введения».
2. На странице 17 при первом упоминании таксонов заурофауны Крыма желательно было указать их развёрнутые научные названия, т.е. латинские названия с указанием авторов описания и года опубликования.
3. Автор пишет: «Ареал *D. lindholmi* практически полностью охвачен пунктами сбора материала для выявления экологических закономерностей распространения и молекулярно-генетического анализа популяций» (с. 23). Однако при просмотре рис. 5 с картой точек сбора образцов (с. 23) заметен значительный по площади участок в центре горного массива, откуда пробы отсутствуют. Возникают вопросы. В чем причина данного пробела? Либо здесь попытки отлова не проводились, либо ящерицы Линдгольма при полевых

исследованиях участка не встречены? Если они в ходе поисков не встречены, то почему? Ведь именно на данном участке находится оптимум для «центральной» группы популяций, согласно вероятностной модели распространения (рис. 17 на с. 67).

4. К сожалению, в диссертации нет ни одной фотографии изучаемого вида. Карта геоботанического районирования Крыма (рис. 2) на странице 13 выглядит расплывчатой, легенда к ней плохо читабельна. Часть представленных в диссертации рисунков хотелось бы видеть в лучшем качестве (с более высоким разрешением точек на дюйм, что снижает смазанность) для удобства восприятия. Отдельные картинки можно было сделать покрупнее, а также осветлить задний фон, чтобы при черно-белой печати было лучше видно условные обозначения.

5. В тексте работы отмечены опечатки, что, впрочем, почти неизбежно. Список литературы содержит несколько ошибок оформления литературных источников, к примеру, не указан год опубликования источника № 24, не указано количество страниц в источнике № 32, перепутаны местами порядковые номера источников 51 и 52.

Отмеченные выше недостатки не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования и не снижают благоприятного впечатления о представленной работе.

Аннотация отражает основное содержание диссертации. Приведённые в аннотации публикации соискателя соответствуют содержанию представленной работы.

По теме диссертации автором опубликовано 7 печатных работ, из которых 1 статья в журнале с достаточно высоким импакт-фактором – “Vertebrate Zoology” (Q1) и 2 статьи в журналах из списка, рекомендованного ВАК. Опубликовано также 4 тезиса конференций. Результаты представлены и апробированы на авторитетных научных конференциях, в том числе с международным участием.

Полученные Светланой Александровной результаты исследований являются источником важных сведений об истории формирования региональной фауны и экологических предпочтений изучаемых форм. Материалы диссертации могут найти применение для оценки состояния естественных биоценозов и составления региональных

кадастров, а также могут быть использованы при преподавании экологических и зоологических дисциплин в ВУЗах.

Диссертационная работа отвечает всем требованиям пп 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. N 842 (в актуальной редакции), а ее автор, Луконина Светлана Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Официальный оппонент:

Кленина Анастасия Александровна

Кандидат биологических наук

Научный сотрудник лаборатории зоологии и паразитологии

ИЭВБ РАН – филиал СамНЦ РАН

445003, г. Тольятти, Самарская область, ул. Комзина, д. 10

Рабочий телефон: +7 (8482) 48-95-76

1.5.15. Экология (биологические науки)

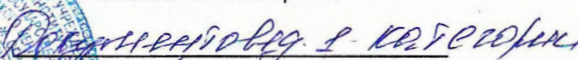
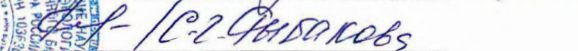

(подпись)

А.А. Кленина

30.04.2025

Подпись А.А. Клениной заверяю:



Гербовая печать организации