

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата географических наук Кандидова Максима Валентиновича
на тему: «Историческая биогеография ключевых групп покрытосеменных
растений на примере семейств порядка вересковые (Ericales) – синюховые
(Polemoniaceae), фукьериевые (Fouquieriaceae)
и лецитисовые (Lecythidaceae s. l.)»
по специальности 1.6.12. Физическая география и биогеография, география
почв и геохимия ландшафтов.

Соответствие диссертации отрасли науки.

Анализируемая диссертационная работа является ярким примером междисциплинарного исследования на стыке биологии и географии. Что в данной диссертации является биологической составляющей? Во-первых, это объект исследования. Работа посвящена трем семействам покрытосеменных растений – Polemoniaceae, Fouquieriaceae, Lecythidaceae. Их морфология, анатомия, репродуктивная биология, экология и, что самое главное, филогения (эволюционные родственные связи) являются классическими объектами ботаники. Во-вторых, поставленные цели и задачи. Основная цель данной работы – реконструкция истории расселения, которая реализуется через филогенетический анализ. Это ядро работы, и это метод из арсенала эволюционной биологии и генетики. В-третьих, использованные методы (биоинформатический анализ, детальный морфологический обзор сотен видов, анализ экологии и способов опыления), которые характерны для современной биологии, систематики и эволюционной биологии.

Что в данной диссертации является географической составляющей? Географическими компонентами в данной работе являются инструментальная и интерпретационная. Во-первых, это пространственный аспект (исследование не замыкается на самих организмах, а проецирует биологические данные (филогению) на географическое пространство). Во-вторых, использование

ключевых географических методов: картографирование современных ареалов и гипотетических путей расселения с использованием ГИС; физико-географическое районирование для описания ареалов; анализ дизъюнкций (разрывов) в ареалах, что является классической проблемой географии растений. В-третьих, интерпретация результатов, при которой биологические данные (клагограммы) анализируются и описываются в терминах исторической биогеографии - определяются гипотетические регионы возникновения и пути миграции таксонов, что напрямую связано с палеогеографическими реконструкциями. В-четвертых, выбор научной специальности. Хотя формально специальность указана как "Физическая география и биогеография...", сама биогеография как наука исторически сформировалась на стыке биологии и географии, и в данной работе биологическая компонента (анализ организмов) является первичной для решения географических задач.

Таким образом, можно сделать вывод, что диссертация использует биологические методы (молекулярная филогенетика) как инструмент для решения географических по своей сути вопросов о том, как, откуда и какими путями расселялись группы растений. Если использовать аналогию, то биология здесь - это "инструмент", а география - "цель". В связи с изложенным, считаю, что диссертация может быть представлена на соискание ученой степени кандидата географических наук.

Актуальность исследования.

Представленная к защите диссертационная работа М. В. Кандидова посвящена комплексному историко-биогеографическому анализу трех семейств порядка Ericales, имеющих дизъюнктивные ареалы. Вопросы реконструкции путей расселения и формирования современных ареалов таксонов, особенно на фоне палеогеографических изменений, являются одними из актуальных и сложных в современной биогеографии. Использование автором современных методов молекулярной филогенетики, филогенетической биогеографии и палеоботанических данных для решения этих вопросов соответствует мировому

уровню развития науки. Исследование актуально и вносит значительный вклад в понимание эволюции ареалов цветковых растений.

Структура работы.

Работа общим объемом 226 страниц состоит из четырех глав, введения, заключения, списка литературы, четырех приложений. Она включает 3 таблицы и 118 иллюстраций (в том числе авторские карты, диаграммы, графики и др.).

Список использованной литературы содержит 160 источников, в том числе 148 – на иностранном языке.

В первой главе автор дает аналитический обзор трех исследуемых семейств, служащий теоретической и информационной основой для последующего оригинального исследования. Он прослеживает историю таксономических воззрений, устанавливает современное систематическое положение семейств. В этой главе диссертант определяет объекты исследования, их таксономические границы и эволюционный контекст (принадлежность к одному порядку *Ericales*) и создает морфологический "портрет" групп, что важно для интерпретации их экологии, способов расселения и может быть использовано для сравнения с филогенетическими данными. В этом разделе соискатель связывает биологические особенности таксонов с гипотезами об их расселении через пространство и время. М.В. Кандидов четко формулирует ключевую биогеографическую проблему работы - объяснение происхождения современных, часто разорванных, ареалов. Он обобщает палеоботанические данные, которые будут обеспечивать временные "якоря" для последующего филогенетического датирования.

Во второй главе, которая носит методический характер, детально описывается инструментарий, использованный для решения поставленных задач (кладистический и филогенетический подходы; процедуру привязки филогенетического дерева к геологическому времени; объяснение, как на основе филогении и данных об ареалах будут реконструированы пути расселения; методы визуализации исходных данных и результатов).

В третьей главе представлены основные оригинальные результаты работы. Показано полученное кладограммное дерево с указанием поддержки ветвей (bootstrap values). Проанализированы эволюционные взаимоотношения между тремя семействами. Показана внутренняя структура каждого семейства, выявлены основные клады и их родственные связи. Создано датированное филогенетическое дерево с оценками времени дивергенции основных клад.

В четвертой главе проводится биогеографическая интерпретация филогенетических результатов, что является кульминацией диссертации. Автор реконструирует историю формирования ареалов трех семейств, чтобы объяснить современные дизъюнкции. Он определяет гипотетический регион возникновения общего предка. Проводится сравнение результатов с палеоботаническими данными и дается обсуждение того, как ископаемые находки (из раздела 1.5) подтверждают или дополняют предложенные сценарии расселения.

Таким образом, диссертация представляет собой законченное исследование от постановки биогеографической проблемы через сбор данных и филогенетический анализ к исторической реконструкции путей расселения.

Оценка достоверности полученных результатов.

Достоверность полученных результатов обеспечивается большим репрезентативным объемом выборки (155 видов из 49 родов); использованием биоинформатического и филогенетического анализа комплекса консервативных молекулярно-генетических маркеров (*matK*, *rbcL*, *ndhF*, *trnL-trnF*); применением современных программных комплексов (MEGA11, BEAST) и статистических методов (bootstrap с 5000 репликаций); сопоставлением результатов молекулярного анализа с данными палеоботаники и морфологии; апробацией результатов на международных и всероссийских конференциях и публикацией основных положений в рецензируемых научных журналах. Так, результаты исследования были представлены на 3 научных конференциях и на семинарах лаборатории тропических растений Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ в журналах,

индексируемых в базах данных Scopus и (или) Web of Science и (или) в RSCI, а также включенных в «Белый список».

Научная новизна и практическая значимость.

Диссертационное исследование М.В. Кандидова вносит определенный вклад в науку, который заключается в следующем.

В данной работе впервые проведено совместное детальное филогенетическое и биогеографическое исследование трех семейств порядка вересковые (Ericales): Lecythidaceae s. l.; Fouquieriaceae, Polemoniaceae, что позволило объединить разрозненные данные в единую картину, что является значительным шагом в понимании эволюции этого порядка покрытосеменных растений.

Диссертация является прекрасным примером применения современных междисциплинарных подходов. Работа успешно интегрирует методы молекулярной филогенетики (анализ последовательностей *matK*, *rbcL*, *ndhF*, *trnL-trnF*); филогенетической биогеографии (построение гипотетических треков расселения на основе калиброванных кладограмм); палеоботаники (калибровка молекулярных часов по ископаемым находкам); географического картографирования (построение детальных карт ареалов и путей расселения в QGIS). Такой комплексный подход может стать базисным для будущих исследований в области исторической биогеографии.

Автор выносит на защиту три ключевых положения, которые являются новыми для науки. Это установление базального положения Fouquieriaceae. Подтверждено, что это семейство является сестринской группой для клады Polemoniaceae + Lecythidaceae, а его дивергенция произошла раньше. Определение гипотетической прародины всех трех семейств. Впервые показано, что общий предок всех трех семейств, скорее всего, возник в Северной Америке, а не в тропиках, как можно было бы предположить, глядя на современный пантропический ареал Lecythidaceae. Автор реконструировал сценарии расселения Lecythidaceae. Им предложена новая, обоснованная филогенетическими данными модель, согласно которой предки Lecythidaceae

мигрировали из Северной Америки в Африку, затем в Азию, и лишь значительно позже (в олигоцене и миоцене) дважды колонизировали Южную Америку. Этот сложный маршрут меняет устоявшиеся представления о путях формирования неотропической флоры.

Диссертантом проведена ревизия и синонимика родов на основе актуальных данных (Plants of the World Online). Построены детальные карты современных ареалов 49 родов (76 авторских карт), которые сами по себе являются ценным картографическим материалом, и создана калиброванная филогенетическая модель для 155 видов, которая может быть использована другими исследователями для проверки гипотез и дальнейших изысканий. Можно говорить о том, что диссертация М.В. Кандидова вносит вклад в ряд разделов физической географии, биогеографии, ботаники, филогенетики и палеоботаники. Работа выполняет роль моста между классической биогеографией и современными молекулярно-генетическими методами. Автор не только проанализировал большой массив данных, но и предложил новую модель расселения важной группы растений, которая будет служить ориентиром и стимулом для дальнейших исследований. Диссертация соответствует уровню современных мировых стандартов и вносит конкретный вклад в копилку научных знаний.

Несмотря на научную новизну и практическую значимость работы, в ней есть положения, вызывающие интерес и требующие уточнения.

1. Диссертация построена на анализе последовательностей из общедоступной базы данных GenBank. Автор честно указывает на связанные с этим проблемы: неполнота данных (отсутствие последовательностей для некоторых генов и таксонов), разная длина последовательностей и качество секвенирования, возможные ошибки в исходных данных. Можно ли считать это систематическим риском для надежности филогенетического анализа?

2. В реконструкции путей расселения для Lecythidaceae s. l. предполагается миграция предка из Северной Америки в Африку. Какие конкретные палеогеографические и палеоклиматические условия в позднем мелу / раннем

палеогене могли способствовать такому трансокеанскому распространению, учитывая способ диссеминации предковой формы?

3. В работе указано, что для картографирования использовались границы физико-географических стран. Не могли ли эти современные границы, особенно для горных систем, внести некоторую субъективность или неточность в интерпретацию путей расселения, которые происходили в иных палеоландшафтных условиях?

4. Какой возраст имеет *Polemonium caeruleum* L. (Polemoniaceae) на территории Средней части России?

Общие выводы по диссертации

Диссертация "Историческая биогеография ключевых групп покрытосеменных растений на примере семейств порядка вересковые (Ericales) – синюховые (Polemoniaceae), фукьериевые (Fouquieriaceae) и лецитисовые (Lecythidaceae s. l.)" является законченным научным исследованием, имеющим научную и практическую значимость. Представленная диссертация содержит обширный статистически обработанный фактический материал, на основании которого сделаны теоретические выводы.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов, а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

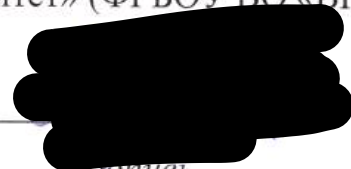
Таким образом, соискатель Кандидов Максим Валентинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.12. Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов.

Официальный оппонент:

доктор географических наук,
профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды
факультета географии, геоэкологии и туризма

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Григорьевская Анна Яковлевна



подпись

22.04.2026

Контактные данные:

тел.: +79192318612, e-mail: grigaya@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

Адрес места работы:

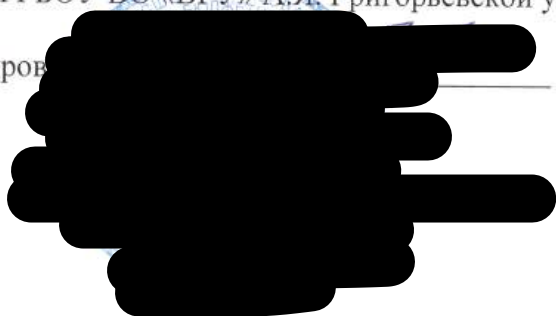
394018, Воронежская обл., г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»), факультет географии, геоэкологии и туризма

Тел.: +74732665654, +79192318612; e-mail: grigaya@mail.

Подпись сотрудника ФГБОУ ВО «ВГУ» А.Я. Григорьевской удостоверяю:

Начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО «ВГУ»



Т.В. Зарудняя

22.04.2026