

## ОТЗЫВ

официального оппонента  
на диссертацию Борисова Алексея Сергеевича .  
«Сезонные трансширотные миграции стрекоз (Odonata)  
в афро-евразийском регионе»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук  
по специальности 1.5.14 – энтомология (биологические науки).

### Актуальность темы диссертации

Миграции животных, в особенности между различными климатическими зонами, является важной стратегией адаптации к климатическим особенностям разных регионов и соответствуют климатической структуре земной поверхности. Благодаря миграциям происходит весьма значительный трансрегиональный перенос биомассы. Поэтому их изучение весьма важно с точки зрения понимания структуры и функционирования биосферы Земли и ее зависимости от климата. Тем более актуально такое изучение становится в условиях текущего ускоряющегося изменения климата планеты в сторону его потепления. В частности, изменение направления и протяженности миграционных путей может быть хорошим индикатором реагирования биосферы на потепление климата. В то время как миграции таких крупных организмов как птицы изучены несравненно лучше, чем миграции насекомых, хотя по объемам переносимой биомассы и роли в экологии вовлеченных регионов миграции насекомых превосходят птичьи. Это связано с методическими, а именно техническими ограничениями, накладываемые малым размером организма насекомых по сравнению с позвоночными животными, так как в большинстве случаев не позволяет применять трекары и ограничивает применение меток. Поэтому для изучения миграции насекомых особенно важным является использование естественных маркеров, позволяющих реконструировать географическое происхождение мигрантов. К таким маркерам относится, в частности, соотношение стабильных изотопов водорода.

В связи с вышесказанным актуальность представленной работы сложно переоценить. В ней представлены результаты изучения четырех видов стрекоз, совершающих регулярные трансширотные миграции, затрагивающие территорию Евразии и в то же время и нашей страны. Это комплексное изучение было проведено с использованием всего арсенала доступных методов, от самых простых до самых современных: сбор данных о фенологических наблюдениях в природе в разных регионах, как собственных, так и зафиксированных в литературе или публичных базах данных, анализ мигрирующих стрекоз, попадающих в направленные орнитологические ловушки, и, наконец, анализ соотношения изотопов водорода, как у мигрантов, отловленных на разных фазах миграции, так и у резидентных видов.

Таким образом, данное исследование, представленное в качестве кандидатской диссертации, весьма актуально.

### Структура работы и комментарии к ее структурным частям

Диссертационная работа А.С. Борисова состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, списка терминов, списка литературы и приложения, имеет объем 153 страницы и содержит 37 рисунков и 12 таблиц.

Введение занимает 9 страниц; в нем рассматриваются актуальность темы исследования, степень разработанности темы исследования, цель и задачи исследования, научная новизна, методы исследования, положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, степень достоверности результатов, апробация работы и благодарности.

Обзор литературы (глава 1) занимает 14 страниц и весьма информативен. После краткой характеристики стрекоз как отряда в отношении черт, имеющих отношение к проблеме миграции, приводится история изучения их миграций. Затем детально рассматриваются типы миграций стрекоз, что очень важно концептуально. Завершает раздел важный и интересный обзор методов изучения миграций стрекоз.

Глава 2 «Материалы и методы» занимает 14 страниц. Большая часть информации о материале экспериментального исследования вынесена в приложение. Описание изотопного и статистического анализа сделано кратко, но на высоком профессиональном уровне и требует специальных знаний для восприятия.

Глава 3, посвященная миграциям *Pantala flavescens*, занимает 15 страниц. Отметим, что рассматриваются таковые только в афро-азиатском регионе, но не в Европе, которая также входит в афро-евразийский регион, которому посвящена работа. По-видимому, это связано с отсутствием соответствующих данных. С другой стороны, только для этого вида имеется информация о изотопной подписи предположительных иммигрантов на юг – а именно на Мальдивские острова - с севера, тогда как для других видов есть лишь данные об иммигрантах на север с юга или об особях, находившихся в процессе миграции с севера на юг. Место происхождения весенних иммигрантов этого вида в Среднюю Азию реконструируется в Восточной Африке.

Глава 4, посвященная миграциям *Sympetrum fonscolombii*, занимает 22 страницы. Наиболее интригующим выглядит полученный с помощью изотопного анализа водорода результат, что мигрирующие на юг осенью в Западном Тянь-Шане особи происходят с широт 54-56 °, притом что на Урале и в Сибири с этих широт имеются буквально считанные находки этого вида.

Глава 5, посвященная миграциям *Anax parthenope*, занимает 13 страниц. Отмечается сложная и не до конца ясная картина жизненной стратегии и вольгинизма этого вида в разных частях ареала, сочетающая миграции и резидентное развитие. Это - единственный из четырех рассмотренных в диссертации видов, способный переживать зиму в условиях средней полосы России. При этом область развития личинок весенних иммигрантов на территорию Европейской части России реконструируется той же, что и у предыдущего вида *S. fonscolombii* – юго-западная Азия, включая Турцию и Иран.

Глава 6, посвященная миграциям *Anax ephippiger*, занимает 13 страниц. Место происхождения весенних иммигрантов этого вида на юге России реконструируется в зоне сахель в Африке, а также и в южной Аравии. Это - единственный из четырех рассмотренных видов, для которого осенняя миграция особей, выплывших в зоне «временного вторжения» на севере ареала, не наблюдалась напрямую, а лишь реконструируется по косвенным признакам.

Глава 7 «Специфика стратегий стрекоз-мигрантов и адаптивная значимость сезонных трансширотных миграций», которая представляет собой общее обсуждение рассмотренного материала, занимает 5 страниц. Здесь аргументированно вводится классификация четырех изученных видов на

тропических (*P. flavescens* и *A. ephippiger*) и субтропических (*S. fonscolombii* и *A. parthenope*) мигрантов, первые из которых иммигрируют весной в Россию и/или Среднюю Азию из Африки, вторые – из Западной Азии (Турция и/или Иран и прилегающие страны).

В работе имеется заключение, которое в сжатой форме суммирует содержание глав 3-7, в особенности последней. Сопоставляются оценки дальности трансширотных миграций для тропических и субтропических мигрантов, которые составляют, соответственно, 4-8 и 2-4 тысячи километров

Выводы, числом семь, хорошо отражают содержание работы. Четыре из них суммируют информацию о миграциях четырех рассмотренных видов, первый, шестой и седьмой носят общий характер: первый констатирует наличие трансширотных миграций, шестой классифицирует рассмотренных мигрантов на две группы, седьмой интерпретирует миграции в качестве адаптационной стратегии, направленной на максимально полное использование мигрирующими видами ресурсов планеты и страховку от непредсказуемых флуктуаций климата.

Работа имеет впечатляющий, занимающий 36 страниц, список литературы о 236 источниках, из которых 171 – на английском, 24 – на русском, 22 – на немецком и 9 – на французском языках.

К работе имеются приложения, включающие программу для обчета количественных данных в пакете R и первичные данные в 11 таблицах, занимающие 13 страниц.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, а восемь статей, опубликованных по теме диссертации в ведущих журналах, содержат весь представленный фактический материал и сделанные на его основе выводы.

Достоверность научных результатов, полученных в ходе диссертационного исследования

Достоверность определения видов стрекоз обеспечивается тем, что оно проводилось либо подтверждалось ведущими одонатологами нашей страны (а также Бельгии), не исключая и самого автора. Достоверность анализа соотношения стабильных изотопов водорода достигается применением самых современных методов при строгом следовании протокола, проведением всех необходимых контролей, применением двух альтернативных подходов для реконструкции регионов происхождения стрекоз-мигрантов на основе доли дейтерия в хитине крыла, а также сотрудничеством с Институтом проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва.

Наконец, достоверность результатов и обоснованность выводов работы подтверждается самим фактом публикации восьми статей по теме диссертации в рецензируемых журналах высокого уровня, причем три из них – в международных журналах. Также работа была апробирована на двух последовательных съездах Русского энтомологического общества.

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Выводы диссертации и положения, выносимые на защиту, отражают полученные данные, в том числе с использованием высокотехнологичного современного метода изотопного анализа и их статистический анализ. Они

основаны на всестороннем и высокопрофессиональном обсуждении полученных результатов и являются обоснованными всем материалом диссертационного исследования.

#### Новизна исследования

Новизна представленного исследования самоочевидна – четыре вида стрекозы-мигрантов, представленных в Евразии, в том числе в нашей стране, были впервые проанализированы современным объективным методом – анализом соотношения изотопов водорода, что дало возможность объективно реконструировать вероятные области происхождения мигрантов. Кроме того, само по себе суммирование обширных разрозненных фактических данных о встречаемости и миграциях этих видов, многие из которых были получены самим автором, проведено впервые и представляет собой значительный теоретический интерес. Ранее подобные исследования касались только стрекоз-мигрантов Нового Света.

#### Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные посредством комплекса методов, включая самые современные, знания о масштабах и путях миграции четырех видов стрекоз-мигрантов в афро-евразиатском регионе имеют теоретическую значимость в контексте понимания функционирования биосферы Земли в целом, включая трансрегиональные потоки биомассы в связи с климатическими особенностями регионов. Особенно важны такие знания относительно миграций насекомых, так как в силу методических трудностей они оставались недостаточно исследованными. Данная работа в значительной степени восполняет этот пробел. Практическая значимость работы может состоять в том, что в условиях текущего изменения глобального климата миграции стрекоз могут видоизменяться и тем самым служить хорошим индикатором реакции биосферы на это изменение. Имея в руках инструментарий изотопного анализа и собранные воедино данные о характере миграции стрекоз в текущем моменте, исследователи из разных регионов смогут оперативно отслеживать подобные изменения.

Более частным, но важным теоретическим выводом является классификация стрекоз мигрантов на имеющих тропическое и субтропическое происхождение, которые различаются адаптивной стратегией, географическим масштабом и направлением миграций, включающие внутризональные миграции в первом случае и только трансиротные – во втором.

#### Замечания

1. Во введении, списке литературы и словаре терминов последовательно и удачно различаются разные типы миграций – факультативные (во введении) или аперидические (в обзоре литературы и словаре терминов) и облигатные, а среди последних – сезонные высотные, сезонные трансиротные и сезонные внутри тропического пояса. Во-первых, термин для обозначения миграций первого типа в разных частях текста следовало бы унифицировать. Во-вторых, для полноты картины рассмотрение этих явлений следовало бы дополнить еще одним, родственным явлением, которое можно было бы назвать расселением от

мест размножения или дисперсией. В отличие от миграций, расселение не имеет предпочтительного направления, которого особи закономерно придерживаются, а идет во всех направлениях, где имеются приемлемые для вида условия. Оно родственно факультативным миграциям, так как предполагает сброс избыточной численности в местах размножения и одновременно стратегией поиска новых местообитаний, но, в отличие от них, является облигатным и регулярным явлением. Без такого рассмотрения некоторые сообщения о событиях внезапного появления множества стрекоз, приводимые в обзоре литературы (с. 17), затруднительно отнести к факультативным миграциям либо к закономерной дисперсии в условиях всплеск численности.

2. На стр. 14 утверждается, что первые наблюдения за миграциями стрекоз приводятся в работе May, Matews, 2008. Но через одну фразу сообщается, что самое раннее наблюдение было опубликовано (!) Хагеном на 144 года раньше, в 1861 г., далее приводится еще две работы XIX века на эту же тему, в одной из которых сообщается, что первые задокументированные о ежегодных миграциях в Европе датированы 1494 годом. Данный абзац следовало сформулировать более тщательно.

3. В подразделе 2.2. «Материалов и методов» сообщается, что первоначально вероятное место происхождения образцов определялось с использованием платформы IsoMAP на основе среднегодовых значений доли дейтерия в осадках. После того как платформа стала недоступна, оно стало определяться путем прямого сравнения доли дейтерия в образцах с изотопными картами осадков того конкретного сезона, когда происходило развитие личинок стрекоз. Здесь хотелось бы сравнительной информации о точности этих двух подходов, хотя бы предполагаемой. Складывается впечатление, что первый метод автор оценивает как более желательный, так как на платформе IsoMAP имелся разнообразный и удобный функционал, однако ориентировка на среднегодовые значения выглядит менее релевантной.

4. В том же подразделе (с. 37) имеется формулировка «как функция высоты, широты и квадрата широты». Поскольку квадрат широты сам по себе является функцией широты, данная формулировка скорее всего представляет собой опisku, причем подразумевавшаяся формулировка невозможна без специальных знаний.

5. На карте рисунке 3.2 (с. 42) использованы два цвета заливки, которые никак не объясняются.

6. На с. 42 касательно находки бродяжницы рыжей в Москве имеется утверждение: «В настоящее время это наиболее северное ( $55^{\circ} 42' 11''$  с.ш.) местонахождение и место развития *P. flavescens*, как в Европе, так и в целом на планете». Однако шестью строчками ниже сообщается о ее находке в Новосибирске на широте  $55^{\circ} 51' 29''$  с.ш., что на девять минут севернее.

#### Заключение

Диссертация А.С. Борисова «Сезонные трансширотные миграции стрекоз (Odonata) в афро-евразийском регионе», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.14 – энтомология, как научно-квалификационная работа представляет собой завершённое исследование, в котором решается актуальная проблема географической протяженности, направления и характера миграций склонных к ним видов стрекоз Евразии, в частности географического происхождения стрекоз,

мигрирующих в умеренную зону с юга. Работа характеризуется большим объемом, высоким, мировым методическим уровнем проведенных исследований и новизной полученных данных. Высказанные замечания к работе незначительны. Основные положения и выводы диссертации достоверны и научно обоснованы, имеют научную, теоретическую и практическую значимость и соответствуют поставленным целям и задачам. Основные научные положения и выводы диссертации полностью отражены в опубликованных работах. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Диссертация А.С. Борисова «Сезонные трансширотные миграции стрекоз (Odonata) в афро-евразийском регионе» полностью соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о присвоении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. в действующей редакции от 16 октября 2024 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор работы Борисов Алексей Сергеевич заслуживает присвоения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.14 - энтомология.

**Официальный оппонент:**

ведущий научный сотрудник  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики  
Сибирского отделения Российской академии наук»,  
доктор биологических наук по специальности 03.02.07 - генетика,  
без звания

Костерин Олег Энгельсович

30 апреля 2026 г.

Полное название и адрес учреждения:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики  
Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН),  
Проспект Академика Лаврентьева, д. 10, Новосибирск, 630090  
факс: +7 383 333 12 78,

Сайт учреждения: <https://icgbio.ru>

E-mail учреждения: [icg-adm@bionet.nsc.ru](mailto:icg-adm@bionet.nsc.ru);

E-mail оппонента: [kosterin@bionet.nsc.ru](mailto:kosterin@bionet.nsc.ru)

Личную подпись Костерина О.Э., д.б.н., заверяю

Ученый секретарь ИЦиГ СО РАН, к.б.н.



Г.В. Орлова