



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ЗИН РАН)**

Университетская наб., д. 1, Санкт-Петербург, 199034

Тел.: (812) 328-03-11

Факс: (812) 328-29-41, (812) 328-02-21,
(812) 714-04-44

E-mail: admin@zin.ru, office@zin.ru,

WWW: http://www.zin.ru

ОКПО 02698571, ОГРН 1027800535091,

ИНН/КПП 7801043337/780101001

3.11.2016 № 12505- 2171
На № _____ от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пахомова Александра Филипповича «Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного направления у мелких воробьиных птиц», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 – зоология.

Исследования ориентации и навигации животных, особенно птиц – одна из самых интересных проблем стоящих перед современной биологией. До сих пор нет единой теории объясняющей, как птицы находят дорогу от мест размножения к местам зимовок и от мест зимовок к местам размножения, и какие механизмы птицы используют для этого. Давно известна точность навигационных систем мелких воробьиных птиц, но механизм навигации птиц пока не ясен. Многие группы современных исследователей пытаются выявить как отдельные части этого механизма, так объяснить феномен навигации птиц, используя различные гипотезы, методы и подходы. Исследование диссертанта совпадает с направлением «атаки» одной из таких групп.

Диссертация представляет собой законченное исследование, добавившее новые факты в продолжающийся процесс исследования влияния магнитной составляющей полей Земли на ориентацию и навигацию птиц. Оригинальные, продуманные и одобренные этическим комитетом эксперименты составляют основу этой работы. Выводы не противоречат друг другу. Список публикаций для работы, выполненной в сжатые аспирантские сроки, более чем впечатляющ.

Хотелось бы отметить, что рабочий термин «магнитная карта» часто используемый диссертантом хоть и краток, но очень категоричен, «магнитная составляющая навигационной карты птиц» во многих случаях более приемлем.

В процессе изучения автореферата отмечен довольно редкий для квалификационных работ этого уровня факт, диссертант удержался или был удержан от совместных публикаций с научным руководителем.

Много лет я наблюдал за работой диссертанта в полевых условиях, там, где Александр Филиппович влиял на навигационные способности экспериментальных птиц в течение многих дней и ночей, изменяя магнитные поля. В процессе этих работ и сам диссертант, не раз попадая в рабочие зоны колец Гельмгольца, подвергаясь влиянию измененного магнитного поля и слабых осциллирующих полей, никогда не изменял собственной ориентации.

Диссертационная работа Пахомова А.Ф. «Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного направления у мелких воробьиных птиц» является завершенной научно-квалификационной работой. Диссертация выполнена на высоком научном уровне, по объему исследований, научной новизне и значимости полученных результатов она удовлетворяет требованиям пп 9,10,11, 13, 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. №842 « Положение о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а сам Александр Филиппович заслуживает искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 – зоология.

Научный сотрудник ЗИН РАН,
Кандидат биологических наук
+79215844887
markovets@mail.ru
03.11.2016



М.Ю.Марковец

М.Ю.Марковец

УДОСТОВЕРЯЕТСЯ
Ученый секретарь *М.Ю.Марковец*

**Отзыв на автореферат диссертационной работы Александра Филипповича
Пахомова
на соискание степени кандидата биологических наук
по специальности 03.02.04 – зоология.
«Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного
направления у мелких воробьиных птиц»**

Кандидатская диссертация Александра Филипповича Пахомова посвящена интереснейшей проблеме – ориентации и навигации птиц по магнитному полю Земли. Затронуто большое количество аспектов этой проблемы, в частности автор провёл ряд экспериментов, говорящих в пользу магнитной природы навигационной карты у камышевок, при этом птицы способны определять смещение по долготе. Это возможно в том случае, если птицы могут определять склонение (угол между магнитным и географическим полюсом), то есть мы наблюдаем взаимодействие нескольких компасных систем, одной из которых является магнитная а вторая, по предположению автора астрономическая. При этом было бы интересно узнать какова иерархия компасов у этих мигрантов в условиях конфликтного эксперимента. Этот вопрос решен, но на другом виде со сходной амплитудой миграции – садовой славке.

Автором, кроме этого показано, что ближние мигранты, такие как зарянка, способностью к компенсации долготного смещения не обладают, то есть напрашивается вывод, что карты нет, однако здесь автор аккуратно замечает, что принципы работы её просто могут отличаться, а для более четких утверждений нужны дальнейшие исследования. По всей видимости, по причине необходимости дальнейших исследований автор не вынес в выводы и полученные им различия между опытными и молодыми птицами. Так как вопреки изначальному предсказанию, исходящему из концепции часов и компаса для молодых мигрантов, молодые камышевки были дезориентированы при долготном смещении и конечная интерпретация данного факта преждевременна.

Александр Филиппович затрагивает и механизмы магнитного компаса у воробьиных мигрантов. В частности, проверяет гипотезу о том, что информацию о магнитном поле, которая задействована в магнитной карте (благодаря которой возможна компенсация долготного смещения) приходит по глазничной ветви тройничного нерва. Автором показано влияние самой операции на ориентационное поведение, так камышевки после ложной операции и виртуального смещения были дезориентированы, а камышевки с перерезанным нервом не смогли определить смещение и ориентировались чисто по компасу. Автор не оставляет это без внимания и пытается объяснить дезориентацию ложнооперированных птиц как наложение двух «стрессовых ситуаций» операции и «осознания» смещения. В целом этот результат очень интересен и надеемся автор не оставит его без внимания в своей дальнейшей работе. Второй вопрос, связанный с механизмами это проверка влияния слабых осциллирующих полей на ориентацию птиц. Показано, что даже осцилляции с очень малой амплитудой (всего 1 нТл) приводят к дезориентации, что не вполне соответствует ранее проведённым опытам в других лабораториях, где эффект влияния пропадал уже при амплитудах в 5 нТл. Это различие очень интересно и как мне кажется требует дополнительного исследования с большим вниманием к факторам самой процедуры опыта и увеличением выборки экспериментальных животных.

Автореферат написаны хорошим понятным языком и в достаточной мере отражает полученные автором результаты, которые были представлены научной общественности на семи конференциях и в 3 статьях - в журналах, рекомендуемых ВАК.

Замечания к автореферату носят в основном рекомендательный характер, и возможно связаны с тем, что при сокращении текста до автореферата многие моменты были упущены или не аккуратно сформулированы.

Department of Physics,
Chemistry and Pharmacy

Iliia A. Solov'yov, Ph.D.

Associate Professor, Dr. phil. nat., Cand. Sci.

Campusvej 55

5230, Odense M, Denmark



Tel: +45 6550 2532

E-mail: ilia@sdu.dk

www.quantbiolab.com

Октябрь 19, 2016

ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации **А.Ф. Пахомова**

РОЛЬ МАГНИТНОГО КОМПАСА И МАГНИТНОЙ КАРТЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ МИГРАЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЯ У МЕЛКИХ ВОРОБЬИНЫХ ПТИЦ

Исследование навигации птиц является одной из важнейших проблем современной орнитологии. До сих пор до конца не ясно как перелетные птицы каждый год совершают миграции на тысячи километров с мест гнездования и обратно. Для того чтобы найти дорогу и достичь гнездовых территорий или зимовок, птицы должны обладать способностью определять направление движения относительно сторон света и способностью определять свое местоположение относительно цели без сенсорного контакта с ней. Уже в 50-е гг. XX века была предложена концепция «карты и компаса», согласно которой птицы во время миграции должны сначала определить свое местоположение относительно цели движения, а потом направление предполагаемого движения к ней относительно сторон света. В работе А.Ф. Пахомова исследуется навигация и ориентация у воробьиных мигрантов при использовании магнитного поля Земли - проблема которая до сих пор осталяет множество непроясненных вопросов. Поэтому тема диссертации А.Ф. Пахомова является актуальной и с научной, и с практической точек зрения.

Автор исследовал гипотезу о магнитной природе навигационной карты воробьиных птиц, а также проверил гипотезу об использовании птицами магнитного склонения для определения смещения по долготе. Им было установлено возможное функциональное

значение магнитной информации, передаваемой по системе тройничного нерва от гипотетического магниторецептора в надклювье, изучено влияние осциллирующего магнитного поля на способность птиц к ориентации с использованием магнитного компаса, а также изучено взаимоотношение магнитного компаса с астрономическими компасами (звездным, солнечным).

Научные работы А.Ф. Пахомова известны по докладам на международных конференциях и широко обсуждаются в современном биологическом сообществе. Они опубликованы в статьях в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах.

В целом диссертационная работа представляет завершённое исследование, содержащее новые гипотезы, позволяющие, например, утверждать что магнитное поле играет одну из ключевых ролей при ориентации и навигации мигрирующих птиц. Ее результаты, весьма, важны для практических применений в орнитологии, а также могут быть использованы для построения биофизических моделей, позволяющих объяснить явление восприятия магнитного поля перелетными птицами.

Считаю, что диссертация А.Ф. Пахомова соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности «зоология».

Илья А. Соловьев, кандидат физ.-мат. наук
Associate Professor
Department of Physics, Chemistry and Pharmacy
University of Southern Denmark (SDU)



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пахомова Александра Филипповича «Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного направления у мелких воробьиных птиц», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 – зоология

Исследование, представленное к защите А. Пахомовым, направлено на решение интригующей загадки, которую можно сформулировать довольно просто: «Как перелетные птицы находят путь домой?». На последнее десятилетие пришелся ренессанс исследований ориентации и навигации птиц, когда появление точных навигационных приборов, спутниковых и радио- передатчиков, регулируемых колец Меррита, позволило проводить исследования, ранее казавшиеся фантастическими. Конечно, однозначного ответа на этот вопрос нет и, видимо, еще долго не предвидится. Однако отранно сознавать, что такие исследования активно ведутся в отечественных лабораториях, одной из которых является Биологическая станция Рыбачий, где А. Пахомов проводит свои работы.

В представленной диссертации охватывается широкий спектр проблем ориентации и навигации – какие стимулы являются доминирующими, какие характеристики магнитного поля являются определяющими, как взаимодействуют разные компасные системы и даже где, возможно, находится магниточувствительный сенсор. А. Пахомову пришлось освоить многочисленные методики, чтобы исследовать проблему на разных уровнях – от поведенческих парадигм до физиологических механизмов.

Диссертационная работа Пахомова Александра Филипповича «Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного направления у мелких воробьиных птиц» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком методическом уровне. Диссертационное исследование удовлетворяет требованиям пп.9, 10,11, 13 и 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 – зоология.

Кандидат биологических наук,

Старший научный сотрудник

Биологической станции Рыбачий

Зоологического института Российской академии наук

А.Л. Мухин

02.11.2016 г.

Подпись:	<i>Мухин</i>
Ф.И.О.	<i>Андрей Иванович</i>
Удостоверяю:	<i>Вит</i>
Инсп. О.К.	<i>Мухомов</i>
<i>и др. ноябрь 2016 г.</i>	



238535, Калининградская область, п. Рыбачий, ул. Победы, д. 32

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Пахомова Александра Филипповича
«Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного
направления у мелких воробьиных птиц», представленной на соискание
ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 –
зоология**

Представленная работа направлена на решение важной фундаментальной задачи, поиска механизмов ориентации и навигации у птиц. Цели и задачи исследования, достаточно амбициозные, четко сформулированы. Текст написан ясно, в хорошем стиле. Автор отлично владеет материалом, всесторонне знаком с уже имеющимися данными по использованию мигрирующими птицами геомагнитных сигналов при ориентации и хорошо представляет ключевые нерешенные проблемы в области изучения миграций птиц. Серии логично выстроенных экспериментов, результаты которых умело обработаны с применением статистических методов, позволили А.Ф. Пахомову получить уникальные данные и сформулировать обоснованные выводы диссертации. Особо хотим отметить эксперименты с «виртуальным перемещением» птиц в «удаленную» по геомагнитным характеристикам, незнакомую для птиц точку. Опыты А.Ф. Пахомова показали, что взрослые тростниковые камышевки способны оценить диапазон смещения и на этой основе корректировать направление в сторону места миграции. Обнаруженный впервые феномен позволил предположить наличие у этих птиц магнитной компоненты навигационной карты. Важность этого факта для понимания механизмов дальней миграции птиц неоспорима, хотя и требует подтверждения для других видов птиц. Интригующие результаты экспериментов по перерезке глазничной ветви тройничного нерва очевидно активизируют нейробиологические исследования, направленные на выявление у птиц структур мозга, контролирующих ориентацию и навигацию по геомагнитным факторам.

Научная новизна, актуальность работы и высокий профессиональный уровень диссертанта несомненны. Диссертационная работа Александра Филипповича Пахомова отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9, 10, 11, 13 и 14 Постановления Правительства Российской

Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 – зоология.

Плескачева Марина Григорьевна,
кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник,
доцент.
119234, Россия, Москва, Ленинские
горы, д. 1, стр. 12. Федеральное
государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования "Московский
государственный университет
имени М.В.Ломоносова",
биологический факультет.
e-mail:
mpleskacheva@yandex.ru
+7 495 9394468

Купцов Павел Андреевич,
кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник.
119234, Россия, Москва, Ленинские
горы, д. 1, стр. 12. Федеральное
государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования "Московский
государственный университет
имени М.В.Ломоносова",
биологический факультет.
e-mail:
kuptsov.pavel@gmail.com
+7 495 9394468



ПОДПИСЬ РУКИ Плескачева М.Г.
ЗАВЕРЯЮ Купцова П.А.

26.10.2016

Документовед биологического факультета МГУ

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пахомова Александра Филипповича «Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного направления у мелких воробьиных птиц», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 — зоология

Диссертационное исследование А.Ф. Пахомова направлено на решение важнейшей задачи современной биологии – выявление механизмов ориентации и навигации животных. Несмотря на многолетнюю историю исследований, принципы работы магнитного компаса птиц до конца не изучены, нельзя считать доказанной и гипотезу о магнитной навигационной карте мигрирующих птиц.

Диссертация А.Ф. Пахомова существенно расширяет существующие представления о механизмах ориентации и навигации птиц. Диссертант доказал, что навигационная карта мигрирующих воробьиных птиц имеет магнитную компоненту, а для определения долготы дальние мигранты используют магнитное склонение. Удалось подтвердить и наличие у модельных видов магнитного компаса, основанного на бирадикальных реакциях. Рецензируемая работа полностью основана на оригинальных экспериментальных данных. Теоретическая и практическая значимость диссертации несомненна. Замечания к автореферату отсутствуют.

Диссертационная работа Пахомова Александра Филипповича «Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного направления у мелких воробьиных птиц» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком методическом уровне. По объему выполненных исследований, научному и методическому уровню, научной новизне и значимости полученных результатов диссертационное исследование удовлетворяет требованиям пп. 9, 10, 11, 13 и 14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 – зоология.

Доцент кафедры зоологии и экологии МПГУ,
кандидат биологических наук,

Д.А. Шитиков

Шитиков Дмитрий Александрович,
Кандидат биологических наук, доцент
129164, Москва, ул. Кибальчича, д.6. корп. 3
ФГБОУ ВО «Московский педагогический
государственный университет»
Доцент кафедры зоологии и экологии
Тел.: 8-903-110-6247, e-mail: da.shitikov@mpgu.edu

20.10.2016



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пахомова Александра Филипповича «Роль магнитного компаса и магнитной карты в определении миграционного направления у мелких воробьиных птиц», представляемой на соискание ученой степени кандидата биологических наук.

Проблема ориентации и навигации птиц при миграциях, хоминге, и вообще в полете, является в последние годы особенно актуальной. Среди различных способов ориентации особенно интригующим оказывается магнитная ориентация и навигация. Имеющие данные показывают существование чувствительности к изменению магнитного поля и других характеристик у птиц, однако многие из них противоречивы, результаты неодинаковы у разных видов. До сих пор не обнаружен рецепторный механизм магнитной ориентации. Предполагают, что птицы обладают двумя или тремя магниторецепторными системами, одна из которых основана на бирадикальных реакциях с участием цитохрома, локализована в фоторецепторах сетчатки и используется в качестве компасной системы. Другая связана с частицами оксидов железа и иннервируется глазничной ветвью тройничного нерва. Магниторецепторная система надклювья (глазничная ветвь V нерва) вероятно участвует в создании магнитной навигационной карты мигрирующих птиц. Третью систему пытаются связать с функцией лагены внутреннего уха.

Цель работы А.Ф. Пахомова – изучить роль магнитного поля в навигации и ориентации воробьиных птиц. Поставлен ряд хорошо продуманных и логичных экспериментов, проясняющих некоторые белые пятна в потоке исследований магнитной ориентации. Лабораторные эксперименты ориентации птиц при изменении магнитного поля, соответствующего перемещению птиц с Куршской косы в Звенигород, хорошо согласуются с результатами проведенных ранее опытов с реальным перемещением птиц на Звенигородскую биостанцию. В результате впервые убедительно экспериментально показано, что навигационная карта воробьиных мигрантов действительно имеет магнитную природу. Требуемые большого умения опыты с перерезкой глазничной ветви тройничного нерва подтверждают, что

афферентация этого нерва участвует и в функционировании магнитной навигационной карты воробьиных мигрантов. Следующая серия экспериментов проведена для подтверждения гипотезы об участии цитохрома или иных бирадикалов в нейронах (скорее всего фоторецепторах) сетчатки. Сама модель бирадикальных реакций практически не описана в автореферате, очевидно ввиду ее сложности и нехватки места для ее изложения. Однако в диссертации, где обзор литературы очень полон и хорош, и эта модель подробно изложена. Результат же этих экспериментов – подтверждение деструктивного влияния осциллирующих полей на способность птиц ориентироваться по магнитному полю, что характерно для магнитной чувствительности на основе бирадикальных реакций.

И, наконец, в работе рассмотрено взаимоотношение магнитного компаса с компасами звездным и солнечным (астрономическими) и его положение в иерархии компасных систем. Опыты по конфликту компасов показали, что магнитный компас у садовых славок занимает главенствующее положение в иерархии компасных систем, о чем говорит отсутствие настройки его работы по астрономическим ориентирам. Вывод на основании собственных данных и данных литературы – для многих европейских воробьиных мигрантов, в отличие от североамериканских, характерно доминирование магнитного компаса над астрономическими ориентирами.

Автореферат написан хорошим языком, однако чувствуется некоторая небрежность в его оформлении. Среди упомянутых видов только тростниковая камышевка удостоилась латинского наименования. Следует подчеркнуть, что в диссертации для всех упомянутых птиц приведено и русское название, и латынь. Правда, латинское название зарянки встречается не при первом упоминании, как следовало бы, а в Таблице 1. Автор в тексте автореферата злоупотребляет прилагательным «данный». Это полезное слово, но когда оно встречается дважды в одном предложении или в трех предложениях подряд, причем относится к самым разным понятиям, чтению это мешает. В тексте же диссертации слово «данный» используется уместно, сложные модели предполагаемых механизмов магнитной ориентации, поэтапные протоколы экспериментов описаны очень четко. Мелкие придирки никак не снижают ценности проделанной работы и самой диссертации. Диссертация А.Ф. Пахомова – фундаментальная работа,

представляющая собой большой и ценный этап в выяснении сложного механизма магнитной ориентации птиц.

Диссертационная работа Александра Филипповича Пахомова, безусловно, отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатской диссертации, и ее автор – Пахомов Александр Филиппович достоин присуждения ему искомой степени кандидата биологических наук.

Ведущий научный сотрудник
кафедры зоологии позвоночных
биологического факультета

Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова,
доктор биологических наук

Т.Б. Голубева

2 октября 2016 г.

119234, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.12

+79165431530

tbgolubeva@list.ru

