

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологических проблем Севера
Дальневосточного отделения Российской академии наук

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
Federal State Budgetary Institution of Science
Institute of Biological Problems of the North
Far East Branch of the Russian Academy of Sciences



Биологические проблемы Севера
Материалы международной научной конференции,
посвященной 300-летию Российской академии наук
(Магадан, 7–11 октября 2024 г.)

Biological Problems of the North
The materials of International Scientific Conference dedicated
to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences
(Magadan, October, 7–11, 2024)

Москва
Знание-М, 2024
Moscow
Znanie-M, 2024

УДК 574/577:57.04 (063)
ББК 28
Б 63

Ответственный редактор чл.-корр. РАН **О. А. Радченко**.
Редакционная коллегия: к. б. н. **Е. А. Андриянова**, к. б. н. **Г. И. Атрашкевич**,
к. б. н. **Н. А. Булахова**, к. б. н. **С. И. Грунин**, д. б. н. **Н. Е. Докучаев**, к. б. н. **А. В. Кондратьев**,
к. б. н. **П. С. Ктиоров**, к. б. н. **Е. В. Хаменкова**, к. б. н. **М. Г. Хорева**.

Утверждено Организационным комитетом конференции.
Публикуется при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Биологические проблемы Севера : Материалы международной научной конференции, посвященной 300-летию РАН (Магадан, 7–11 октября 2024 г.); [отв. ред. О. А. Радченко]. Москва : Знание-М, 2024. – 321 с.

ISBN 978-5-00187-838-4

Изданы материалы Международной научной конференции «Биологические проблемы Севера», посвященной 300-летию Российской академии наук и проведенной в Магадане в рамках Северо-Восточного научного Форума. Изложены результаты фундаментальных и прикладных исследований широкого круга биологических направлений с акцентом на арктические и субарктические территории: по функционированию экосистем Севера, состоянию популяций млекопитающих и птиц, миграции животных, динамике северных экосистем в меняющемся мире, экологии и физиологии организмов, паразитологии, биологическому разнообразию северной флоры и фауны.

Сборник будет интересен и полезен научным работникам, преподавателям, аспирантам, студентам биологических факультетов высших учебных заведений.

© ИБПС ДВО РАН, 2024
© Знание-М, 2024

Responsible editor: **O. A. Radchenko**, corresponding member of RAS.
Editorial board: Candidate of Biological Sciences **E. A. Andriyanova**, Candidate of Biological Sciences **G. I. Atrashkevich**, Candidate of Biological Sciences **N. A. Bulakhova**, Candidate of Biological Sciences **S. I. Grunin**, Doctor of Biological Sciences **N. E. Dokuchaev**, Candidate of Biological Sciences **A. V. Kondratyev**, Candidate of Biological Sciences **P. S. Ktitorov**, Candidate of Biological Sciences **E. V. Khamenkova**, Candidate of Biological Sciences **M. G. Khoreva**.

Approved for printing by Organizing Committee of the Conference.
Printing under financial support from Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

Biological problems of the North : The materials of International Scientific Conference dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences (Magadan, October 7–11, 2024); [resp. ed. O. A. Radchenko]. Moscow : Znanie-M, 2024. – 321 p.

The collected book includes materials from International Scientific Conference “Biological Problems of the North” dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and held in Magadan as a part of the North-Eastern Scientific Forum. The book presents the results of fundamental and applied research in a wide range of biological areas with an emphasis on Arctic and subarctic territories: the functioning of northern ecosystems, the state of mammal and bird populations, animal migrations, the dynamics of northern ecosystems in a changing world, the ecology and physiology of organisms, new parasitological studies, biological diversity of the northern flora and fauna.

The collected book will be of interest for researchers, teachers, graduate students, and students of biological faculties of higher educational institutions.

ISBN 978-5-00187-838-4

© IBPN FEB RAS, 2024
© Znanie-M, 2024

МЕХАНИЗМЫ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ – КОМПАСЫ И КАРТЫ

Н. С. Чернецов^{1, 2}

¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;
e-mail: nikita.chernetsov@gmail.com

ORIENTATION AND NAVIGATION MECHANISMS OF MIGRATING BIRDS: COMPASSES AND MAPS

N. S. Chernetsov^{1, 2}

¹Zoological Institute RAS, St. Petersburg

²St. Petersburg State University, St. Petersburg;
e-mail: nikita.chernetsov@gmail.com

The ability of many birds to perform long-distance migration is widely known. Besides, many birds are philopatric, i.e. they can return to their natal or former breeding site with great accuracy after migrating for many hundreds and thousands of kilometers. It necessitates the existence of the ability for true navigation in migrating birds, since the area to which they show fidelity is too small to be found by chance or by only crude mechanisms. In mid-20th century Gustav Kramer proposed the map and compass concept which postulates that a migrating bird (or any animal performing long-distance movements, for that matter) should have both a positioning system (a map) and a compass system. They are tightly linked but remain as two separate systems. Most students of avian navigation agree that migrating birds have three different compass systems: the Sun compass, the star compass and the magnetic compass. The mechanisms underlying the magnetic compass are most intriguing, still not fully understood, and, after all, they are the subject of many researches. Avian navigational maps seem to be based both on the geomagnetic field and on olfactory gradients. Olfactory maps of birds are the subject of many debates; with some good experimental evidence supporting their existence at least in homing pigeons and seabirds, but with some theoretical issues unresolved.

Способность птиц перелетать на большие расстояния широко известна. Также хорошо известно, что многие птицы после миграции на многие сотни и тысячи километров могут точно возвращаться в районы, где они родились или ранее размножались. Эта явление называется филопатрией [1]. Для его существования у птицы должна быть способность к точной истинной навигации, т. е. к определению положения цели перемещений; птица должна выбирать и поддерживать путь к ней без прямого сенсорного контакта с целью [2]. Иначе филопатрии не было бы, т. к. район, куда успешно возвращаются филопатричные птицы, намного меньше того, который можно найти с помощью грубых механизмов определения своего положения в пространстве.

В середине XX в. Густав Крамер сформулировал концепцию карты и компаса, согласно которой для осуществления навигации птицы (а вообще любые животные, совершающие дальние перемещения, т. е. выходящие за пределы своего обычного участка обитания) должны иметь, во-первых, карту, а во-вторых, компас [3]. Картой принято называть ментальную репрезентацию пространства в том масштабе, в каком животное должно перемещаться, а компасом – способность выбирать и поддерживать направление движения относительно сторон света. Карта нужна для животных, совершающих дальние перемещения, а компас – очень многим подвижным животным, в т. ч. и мигрирующим недалеко, для успешных перемещений в пределах индивидуального участка обитания. Таким образом, вопрос: «Как мигрирующие животные находят дорогу», признанный в 2005 г. журналом «Science» одним из 125 наиболее интересных нерешенных вопросов современного естествознания [4], распадается на два тесно связанных между собой, но отдельных вопроса: какова физическая и сенсорная природа карты и какова физическая и сенсорная природа компаса.

Исторически сложилось так, что компасные системы птиц изучены гораздо лучше, чем системы позиционирования (карты). В настоящее время существует консенсус, согласно которому у ми-

грирующих птиц есть три независимые компасные системы: солнечная, звездная и магнитная [2]. Первые две основаны на движении небесных тел и зрении (солнечная также на внутренних часах), а третья – на способности птиц к магнорецепции. Эта сенсорная модальность, отсутствующая у человека, была открыта около полувека назад [5] и вызывает сегодня большой интерес у биофизиков, сенсорных физиологов и нейробиологов. Вопрос, как информация от разных компасных систем интегрируется и приводит к выбору нужного компасного направления, является отдельной интересной научной проблемой.

Относительно природы системы позиционирования (навигационной карты) птиц согласия у исследователей гораздо меньше. По-видимому, одна из таких систем – геомагнитная, основанная на градиентах геомагнитного поля. В настоящее время считается, что работу магнитной карты обеспечивает отдельный рецептор, не имеющий отношения к тому магнитному рецептору, который обеспечивает работу магнитного компаса [2]. Если это так, то возникает вопрос: как и почему в эволюции у птиц образовались две совершенно разные системы для восприятия одного физического стимула (магнитного поля). Кроме того, отмечу, что даже теоретически, в идеальном случае, использование одних лишь параметров магнитного поля Земли не может обеспечить ту точность навигации, которая известна у птиц по данным кольцевания [6]. Это делает необходимым наличие иной системы навигации на меньшем пространственном масштабе. Некоторые авторы предполагают, что такой системой может быть ольфакторная, использующая постоянные градиенты запахов. Вопрос о существовании запаховой карты у птиц – предмет оживленных (а временами ожесточенных) дискуссий. С одной стороны, есть убедительные экспериментальные данные в пользу присутствия запаховой карты, по крайней мере для почтовых голубей и морских птиц, а с другой – ряд теоретических проблем (в первую очередь сама возможность существования градиентов пахучих веществ в атмосфере, стабильных как в пространстве, так и во времени) остаются нерешенными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов Л. В. Филопатрия и дисперсия птиц. Л. : ЗИН АН СССР, 1991. 233 с. (Тр. ЗИН АН СССР; Т. 230).
2. Чернецов Н. С. Ориентация и навигация мигрирующих птиц // Зоол. журн. 2016. Т. 95, № 2. С. 128–146.
3. Kramer G. Experiments in bird orientation and their interpretation // Ibis. 1957. Vol. 99, No. 2. P. 196–227.
4. Kennedy D., Norman C. What don't we know? // Science. 2005. Vol. 309, No. 5731. P. 75.
5. Wiltschko W., Wiltschko R. Magnetic compass of European Robins // Science. 1972. Vol. 176, No. 4030. P. 62–64.
6. Komolkin A. V. et al. Theoretically possible spatial accuracy of geomagnetic maps used by migrating animals // Journ. of the Royal Soc. Interface. 2017. Vol. 14, No. 128. P. 1–9.