О ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВАХ НАВИГАЦИИ ПТИЦ

Несколько лет назад в нашем журнале были описаны опыты [1], которые, казалось, выявили физические основы способности птиц, в частности почтовых голубей, находить дорогу домой. Выводы, к которым пришёл Ягли — автор прореферированной тогда работы, сводились к следующему. Птицы обладают способностью определять величину силы Кориолиса и электродвижущей силы, индуцируемой в их теле при движении в магнитном поле Земли. Данные значения этих величин соответствуют только двум точкам на каждом из полушарий. Птица, попав в необычные для неё условия, направляет свой полёт в ту сторону, куда названные величины меняются таким образом, что приближаются к привычным для птицы значениям, соответствующим местоположению её дома, что и позволяет птице достигнуть дома без излишних блужданий. Это заключение, казалось, подтверждалось опытами, свидетельствовавшими о потере голубями ориентировки, если к их крыльям приклеплялись небольшие магниты, а также о том, что в некоторых условиях голуби направляют свой полёт не домой, а в другую, сопряжённую дому точку, где значения обеих названных величин такие же, как и дома.

Работа Ягли привлекла серьёзное внимание к проблеме навигации птиц, и за истекшие годы появилось свыше полусотни исследований, посвящённых этому вопросу. Результатом этих работ явилось безусловное опровержение приведённой выше точки зрения, а также открытие ряда новых фактов, позволяющих, повидимому, наметить общие контуры правильного решения вопроса. Краткому изложению этих результатов и посвящена настоящая заметка.

1. Могут ли птицы ощущать силы, обусловленные вращением Земли? Для ответа на поставленный здесь вопрос необходимо выяснить: 1) достаточна ли чувствительность сенсорных механизмов, имеющихся в теле птицы, для обнаружения этих сил и 2) возможно ли выделение физиологических эффектов, вызываемых этими силами, на фоне аналогичных эффектов, обусловленных иными причинами.

Количественная оценка [2,3] привела в обоих случаях к отрицательному ответу. В самом деле, влияние вращения Земли на летящую птицу сводится, в сущности, к изменению величины и направления ускорения силы тяжести. Изменение это равно $2v\,\Omega\cos\varphi$ где v — широтная компонента скорости птицы, Ω — угловая скорость вращения Земли и φ — широта, на которой летит птица. С точки зрения воздействия на птицу это может привести к эффектам троякого рода. Во-первых, к непосредственному ощущению изменения силы тяжести (на несколько сотых процента) при изменении направления полёта. Для этого птица должна была бы обладать сенсорным механизмом, чувствительность которого в сотню раз превышала бы чувствительность аналогичных механизмов человека. Кроме того, этот эффект в сильной степени маскировался бы значительно более резкими изменениями силы тяжести с высотой и плотностью атмосферы, в частности изменениями, обусловленными неоднородностями плотности атмосферы (воздушные «ямы», турбулентность и т. п.).

Во-вторых, сила Кориолиса должна вызывать искривление траектории полёта птицы на несколько угловых секунд в секунду. Непосредственное определение птицей такого искривления траектории представляется совершенно невозможным. Что же касается физиологического ощущения поворота, то для его восприятия потребовалась бы чувствительность соответствующего сенсорного аппарата птицы, в 1000 раз бо́льшая, чем у человека (примерно 1° в сек.). Кроме того, условия движения птицы в турбулентном воздухе связаны с флуктуациями направления полёта, значительно повышающими эту величину.

В-третьих, сила Кориолиса может вызывать изменения давления крови на стенки сосудов. Но и этот эффект столь слаб и столь сильно маскируется изменениями давления, обусловленными, например, биениями сердца, что не может служить для обнаружения вращения Земли.

2. Могут ли птицы ощущать индукционные токи, возникающие при движении в магнитном поле Земли? Ответ на этот вопрос также оказывается отрицательным[2, 3, 4].

Напряжённость электрического поля, индуцируемая в теле птицы при обычных скоростях её полёта, должна составлять величину, близкую к 10^{-5} *в/см*. Для оценки возможности ощущения такого электрического поля эту величину достаточно сопоставить с градиентом потенциала на границе нервной клетки ~ 100 *в/см*. Кроме того, электростатический заряд, образующийся на теле птицы во время её полёта, должен создавать электрическое поле, существенно превышающее названную величину. В этой связи отметим два обстоятельства.

Прежде всего, утверждения Ягли[1], что птицы теряют способность к ориентации, если к их крыльям прикреплены магниты, и что в соответствующих условиях они направляются не домой, а в сопряжённую с домом точку, опровергаются последующими опытами[5], в том числе самого Ягли[6]. Далее, лабораторные опыты по воздействию на птицу э. д. с., индуцированной при её движении в поле магнита, дали отрицательные результаты[3]. Добавим, что ряд авторов отмечает воздействие на птиц радиоволн, но только в том случае, когда они обладают большой мощностью (вблизи антенн передающих станций).

Таким образом, физические предпосылки, лежавшие в основе теории Ягли, оказались ошибочными и сама теория несостоятельной. Каковы же действительные основы навигации птиц?

3. Ориентируются ли птицы по Солнцу? Мы не станем останавливаться на совершенно антинаучных попытках некоторых авторов связать способность птиц к ориентации с несуществующей особенностью строения их глаз, якобы позволяющей им видеть собственное излучение окружающих предметов.

Иной характер носит вопрос о способности птиц ориентироваться по Солнцу. (Известно, что такой способностью обладают, например, пчёлы.) Специальные исследования, поставленные с этой целью[7], не дают пока материала для окончательного суждения. Однако некоторые результаты представляют несомненный интерес.

Опытами установлено, что птицы обладают способностью фиксировать суточное движение Солнца. Так, в закрытом помещении с лампочкой, имитирующей Солнце, совершающее суточное движение, птицы отчётливо различают «азимуты» (птица, привыкшая получать корм на «западной» стороне помещения, ищет его вновь «на западе», независимо от положения «солнца»). Эта способность сохраняется (так же как и у человека) и в случае, когда небо закрыто не слишком густыми тучами. (Свойственной пчёлам способности различать поляризацию света у птиц, повидимому, не обнаружено.)

4. Визуальная ориентация. Повидимому, основным в навигации птиц, так же как и у млекопитающих, является визуальная ориентация в знакомой местности. Специальные опыты[3] показали, что птицы хорошо запоминают местность. Ряд же опытов[3], проводившихся путём завоза птиц в незнакомую им местность и прослеживания их полёта при помощи самолётов, привёл к заключению, что, попав в незнакомые условия, птицы начинают более или менее систематизированные поиски пути к дому. При этом, встречаясь с похожими на знакомые им особенностями местности, они «путают» и настойчиво ищут свой дом, пока не убеждаются в ошибке, после чего вновь начинают систематические поиски пути к знакомым местам.

Однако наряду с визуальной ориентацией встречается и ориентация иного типа, когда, попав в незнакомую местность, птица сразу выбирает определённое направление полёта. Возможно, что существенную роль играет при этом ориентация по Солнцу[3].

Таким образом, вопрос о навигации птиц по существу не отличается от вопроса о навигации животных и насекомых и спекулятивные построения типа теории Ягли, исходящие из каких-то специфических «физических основ» и якобы специально развитого сенсорного аппарата, не имеют под собой почвы.

Р.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. H. L. Yeagley, J. Appl. Phys. **18**, 1035 (1947); реферат УФН **35**, 120 (1948).
2. G. Ising, Ark. Mat. Astr. Fys. **32 A**, № 18 (1946); H. Thorpe a. D. H. Wilkinson, Nature **158**, 903 (1946); H. de Vries, Experietia **4**, 205 (1948).
3. D. R. Griffin, Biolog. Rev. **27**, 359 (1952).
4. D. R. Griffin, Quart. Rev. Biol. **19**, 15 (1944); G. Kramer, Ornitol. Ber. **1**, 228 (1948); J. Slepian, J. Appl. Phys. **19**, 306 (1948); L. Davis, J. Appl. Phys. **19**, 307 (1948); R. H. Varian, J. Appl. Phys. **19**, 306 (1948); G. H. Henderson, Science **107**, 597 (1948).
5. D. A. Gordon, Science 108, 710 (1948); G. V. T. Matthews, J. Inst. Navig. **4**, 260 (1951); J. Exp. Biol. **28**, 508 (1951); W. Van Riper, E. R. Kalmbach, Science **115**, 577 (1952).
6. H. L. Yeagley, J. Appl. Phys. **22**, 746 (1951).
7. D. R. Griffin, Biol. Rev. **27**, 391 (1952).