

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАВИГАЦИИ ПТИЦ

В недавно опубликованной работе Ягли *) на редкость убедительно показано, что исключительная способность почтового голубя возвращаться домой из очень отдалённых пунктов и по совершенно незнакомой дороге имеет физическое объяснение. До сих пор это обстоятельство, а также способность многих птиц возвращаться домой после зимовки в южных странах, «объяснялось» инстинктом. Как справедливо замечает автор работы, сказать так, это всё равно, что сказать «я не знаю».

Следующие опытные факты должны быть положены в основу физического объяснения явления. 1. Голубь, выпущенный из незнакомого места, прежде чем направить свой полёт по прямой линии, описывает несколько широких кругов. 2. Почтовые голуби не могут лететь в густом тумане и в полной темноте. 3. При наличии ветра со скоростью более 35 миль в час почтовые голуби теряют способность к навигации. 4. Тренировка голубей заключается в том, что в течение 6—8 недель их выпускают последовательно на расстоянии 1, 2, 4, 8, 16 и 32 мили от дома. После этого они приобретают способность к навигации с расстояния в 100, а через несколько недель в 200 и более миль. Годовалые опытные птицы могут преодолеть расстояние в 400—600 миль. 5. Голуби теряют способность к ориентировке, если их выпустить вблизи сильных радиопередаточных устройств.

Для объяснения всех этих фактов автор выдвигает следующую гипотезу. Способность почтовых голубей к навигации определяется тремя основными факторами: 1. Чувствительностью к магнитному полю земли. 2. Чувствительностью к силам инерции, происходящим от вращения Земли и действующим на массы, движущиеся вдоль поверхности Земли. 3. Зрительной чувствительностью к своей скорости по отношению к земной поверхности.

Первый и третий факторы позволяют птице определить свою магнитную широту, второй и третий факторы позволяют определить географическую широту. В результате этого голубь способен определить местонахождение своего дома, как точку пересечения характеристических линий вертикального магнитного поля Земли и широты. С этой точки зрения секрет навигации заключается в смещении магнитных полюсов Земли от полюсов вращения, так как именно это обстоятельство заставляет линии магнитного поля пересекаться с широтными под углом.

Одним из первых фактов, заставивших выдвинуть указанную гипотезу, явилось наблюдение о полной неудаче в тренировке почтовых голубей вблизи города Индианополиса (США). Было обращено внимание, что именно в этом районе эквипотенциальная линия вертикальной составляющей магнитного поля идёт почти параллельно с географической широтой. Таким образом, в этом месте «физическая характеристика» дома отсутствует, так как одинаковые значения магнитного поля и кориолисовой силы имеют место не в данной точке, а вдоль большого отрезка линии.

*) H. L. Yeagley, J. Appl. Phys., 18, 1035, 1947 (декабрь).

Автор не ставил перед собой задачу показать или исследовать, в чём заключается механизм действия магнитного поля и сил инерции на летящую птицу. Его задача заключалась лишь в том, чтобы опытным путём доказать справедливость выдвинутых гипотез. Поэтому автор описывает навигацию птиц следующим образом. При помощи некоторого органа или органов птицы ощущает эффект движения в вертикальном магнитном поле Земли. Этот эффект зависит от скорости полёта, однако при данной скорости полёта этот эффект будет различным в зависимости от близости к магнитному полюсу Земли. Выпущенный вдали от своего дома голубь направляет свой полёт к тому месту, где магнитный эффект имеет привычное для него значение. Очевидно, что один лишь магнитный эффект позволяет птице найти лишь одну координату своего дома. Поэтому нужно допустить, что при помощи некоторых органов или органа голубь чувствует силу Кориолиса. Этот эффект также зависит от скорости полёта и при данной скорости будет одинаков для данной географической широты. Выпущенная вдали от своего дома птица «чувствует» также непривычный для неё эффект силы инерции и направляет свой полёт в сторону привычной географической широты.

Приводимые в работе сетки кривых показывают, что в общем случае магнитная широта и географическая пересекаются лишь в двух «сопряжённых» точках. Большей частью сопряжённые точки находятся весьма далеко друг от друга. Таким образом, обычно в районе многих сотен миль от дома направленность полёта будет однозначной. Иначе должно обстоять дело, если птица будет выпущена не вблизи своего дома, а вблизи сопряжённой точки, обладающей теми же характеристическими признаками, что и дом. В этом случае голубь должен так же уверенно направиться к совершенно незнакомому месту, как и к своему дому. В районе города Керней (США) находится сопряжённая точка города Пенсильвании. Одним из наиболее убедительных доказательств справедливости предложенных гипотез явилось именно такое испытание, проведённое вблизи этих городов, которое мы опишем ниже.

Первый опыт, поставленный для испытания теории, заключался в проверке первой части гипотезы — магнитного эффекта. Теория предполагает, что влияние магнитного поля проявляется как индукционный эффект (корреляция со скоростью полёта!). Нетрудно прикинуть порядок величины этого эффекта. При скорости полёта 18 м/сек и напряжённости вертикальной составляющей поля, равной 0,6 эрст, э. д. с. индукции равна 10 микровольтам. Однако существенна не эта величина, а её изменение при полёте. В разных местах земного шара поле изменяется по-разному. В той области, где проводились эксперименты, это изменение равно 0,007 эрст на градус. Отсюда вычисляется, что изменение э. д. с. индукции на 1 градус (70 миль полёта) должно составлять 0,13 микровольта.

Опыт для проверки возможности чувствительности птицы к такому малому эффекту был поставлен следующим образом. К крыльям птицы подвязывались постоянные магниты. Их магнитный поток и расстояние между ними подбирались так, чтобы индукционный эффект, возникающий при движении крыльями, имел тот же порядок величины. При горизонтальном расположении крыльев эти два магнита давали в средней между ними точке поле, равное 0,17 эрст (что, кстати, равно величине горизонтальной составляющей магнитного поля). Считая, что голубь делает 180 взмахов крыльями в минуту, и оценивая амплитуду размаха в одну восьмую фута, получаем значение э. д. с., равное 0,12 микровольта, причём ток так же, как и возникающий из-за движения птицы, будет направлен перпендикулярно линии полёта. Очевидно, что при справедливости высказанной выше точки зрения возникающий при работе крыльями переменный индукционный эффект (от плюс 0,12 до минус 0,12 микровольта), имеющий тот же порядок величины, что и ориентирующий эффект, должен сделать навигацию невозможной.

Высказанные предположения были подтверждены сравнением поведения голубей, выпущенных на некотором расстоянии от дома: первой партии — у которых под крыльями были подвязаны магниты, и второй партии — у которых

под крыльями были подвязаны медные пластинки того же веса (для создания равенства условий). Опыт показал, что все птицы первой партии не вернулись домой, а все птицы второй партии вернулись домой в первые же два дня после вылета (это считается нормальным). Лишь одна птица, под крыльями которой были подвязаны магниты, вернулась домой, но и то на четвёртый день, — следовательно, после долгих поисков. Весьма интересными были также наблюдения над направлением полёта только что выпущенных птиц. Ни у одной из птиц, находящихся в нормальных условиях, линия первоначального полёта не отклонялась от линии дома более чем на 50 градусов. Среди птиц, снабжённых магнитами, меньше половины полетели в направлениях, отличающихся от правильного на 45—90 градусов, а большая половина полетела в сторону, противоположную дому.

В продолжение трёх лет под руководством автора были проведены опыты по проверке его гипотез в отношении существования «сопряжённых» точек. Во всех этих опытах (автором учтены данные в примерно 500 полётах птиц) исследовалась чувствительность голубя к сетке кривых магнитное поле — поле сил Кориолиса. Эксперименты могут быть разбиты на две группы. В первой серии экспериментов птицы, тренированные по отношению к некоторому дому, привозились в место, близкое к сопряжённой точке этого дома, и определялись результаты полёта птиц в этих условиях. Во второй серии экспериментов результат полёта птиц исследовался вблизи некоторой области, в которой линия постоянного вертикального магнитного поля совпадает с широтной линией. В этом случае, очевидно, птицы должны потерять ориентировку, так как влияющие на птицу поля не определяют однозначно точку пространства. Надо иметь в виду, что ряд случайностей искажает результат опытов. Естественно предположить, что ряд голубей, прилетающих к сопряжённой точке, не узнают своего дома и улетают в произвольном направлении. Надо подчеркнуть, что тренировка голубей происходила в лесистой местности (настоящий дом), а полёты к сопряжённой точке происходили в гористой местности совершенно иного ландшафта. Несмотря на все эти обстоятельства, результаты опытов следует признать очень убедительными.

Обработка данных опыта производится следующим образом: полёт каждой птицы характеризуется вектором определённой длины и направления (вектор соединяет точку вылета с местом окончания полёта). Для каждой серии опытов определяется суммарный вектор, направление и длина которого (делённая на число полётов, входящих в сумму) рассматриваются как основная характеристика опыта. Исследования этого типа показали, что в разных сериях опытов суммарный вектор полёта лишь на несколько градусов отклоняется от нужного направления, т. е. от направления, ведущего к сопряжённой точке. Для очень хорошо тренированных птиц одна серия опытов дала отклонение суммарного вектора на величину, меньшую одного градуса.

Автор полагает, что выдвинутые гипотезы можно считать подтверждёнными этими опытами. Очевидно, что биологам следует поискать других явлений, в которых движение в магнитном поле Земли, а также кориолисово ускорение оказывают влияние на нервную систему.