

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 «сопряженных» точек. Во всех этих опытах (автором учтены данные в примерно 500 полётах птиц) исследовалась чувствительность голубя к сетке кривых магнитное поле — поле сил Корниолиса. 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 корниолисово ускорение оказывают влияние на нервную систему.

А. К.

РЕЛАКСАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ СЛУХА

В общепринятой сейчас теории слуха орган Корги и основная мембрана, расположенные во внутреннем ухе, рассматриваются как система упругих резонаторов — нечто вроде рояля, роль струн которого исполняют поперечные волокна, раздражающие при своих колебаниях окончания слухового нерва.

В недавней работе¹ Я. И. Френкель указывает на неприемлемость этой теории с чисто физической точки зрения. Он считает, что упругие посто-

янные нервной и мышечной тканей слишком малы для того, чтобы обеспечить частоты собственных колебаний волокон, сравнимые со звуковыми. Это не позволяет говорить об обычном резонансе. Взамен автор предлагает новый механизм восприятия звука, основывающийся на „квазирезонансном“ характере поглощения энергии системой, испытывающей пропорциональную скорости силу трения (такая сила трения возникает, например, при погружении системы в вязкую жидкость, вроде той, что наполняет внутреннее ухо). Как известно, такую систему можно характеризовать так называемым временем релаксации τ (это есть время, необходимое для возвращения системы в нормальное состояние после устранения внешних сил). Временная зависимость эффекта, производимого в такой системе внешней силой вида $\text{Re}\{F_0 e^{i\omega t}\}$, дается выражением

$$\text{Re}\left\{AF_0 \frac{e^{i\omega t}}{1 + i\omega\tau}\right\} \quad (1)$$

(F_0 и A — вещественные константы). Соответственно, работа силы в единицу времени пропорциональна

$$(AF_0)^2 \frac{\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2}.$$

Эт выражение имеет максимум при $\omega = \frac{1}{\tau}$, т. е. поглощение энергии носит резонансный характер. Заметим, что упругими свойствами системы здесь полностью пренебрегается.

Автор считает, что биологическая ткань является именно такой системой. Это подтверждается, что его мысля, свойствами других органических веществ. Например, у резины $\tau \approx 10^{-7}$ сек, а собственная частота колебаний всего около $1/50$ сек $^{-1}$. Таким образом, предполагается, что поперечные волокна основной мембраны (автор пишет вместо них об окончаниях слухового нерва — это явная оговорка) отличаются не частотами собственных колебаний (которые все очень малы и могут быть приравнены нулю), а значениями времени релаксации (последние меняются в пределах, примерно, от $1/50$ сек до 10^{-4} сек). Возможно, замечает автор, что это связано с различной длиной нервных волокон. В силу указанных выше „квазирезонансных“ свойств такой системы звуковые волны данной частоты поглощаются, в основном, только одной небольшой группой волокон. Автор замечает, далее, что в отличие от резонансной теории новый механизм дает довольно широкие максимумы поглощения. При этом уменьшение эффекта с отклонением частоты от $1/\tau$ определяется отношением $\frac{|\omega - (1/\tau)|}{1/\tau}$, а не разностью $|\omega - \omega_0|$ (ω_0 — собственная частота волокна), как раньше. Следовательно, определенному тональному интервалу соответствует постоянное отношение $\frac{\Delta\omega}{\omega} = \Delta \ln \omega$ и, таким образом, с экспоненциальным изменением частоты возбуждающих колебаний равномерно изменяется воспринимаемый тон. Это — хорошо известный опытный факт (см. 2).

Новая теория Я. И. Френкеля безусловно заслуживает внимания и дальнейшей разработки.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Я. И. Френкель, ДАН, новая серия № 4 (1943).
2. С. Н. Ржевский, Слух и речь в свете современных исследований, 2-е изд., ОНТИ, 1936.

В. Авербах