

Ю. М. ЗАЛЕССКИЙ

НЕКОТОРЫЕ ОПЫТЫ И НАБЛЮДЕНИЯ НАД ПОЛЕТОМ НАСЕКОМЫХ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 11 III 1949)

При изучении строения крыльев насекомых (¹), естественно, приходится интересоваться также вопросами их функции. С лета 1944 г. каждый год я производил под Москвой опыты и наблюдения над полетом насекомых. Некоторые из наблюдавшихся интересных фактов приводятся в этом сообщении.

При отрезании хирургическими ножницами частей обоих передних крыльев у самцов обыкновенной огневки *Psophus stridulus* L. обнаружилось, что удаление половины или даже не очень значительной дистальной части крыла ведет к расстройству полета и иногда полной его невозможности. При сохранении переднего края и главных жилок отрезание больших площадей крыла приводит к меньшим расстройствам полета, чем отрезание таких же площадей крыла с нарушением переднего края и главных жилок. Поэтому отрезание самой вершины крыла, или по косому направлению («диагонали») от задней части основания крыла к передней вершинной части, меньше отражается на полете, чем удаление меньшей по размерам части по линии, перпендикулярной переднему краю. Наряду с этим, при удалении не только части, но и всего анального поля заднего крыла полет происходит без особого затруднения с обычным треском, характерным для этих насекомых. Пуская одновременно контрольных особей с неповрежденными крыльями, удалось подметить только некоторое расстройство в ориентации полета и его большую тяжеловесность.

Удаление анального поля производилось также у голубой кобылки *Sphingonotus coeruleus* L. и кузнечика *Decticus verrucivorus* L. Эти насекомые после операции удалялись обычно скачками так же, как взлетающие для контроля неоперированные особи, редко прибегая самостоятельно к полету. Однако во всех случаях, когда насекомые все же прибегали после операции к полету, чаще будучи внезапно вспугнутыми, он осуществлялся внешне нормально, иногда лишь с незначительными отклонениями в смысле легкости поворотов и дальности полета.

Эти факты показывают нам важность для полета у *Orthoptera-Saltatoria* целостности переднего крыла и второстепенную роль анальной области задних крыльев, несмотря на сильное развитие ее у этих насекомых. Анальный веер, очевидно, имеет вспомогательное значение как парашютирующая область, имеющая какое-то значение в ориентировке и управлении полетом.

Были также произведены ампутации анальной части по границе кубитальной жилки, а иногда и с захватом последней, у ряда других насекомых: у мух — *Tabanus*, *Pyrellia*, *Musca*, у комара *Tipula*, у бронзовок *Cetonia*, у златоглазки *Chrysopa perla* L. У всех у них удаление

анальной части крыла не приводило к заметным на глаз расстройствам в полете, даже в отношении управления полетом, которое у этих насекомых (кроме златоглазки) должно быть принципиально отлично (2).

У стрекоз удаление анальной части задних крыльев также не приводит к каким-либо заметным расстройствам полета. Даже при полном удалении задних крыльев стрекозы летят, хотя скорость полета снижается. Операции производились над *Aeschna cyanea* Müll., *A. grandis* L., *Leucorrhinia* sp., *Sympetrum scoticum* Don., *Lestes* sp. и *Agrion* sp. После удаления задних крыльев все эти стрекозы летали на одних передних крыльях. Удаление передних крыльев приводило к расстройству полета — при попытке лететь оперированное насекомое перевертывалось через голову и падало на спину, очевидно, от перемещения центра тяжести, так как в случаях с короткобрюхими видами: *Sympetrum scoticum* Don. и *S. flaveolum* L. полет совершался и на одних задних крыльях. При отрезании одного переднего крыла и одного заднего противоположной стороны полет также возможен, хотя очень затруднен.

У тех же стрекоз выстригались верхушечные участки всех четырех крыльев с птеростигмой. После этого обычный полет сменялся несколько замедленным, как бы порхающим, с редкими взмахами крыльев. Можно было предположить, что тут имеет значение нарушение переднего края крыла в верхушечной части. Однако при исключении только птеростигмы путем их разрушения препаровальной иглой, при сохранении всех главных и всех близлежащих поперечных жилок, результат получался тот же. Являлась мысль, что птеростигмы стрекоз могут иметь какое-то значение органов, регулирующих полет, и, возможно, связаны с нервной системой. Однако описываемые ниже опыты исключают это предположение.

Крыло обрезалось так, что сохранялась основная часть крыла, на эту крыловую культю наклеивалось крыло другой стрекозы, обрезанное проксимальнее линии отреза культы, так что обрезанная часть приклеиваемого крыла строго совпадала с дистальной частью культы и при наложении одно на другое они довольно хорошо совмещались и прочно склеивались. Замена собственных крыльев чужими, при сохранении хотя бы одного своего крыла, мало отражается на полете и если иногда полет становится замедленным и тяжелым, то это объясняется, очевидно, утяжелением крыльев за счет веса клея и удвоенных участков крыла, наложенных друг на друга в месте склейки. При замене всех четырех крыльев чужими крыльями у крупных форм рода *Aeschna* не всегда можно добиться, чтобы насекомое летело, а если оно и летит, то значительно хуже, на короткое расстояние, тогда как более мелкие формы родов: *Leucorrhinia*, *Sympetrum*, *Lestes* и др. летают так хорошо, что поймать их вновь сачком так же трудно, как и неоперированных насекомых.

При разрушении птеростигмы иглой обнаруживается иногда внутри нее довольно много жидкости, иногда же она представляется вполне сухой и сухой. У одного и того же вида стрекоз эффект опыта ярче и резче выражен у форм с сухой птеростигмой, нежели с влажной. Возможно, что птеростигма является механическим приспособлением, как-то стабилизирующим вершину крыла в полете и позволяющим производить более частые и правильные вибрации крыла.

Иногда надкрыльям жуков приписывается участие в полете как планирующих плоскостей. С другой стороны, можно допустить, что за надкрыльями сохранилась чисто защитная функция.

А. А. Махотин любезно поделился со мною своими опытами над бронзовками (*Cetonia*), произведенными им в 1930 г., сущность которых я здесь, с его разрешения, изложу. При отрезании надкрыльев у *Cetonia* при помощи ножниц, когда на месте отреза выступали капель-

ки кровяной жидкости (гемолимфы), жуки утрачивали способность к полету. Когда же применялись вместо ножниц хирургические щипцы Люэра, которые пережимали надкрылье, закрывая просвет в месте обреза и не давая вытекать гемолимфе, то жуки нормально взлетали.

Эти опыты были мною повторены в массовом количестве над золотой бронзовкой (*Cetonia aurata* L.). Интересно, что при удалении надкрылья крыло расправляется и больше уже не складывается, навсегда теряя способность к этому*. В чем причина этого явления, установить не удалось. Жуки или сначала чистятся и немного «приходят в себя» после операции и иногда при этом бегают, или же сразу после операции прекрасно летят на большое расстояние. Обычно бронзовка, отпущенная на свободу, спасается бегством; тут же она взлетает, очевидно, чувствуя отсутствие надкрыльев, которое вызывает автоматическое расправление крыльев, хотя они и остаются в покое вытянутыми вдоль спины. Таким образом, обрезание надкрыльев стимулирует полет. Жуки не летали только в том случае, если при операции сильно повреждалось место прикрепления надкрылья и выступала капелька гемолимфы. Наблюдения А. А. Махотина, что истечение гемолимфы может привести к утрате способности к полету, верны, однако у меня при применении ножниц получались те же результаты, что и с щипцами Люэра. Если капелька выступившей гемолимфы невелика и быстро покрывается от высыхания более или менее плотной пеночкой, то жук вскоре улетает, и это небольшое ранение на нем не сказывается. Однако обильное истечение гемолимфы и зачастую невозможность образования плотной пленки-пеночки при этом ведет к полной утрате способности к полету. Очевидно, здесь играет роль количество истекшей гемолимфы, и возможно, что в опытах А. А. Махотина применявшиеся им ножницы причиняли большее кровотечение и исключали возможность образования защитной пленочки.

Намеренное повреждение тела жука с целью вызвать сильное истечение гемолимфы ведет также к утрате способности к полету. Все это показывает, что, очевидно, тут имеет значение поддержание определенного давления гемолимфы, которое является необходимым условием для полета и в первую очередь, возможно, для работы мышц, связанных с вибрацией крыла.

Такие же эксперименты в массовом количестве были проделаны над жуком *Leptura livida* L. (сем. *Cerambycidae*). Все жуки, за исключением только нескольких, сильно израненных при операции, прекрасно летали. Крыло и у них расправлялось при удалении надкрылья. Из сем. *Elateridae* надкрылья удалялись у шелкоуна *Prosternon tessellatum* L., который также летит без надкрыльев. Из того же сем. *Cerambycidae* эксперименты производились над жуком *Spondyliis buprestoides* L. (спондил короткоусый), из сем. *Scarabaeidae* — над *Phyllopertha horticola* L. (кузья садовый), *Melolontha hippocastani* F. (майский жук) и двумя навозниками — *Geotrupes stercorarius* L. и *G. stercorosus* Scr. У всех этих жуков удаление надкрыльев вызывало неизменное автоматическое расправление крыла и невозможность его сложить, явное возбуждение и беспокойство (жуки усиленно чистятся лапками и бегают), и полную утрату способности к полету. В отдельных случаях только майский жук пролетал несколько метров.

Чтобы избежать больших раневых повреждений, у этих жуков надкрылья обрезались не у самого основания, а так, чтобы оставались небольшие «культи». Жуки, часто приподнимая культи, вытягивали крылья в стороны, по бокам и, вибрируя ими, пробовали лететь, но получалось иногда только то, что жук кувыркался через голову.

* Как сообщил мне А. А. Махотин (3), это наблюдалось также и им.

Иначе выглядят опыты с водными жуками — поводнем серым (*Graphoderes cinereus* L. сем. *Dytiscidae*) и малым черным водолюбом (*Hydrophilus caraboides* L. сем. *Hydrophilidae*). Крылья у них при отрезании надкрыльев не расправляются, а, будучи искусственно расправлены у поводня, снова складываются, а у водолюба остаются расправленными. Водолюб вовсе не делает попыток лететь, тогда как серый поводень первое время после ампутации надкрыльев беспокойно бегаёт, чистит лапки, а затем делает попытки лететь. Он быстро вибрирует не вполне расправленными крыльями (концы их подогнуты), сидя на одном месте, иногда приподымает культи надкрыльев и тогда крылья полностью расправляются и он, вибрируя ими, издает легкое жужжание, напоминающее шум пропеллера. Наконец, он, вибрируя крыльями, делает прыжки и после каждого прыжка пролетает некоторое расстояние, от 50 до 150 сантиметров, но затем неизменно падает. Подброшенный в воздух, он падает, тогда как подброшенные жуки *Cetonia* и *Leptura*, лишённые надкрыльев, чаще всего тотчас же летят.

Очевидно, целый ряд жуков, представителей различных семейств, может летать без надкрыльев. Это наблюдается там, где надкрылья в естественном состоянии не служат для полета, так как складываются во время полета на спине (группа *Cetoniini*), или там, где они хотя и не складываются, но, очевидно, не выполняют никакой летательной функции (группа *Lepturini*, где надкрылья в полете приподняты вверх в виде буквы V), и вообще там, где проявляется естественная тенденция к приобретению способности летать, не пользуясь для этого надкрыльями, как, например, у *Cerambycidae*, что и сказывается в наличии среди них коротконадкрылых форм (роды *Necydalis* и *Malorchus*).

В пределах тех же семейств, где имеются жуки, летящие после удаления надкрыльев, мы встречаем и жуков, не летящих без них: для *Scarabaeidae*, в наших опытах, это будут *Cetonia*, с одной стороны, и *Geotrupes* и *Phyllopertha horticola* L., с другой, а для *Cerambycidae* — *Leptura*, с одной, и *Spondylilis biprestoides* L., с другой. Возможно, что роль надкрыльев в полете жуков сводится не только к планированию, но также к действию на них аэродинамических сил и вихревых потоков, создающихся во время полета.

Стимулирующее действие удаления надкрыльев и попытки к полету в виде вибрирования крыльев обнаружались и у клопов краевиков *Mesocerus marginatus* L., но последние не взлетают, так как задние крылья у них очень малы.

Поступило
1 III 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. М. Залесский, Зоол. журн., 22, в. 3 (1943). ² F. Stellwaag, Biolog. Zbl., 36, № 1, 30 (1916). ³ А. А. Махотин, Сб. памяти акад. А. Н. Северцева, II, ч. 1, 1940.