



Фото Андрея Лисинского

ГРОЗИТ ЛИ НАСЕКОМЫМ ВЫМИРАНИЕ?

Кандидат биологических наук
Александр ХРАМОВ,
Палеонтологический институт
им. А. А. Борисяка РАН.

Обычно на поиски древних насекомых из Москвы мы отправляемся на самолёте, чтобы не терять драгоценные дни в дороге. Но иногда к месту проведения экспедиции приходится ехать на машине через всю Россию. И вот на очередной заправке после многочасового перегона вылезает из салона, потягиваешься, разминаешь затёкшие ноги и начинаешь разглядывать мошкарку, впечатавшуюся в лобовое стекло и радиаторную решётку. Оторванные крылышки, расплюснутые тельца, по которым сразу и не догадаешься, что за насекомое перед тобой, — смотришь на это и понимаешь, что палеоэнтомологам приходится работать с такими обрывками, но только разобраться в них ещё труднее. Ведь одно дело — опознать по отдельному крылу современную муху и совсем другое — её прапрабабушку, которая исчезла с лица Земли много миллионов лет назад.

Созерцание букашек, размазанных по лобовому стеклу, наводит на мысли не только о прошлом, но и о будущем насекомых. Датский биолог Андерс Мёллер ещё в 1990-е годы стал замечать, что с каждым годом мошкарка всё реже пачкает автомобиль, — когда-то из-за обилия мёртвых насекомых приходилось включать дворники, а сейчас лобовое стекло остаётся чистым даже после долгой поездки. Чтобы проверить свои наблюдения, в 1997 году Мёллер стал регулярно подсчитывать количество насекомых, прилипших к лобовому стеклу. Так началось исследование, продолжавшееся 20 лет. В летние месяцы учёный ездил одним и тем же маршрутом с одной и той же скоростью по просёлочной дороге на

севере Дании, среди живописных полей и лесов. Всего Мёллер совершил 1375 таких поездок. Разумеется, число насекомых на лобовом стекле варьировало в зависимости от времени года, температуры и силы ветра. Усреднённый результат был получен с поправкой на эти показатели, и он оказался ошеломляющим — численность крылатых насекомых за два десятилетия в изучаемом районе снизилась почти на 80%.

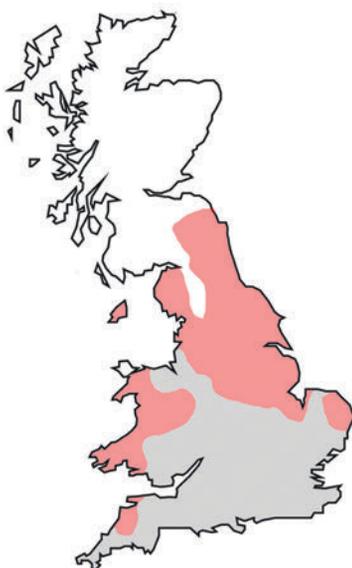
Долгосрочные исследования, проводившиеся в других западных странах, тоже свидетельствуют, что с насекомыми в Европе не всё благополучно. Взять, к примеру, каменистые луга рядом с Регенсбургом в юго-восточной Германии — настоящий рай для бабочек, а заодно и для энтомологов, которые ловят их здесь вот уже не одно столетие. Исследователи подняли исторические записи об энтомологических сборах и выяснили, что видовое разнообразие бабочек в этой местности упало на треть: в 1840 году на каменистых лугах было поймано 117 видов, в 2013 — всего 71. Правда, тенденция не столь уж однозначна — в десятилетие, на которое пришлась Первая мировая война, бабочек здесь было замечено даже меньше, чем сейчас, — всего 63 вида. Но вопрос не только в количестве, а в том, что это за виды. Раньше на каменистых лугах обитало больше специализированных бабочек, но со временем в этом биотопе стали преобладать виды-генералисты*, которым не так важен состав растительности, режим освещённости и другие условия.

Такая же картина наблюдается и в Великобритании, где энтомологи с 1976 по 2000 год регистрировали частоту встречаемости 46 видов немигрирующих бабочек, находящихся у северной границы своего ареала. За это время весенне-летние температуры в регионе выросли на 1—1,5°C, но потепление климата помогло отнюдь не всем британским бабочкам: 26 из 28 видов-

* Генералистами называют виды, способные жить в разных биотопах и включать в свой рацион разнообразную пищу. Виды-специалисты, наоборот, могут выживать только в узком диапазоне условий среды, используя строго определённую кормовую базу.



Фото: Hectonichus/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0



Карта составлена по данным статьи: Warren M. S. et al. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. Nature. 2001. V. 414. P. 65—69

Углокрыльница с-белое (её легко узнать по белому пятнышку в виде буквы «с» на нижней стороне заднего крыла) — бабочка, которая выиграла от глобального потепления. На карте Великобритании серым цветом обозначен её ареал в 1970-е годы, красным показаны новые территории, которые она заселила к 2000 году.

специалистов стали встречаться реже, а вот 9 из 18 видов-генералистов по-прежнему чувствуют себя хорошо и даже расширили свой ареал. Больше всех преуспела углокрыльница с-белое, подвижная бабочка, чьи гусеницы с одинаковой лёгкостью могут поедать хоть крапиву, хоть листья ивы или берёзы, — за 25 лет площадь её расселения увеличилась на 30% за счёт колонизации северных территорий. Сдвиг в сторону генералистов фиксируется и в других исследованиях, выполненных на примере бабочек. Почему именно бабочек? Потому что они крупные и заметные, а определять их до вида во многих случаях способен даже любитель. Отслеживать видовое разнообразие каких-нибудь жуков или клопов в масштабах всей страны гораздо труднее. Чтобы понять, что происходит с насекомыми в целом, проще измерить их общую биомассу.

В 2017 году эффект разорвавшейся бомбы произвела статья немецких энтомологов, опубликованная в журнале

«PLOS One». В ней говорилось, что биомасса летающих насекомых на охраняемых природных территориях Германии за последние 27 лет сократилась на 76%. Но надо понимать, что эта цифра, которая обошла все мировые СМИ и обсуждалась на уровне правительства ФРГ, получена по итогам достаточно сложных подсчётов. Энтомологи использовали данные по разным ловушкам, большая часть из которых функционировала на одном и том же месте всего один сезон. Речь идёт о ловушках Малеза — они представляют собой марлевые палатки, установленные на земле. Насекомые, залетевшие в такую палатку, падают в стакан с фиксирующей жидкостью, откуда их один раз в несколько дней выгребают сборщик. За время исследования, которое началось ещё в 1989 году, учёные собрали по такой методике и взвесили почти 54 кг насекомых в 63 точках на западе Германии. Но только в одной из них ловушку ставили хотя бы четыре сезона подряд, и это стало самым продолжительным периодом

непрерывного отлова. Поэтому, чтобы привести результаты по разным точкам к общему знаменателю, энтомологам пришлось строить сложную математическую модель.

И так почти с любой попыткой оценить упадок насекомых в численном выражении — за простыми и наглядными цифрами, если приглядеться, скрывается масса допущений. Ведь популяции насекомых очень нестабильны, у них случаются вспышки размножения, за которыми следуют провалы в численности. В одни годы от майских жуков деваться некуда, в другие — их днём с огнём не сыщешь. Приходится усреднять и приглаживать данные. Да и разные группы насекомых могут показывать совершенно разную динамику, как мы уже убедились на примере бабочек, — пока одни приходят в упадок, другие процветают. Наконец, подавляющее число долгосрочных исследований проводится в Европе и США — где ещё найдутся энтузиасты, готовые тратить долгие годы на изучение бабочек или стрекоз? Но корректно ли экстраполировать отрывочные знания о насекомых в индустриально развитых странах умеренной климатической зоны на всю планету?

Всё это не мешает некоторым учёным, повернутым на защите экологии, делать громкие обобщения. А пресса, падкая до сенсаций, любит их подхватывать. «40% видов насекомых могут исчезнуть в ближайшие десятилетия», «Изменения климата могут убить 65% насекомых на Земле» — такие пугающие заголовки регулярно появляются в некоторых СМИ со ссылками на очередные далеко идущие выводы, приправленные сомнительной статистикой. Западные журналисты придумали даже особое словечко — «инсектогеддон» — для обозначения катастрофы, которая якобы нависла над миром насекомых. Но действительно ли насекомым грозит массовое вымирание из-за деятельности человека и глобального потепления? Или, может быть, насекомые переживут нас с вами, как пережили они звероящеров, динозавров, индрикотериев и мамонтов? На этот вопрос может ответить палеоэнтомология — наука, которая изучает историю насекомых по их ископаемым остаткам.

НАСЕКОМЫЕ И МАССОВЫЕ ВЫМИРАНИЯ

Насекомые существуют на Земле, по крайней мере, 410 млн лет, с девонского периода. За свою долгую историю они повидали всякое — и масштабные эпизоды вулканизма, когда целые континенты купались в лаве, и удары огромных астероидов, и похолодания, когда на полюсах вырастали ледовые шапки, и потепления, превращавшие Землю в гигантский парник. За время существования насекомых с лица нашей планеты исчезли целые группы растений, сухопутных и морских животных. Насекомые стали свидетелями четырёх из пяти крупнейших массовых вымираний. Чтобы понять, как они прошли через все эти испытания, надо заглянуть в их палеонтологическую летопись. Нельзя сказать, что она изучена досконально, скорее, наоборот. К настоящему времени описано около 40 000 видов ископаемых насекомых — совсем немного по сравнению с числом современ-



*Реконструкция каменноугольной мегасекоптеры *Brodioptera sinensis*, жившей около 320 млн назад. Мегасекоптеры вместе с другими палеодиктиоптероидами вымерли ближе к концу пермского периода.*

Рисунок из статьи: Prokop J. et al. Hidden surface microstructures on Carboniferous insect *Brodioptera sinensis* (Megasecoptera) enlighten functional morphology and sensorial perception. Scientific Reports. 2016. V. 6. Article number 28316.

ных видов, известных науке (более 1 млн), и просто капля в море, если принять во внимание всё былое разнообразие этого класса.

Палеонтологическая летопись насекомых очень неравномерна — львиная доля ископаемых представителей этого класса известна всего из нескольких десятков крупных местонахождений, включая залежи янтарей. Из каждого такого палеоэнтомологического клондайка описаны сотни видов разных древних букашек. Это своего рода окошки, в которые мы можем заглянуть, чтобы понять, как выглядел мир насекомых, скажем, 165 млн лет назад на берегу вулканического озера в Северо-Восточном Китае или 280 млн лет назад вблизи морской лагуны в Среднем Предуралье. Но обзор через такие окошки очень ограничен — из нашего поля зрения выпадают целые периоды длиной в несколько миллионов лет и огромные регионы древней Земли, об энтомофауне которых информации практически нет.

Есть и ещё одна проблема: многие комплексы ископаемых насекомых плохо датируются, так как они собраны в пресноводных отложениях, которые не всегда удаётся надёжно привязать к единой геохронологической шкале, ориентированной на порядок залегания остатков морских организмов. Это же относится и к янтарям — погрешность в оценке их возраста порой составляет многие миллионы лет. Поэтому иногда бывает непонятно, какая ископаемая энтомофауна древнее, а какая — моложе, ведь их специфика может объясняться не только хронологией, но и региональными особенностями. Представьте, что перед нами набор снимков одного города, сделанных в разных местах и в разное время, причём когда именно, мы точно не знаем. И вот по ним-то мы должны восстановить историю этого города и его план. Непростая задача, не так ли?

Неудивительно, что палеоэнтомологи не всегда могут напрямую оценить, насколько сильно массовые вымирания задевали насекомых в прошлом. Самый известный такой катаклизм — это исчезновение динозавров, аммонитов и других мезозойских групп на рубеже мелового периода и палеоцена около 66 млн лет назад. Как

назло, этот рубеж приходится на большой пробел в палеонтологической летописи насекомых длиной почти в 16 млн лет. Мел-палеогеновое вымирание принято связывать с падением чиксулубского астероида и извержением деканских траппов в Индии. Но в каком состоянии находились насекомые непосредственно до и после этих глобальных катастроф, палеоэнтомология сказать не может. И даже если мы попытаемся перекинуть мостик через этот пробел, сравнив последних меловых и первых палеоценовых насекомых, то сделать это тоже будет непросто. Дело в том, что поздне меловые насекомые известны по янтарным инклюзам, а палеоценовые — по каменным отпечаткам. Но эти два типа сохранности благоприятствуют захоронению совсем разных групп. Это всё равно что сравнивать насекомых, упавших в бочку с водой, с насекомыми, приклеившимися к липкой ленте для мух. Тем не менее многие палеоэнтомологи уверены, что экспансия цветковых растений в середине мелового периода оказала на насекомых куда большее влияние, чем катастрофические события в конце мела.

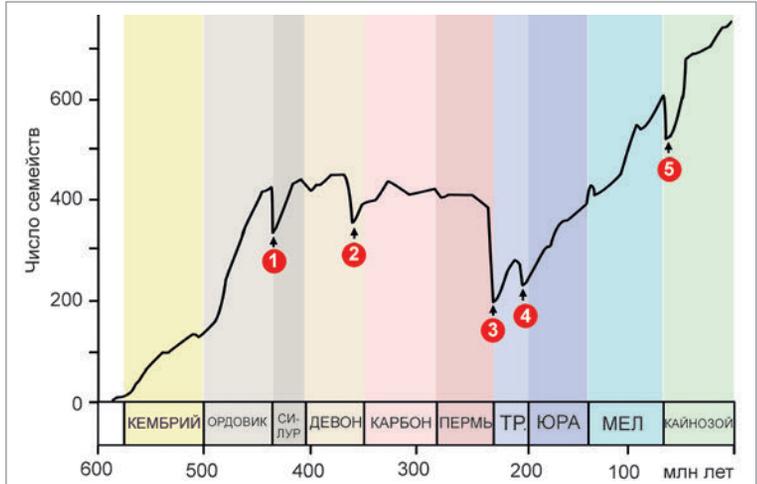
Роль, которую в судьбе насекомых сыграло самое крупное в истории планеты пермо-триасовое вымирание, случившееся 252 млн лет назад, тоже оценить достаточно проблематично. Недрa Земли щедро одарили нас позднепермскими насекомыми, но вот на ранний триас приходится ещё один пробел в палеонтологической летописи этой группы, так что прямо сопоставить «до» и «после» мы не можем. Но если судить по числу семейств, то уже в середине триаса, спустя всего 10 млн лет после пермо-триасового вымирания, разнообразие насекомых было даже выше, чем в конце перми. Поэтому есть основания сомневаться, что насекомые ощутили на себе серьёзный негативный эффект всемирного катаклизма, связанного с излиянием миллионов кубических километров лавы в Восточной Сибири. И уж точно они не находились на волоске от полного исчезновения.

«Когда жизнь почти умерла» — так назвал свою книгу о пермо-триасовом вымирании британский палеонтолог Майкл Бентон. Но к насекомым это явно не относится.

Да, среди них тоже были жертвы. Таксоном самого высокого ранга, который не смог перейти границу палеозоя и мезозоя, стал надотряд палеодиктиоптероидов. Это были специализированные насекомые с длинным хоботком, которым они прокалывали семена и стебли растений. Но палеодиктиоптероиды пришли в упадок уже в первой половине перми — возможно, из-за конкуренции со стороны первых равнокрылых — предков современных цикадок и клопов. К концу перми палеодиктиоптероиды встречались уже крайне редко, так что пермо-триасовый кризис их просто добил, но не был первопричиной их вымирания.

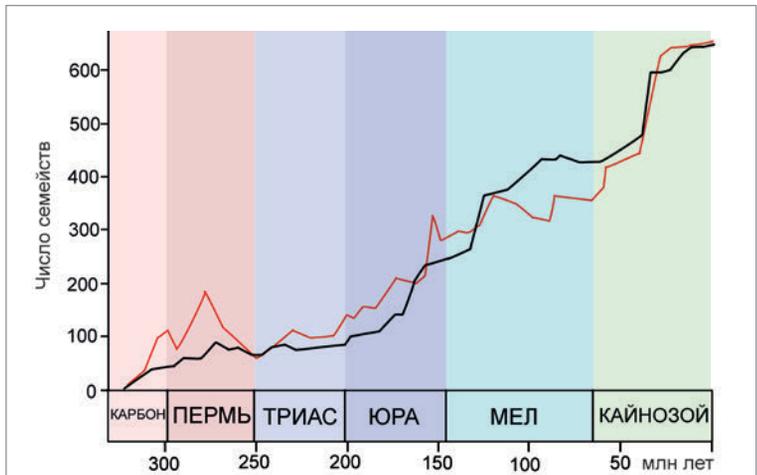
Насекомые в целом встретили пермо-триасовый вулканический апокалипсис не в лучшей форме — к концу пермского периода они подошли со сниженным разнообразием по сравнению с серединой перми. Но, как показал отечественный палеоэнтомолог Александр Расницын, это снижение произошло не из-за увеличения темпов вымирания, а из-за того, что во второй половине пермского периода стало появляться меньше новых семейств насекомых. При этом старые семейства продолжали сходиться со сцены с прежней скоростью (в ходе эволюции постоянно кто-то вымирает в фоновом режиме — это нормально). Получается, судьба насекомых зависела не столько от фатальных случайностей окружающей среды, сколько от их

собственного эволюционного потенциала. Не коса смерти в виде неблагоприятных условий и убийственных катаклизмов, а способность порождать новые формы, нащупывать новые пути личиночного развития, изобретать ранее невиданные типы яйцекладов и ротовых аппаратов — вот



Кривая разнообразия морских животных. Цифрами обозначены пять крупнейших массовых вымираний.

Рисунок из статьи: Raup D. M., Sepkoski J. J. Mass Extinctions in the Marine Fossil Record. Science. 1982. V. 215. P. 1501—1503.



Кривые разнообразия насекомых. Красная кривая получена американским палеоэнтомологом Конрадом Лабандейрой, чёрная — результат исследований отечественных палеоэнтомологов под руководством Виктора Дмитриева.

Рисунок с изменениями из статей: Labandeira C. C. The Fossil Record of Insect Extinction: New Approaches and Future Directions. American Entomologist. 2005. V. 51. P. 14—29; Дмитриев В. Ю. и др. Разнообразие насекомых от карбона до современности // Палеонтологический журнал. 2018. Т. 6. С. 21—31.

что определяло динамику разнообразия насекомых.

Чтобы проследить, как менялось разнообразие той или иной группы, можно отметить на графике, как много семейств (или таксонов другого уровня) входило в её состав в разные периоды прошлого. Такие графики называются кривыми разнообразия. Традиционный метод их построения основан на учёте первых и последних ископаемых находок. Первые (самые ранние по возрасту) находки таксона считаются временем его появления, последние (наименее древние) — временем исчезновения. Даже если ранее появившийся таксон не был найден в ископаемом состоянии в какой-то определённый период, он всё равно приплюсовывается к существовавшим в то время при условии, что его последняя находка приходится на более поздний срок. Такие «проходящие» таксоны плюс появившиеся и минус исчезнувшие дают то число, которым характеризуется общее разнообразие группы в данный отрезок времени. Из этих отрезков и складывается вся кривая.

В 1982 году американские палеонтологи Дэвид Рауп и Джек Сепкоски использовали этот подход, чтобы построить кривую разнообразия морских животных, начиная с кембрия. Рауп и Сепкоски начали с обитателей моря, поскольку их ископаемые находки на тот момент (как, впрочем, и сейчас) были изучены лучше всего. Именно кривая Раупа — Сепкоски заставила научное сообщество заговорить о пяти великих вымираниях — на ней хорошо видны пять глубоких провалов, когда уровень разнообразия морской живности резко падал. Когда накопилось достаточное количество ископаемого материала, палеонтологи принялись строить по схожей методике кривые разнообразия насекомых. Этим независимо друг от друга занимались зарубежные специалисты, среди которых был ученик Джека Сепкоски американский палеоэнтомолог Конрад Лабандейра, и отечественные исследователи во главе с Виктором Дмитриевым из лаборатории артропод Палеонтологического института РАН. И ни на одном из графиков, полученных этими палеоэнтомологами, резких провалов нет — только неуклонный

и поступательный рост с небольшими переломами. Отсюда можно заключить, что если массовые вымирания и сказывались на насекомых, то их воздействие было не слишком серьёзным.

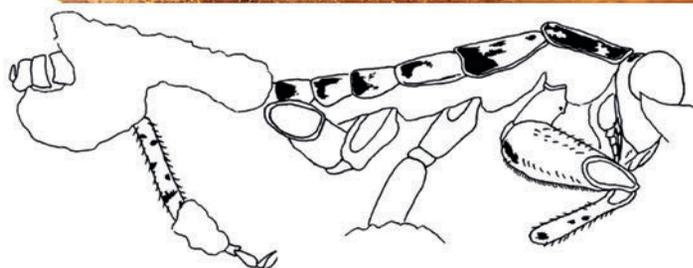
Как же насекомым удавалось целыми и невредимыми выходить из передраг, сотрясавших весь остальной животный мир? Неужели они не замечали изменений климата, погодных аномалий, кислотных дождей, астероидной зимы? У насекомых есть много козырей: они маленькие, а значит, могут легко найти укрытие и выжить даже при дефиците пищевых ресурсов; у них ускоренный цикл развития и часто сменяются поколения, что даёт им больше шансов среагировать на изменение условий и приобрести необходимые мутации. Но главная их палочка-выручалочка — это крылья. Насекомые — единственные беспозвоночные, обладающие навыком активного машущего полёта. Не говоря уже о бабочках и стрекозах, способных совершать многотысячеловеческие миграции, даже плохие летуны вроде тлей и мелких жучков могут перемещаться на умопомрачительные расстояния. Им достаточно просто взмыть вверх, а дальше отдать себя на волю воздушных течений. Ещё Джеймс Кук во время своих кругосветных плаваний с удивлением отмечал, что сухопутные насекомые падали на его корабль прямо в открытом море. Тлей находили живыми во льдах Шпицбергена, в 1500 км от ближайшей растительности. Бабочки-репейницы, пользуясь попутными ветрами, могут перелетать через Атлантический океан из Западной Африки в Южную Америку, преодолевая 4000 км менее чем за неделю. Именно благодаря тому, что насекомые — великие путешественники, куки и магелланы животного мира, им нипочём колебания условий среды. Где-то стало слишком жарко или слишком холодно? Можно, не мешкая, переселиться в другое место, сведя на нет риск вымирания. Как свидетельствует палеоэнтомология, именно так насекомые и поступали в прошлом.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ МИГРАНТЫ

После того как норвежец Руаль Амундсен в 1911 году достиг Южного полюса, взоры искателей приключений обратились на Эверест, высочайшую гору на планете. В

1921—1924 годах Королевское географическое общество организовало три экспедиции на Эверест — британцы хотели во что бы то ни стало оказаться на его вершине первыми. Восхождение на Эверест при тогдашнем уровне технологий требовало не меньшего героизма, чем покорение полюсов. В 1924 году во время последнего штурма горы два британских альпиниста погибли на подступах к вершине, так и не дойдя до неё. Но хотя британцам не удалось осуществить свою главную цель (Эверест был покорён лишь 30 лет спустя), они собрали массу научной информации о Тибетском нагорье, через которое проходил их маршрут. В частности, они привезли оттуда множество бабочек и других насекомых, пополнивших коллекцию Музея естественной истории в Лондоне. Эти

сборы в 1973 году помогли британскому палеоэнтомологу Джорджу Купу сделать важное открытие, позволившее по-новому взглянуть на взаимосвязь между климатом и расселением насекомых. Куп работал с насекомыми из плейстоценовых отложений Британии. Плейстоцен длился около 2,5 млн лет и закончился около 12 тысяч лет назад вместе с последним оледенением в Северном полушарии. Плейстоцен был временем настоящей климатической чехарды — ледники то напозлали на Европу, то стремительно отступали из-за роста температур. Куп попробовал выяснить, как на эти изменения реагировали насекомые. В основном он работал с жуками — их твёрдые надкрылья и другие части тела лучше всего сохраняются в слоях песка и гравия. Такие остатки называются субфоссильными — это ещё не настоящие



Богомолопалочник Raptophasma neli в куске балтийского янтаря, который был найден в посёлке Янтарный Калининградской области. В наши дни богомолопалочники живут только в Южной Африке.

Иллюстрация из статьи: Perkovsky E. E. et al. New and little-known Mantophasmatidae (Insecta: Mantophasmatodea) from European amber. Zootaxa. May 2024. 5446(4). P. 553—563.

окаменелости, где органическое вещество заместилось минеральным. Субфоссильный жук выглядит примерно так же, как его распавшийся на части сородич, которого можно найти под ближайшим кустом. Тем не менее с плейстоценовыми насекомыми работать крайне сложно — ведь они близки по возрасту к современным, и чтобы определять их до вида, надо очень хорошо знать ныне живущую энтомофауну в разных регионах Земли. Ведь не факт, что жуки, обитавшие десятки и сотни тысяч лет назад в той же Британии, продолжают жить там и сейчас. Именно поэтому Куп и отправился в Музей естественной истории изучать коллекцию насекомых, собранную в Тибете во время британских экспедиций 1920-х годов.

К своему удивлению, среди сборов 1924 года — того самого, когда альпинисты Джордж Мэллори и Эндрю Ирвин погибли

во время восхождения на Эверест, — Куп обнаружил жука-навозника, неотличимого от одного из самых массовых плейстоценовых видов Великобритании. Сейчас этот жук с латинским названием *Aphodius holdereri* встречается только на Тибетском плато на высоте от 3000 до 5000 м. Но ещё 42—26 тысяч лет назад, во времена последнего оледенения, он жил на берегах Темзы! Таким образом, когда климат в Великобритании стал более тёплым, этот холодолюбивый жук просто откочевал в регион похолоднее, удалённый от его прежней родины на тысячи километров. Но миграции насекомых в плейстоцене происходили и в обратном направлении: во время тёплых межледниковых периодов в северные страны вселялись жуки из Средиземноморья. Например, Куп обнаружил в плейстоценовых отложениях Британии навозника *Onthophagus massai*, который сейчас живёт только на Сицилии, и навозника *Aphodius bonvouloiri*, чей современный ареал ограничивается Испанией. При этом Купу не удалось выявить примеров каких-либо эволюционных изменений и вымираний среди насекомых, связанных с изменениями климата: они просто снимались с места и улетали, когда им что-то не нравилось.

Логично предположить, что и на нынешнее глобальное потепление насекомые отреагируют точно так же — вместо того, чтобы вымирать, они просто скорректируют свои ареалы. Поэтому разговоры о «локальных вымираниях» не имеют смысла — даже если какой-то вид шмелей исчез, скажем, с территории Германии, то вполне может быть, что он обосновался где-то ещё. Например, веснянку *Taeniopteryx araneoides*, которая считалась вымершей уже более 100 лет на территории Европы, недавно нашли в Сибири и Северном Казахстане. Исчезнув из Дуная и Днестра, она отлично чувствует себя в Иртыше. Поэтому не нужно бить тревогу, когда характер распространения насекомых меняется под воздействием климата, — для них такие перемены в порядке вещей.

Способность насекомых сдвигать свои ареалы в ответ на изменения климата станет ещё очевиднее, если мы заглянем в более далёкое прошлое, уже не в плейстоцен, а в эоцен, когда на Земле было гораздо

теплее, чем сейчас. Согласно наиболее экстремальному климатическому сценарию RCP8.5, среднегодовая температура Земли к 2100 году поднимется менее чем на 5°C. Но в эоцене, 56—34 млн лет назад, температура глубинных слоёв океана превышала нынешние показатели на 10°C, а на поверхности суши было ещё жарче. Такая жара не стала помехой для насекомых — наоборот, тропические группы воспользовались потеплением климата, чтобы заселить новые территории. Судя по инклюзам в балтийском янтаре, Северную Европу во второй половине эоцена облюбовало множество теплолюбивых насекомых — термиты, палочники, эмбии. Сейчас все они обитают гораздо южнее. Самый яркий пример — муравьи-ткачи *Oecophylla*, которые сшивают свои гнёзда из листьев вечнозелёных растений. В наши дни этот тропический род живёт в экваториальной Африке и джунглях Юго-Восточной Азии, но в эоцене он был распространён по всей Европе. Среди муравьёв, найденных в отложениях позднего эоцена на острове Уайт в проливе Ла-Манш, муравьи-ткачи — самые многочисленные. А ведь они впадают в оцепенение, если температура опускается ниже 18°C, и погибают при малейших заморозках — нынешние холодные зимы на острове Уайт муравьи-ткачи точно не пережили бы.

Зимы с минусовыми температурами — чуть ли не главный негативный фактор, ограничивающий разнообразие насекомых. Больше всего видов и семейств насекомых сейчас живёт в тропической зоне, где сезонные перепады температуры отсутствуют. А вот в более высоких широтах с выраженной сезонностью насекомые гораздо менее разнообразны. Но в эоцене, когда на Земле стоял тепличный климат и на полюсах отсутствовали ледовые шапки, морозных зим не было даже в умеренной зоне. И насекомые от этого только выигрывали. Когда палеонтологи проанализировали разнообразие эоценовых насекомых, найденных на плато Оканеган на юге Канады, оказалось, что по числу видов они сопоставимы с современной энтомофауной тропического леса Коста-Рики и значительно обгоняют насекомых из умеренных лесов Северной Америки. Другими словами, в эоцене жужжащее и

стрекозущее братство чувствовало себя в Канаде столь же вольготно, как и в джунглях Центральной Америки. Широтный градиент разнообразия насекомых сформировался только во второй половине кайнозоя, когда климат Земли стал значительно холоднее.

Некоторые палеонтологи называют температурный режим, характерный для эоцена, «потерянным раем». И если благодаря выбросам парниковых газов этот «рай» однажды вернётся, если на Земле не останется снега и льда, то насекомые скажут спасибо. В перспективе они могут только выиграть от роста температуры. Да, отдельным видам придётся не сладко: жертвами глобального потепления станут, например, некоторые веснянки, чьи личинки развиваются в очень холодной воде. В США два вида веснянок, живущих в ручьях у подножия ледников, уже внесены в список угрожаемых видов. Но в целом выигрыш насекомых перевесит их потери. На стажировке в Польше пару лет назад я разговаривал с одним тамошним профессором о глобальном потеплении. Профессор рассказал мне, что в молодости зимой ему регулярно приходилось расчищать участок рядом с домом от снега, но сейчас, даже в тех редких случаях, когда снег выпадает, он уже не берёт в руки лопату, потому что знает — на следующий день снег растает сам. Вскоре после этого разговора, пролистывая польский энтомологический журнал, лежавший у меня на столе, я наткнулся на статью о бабочке *Neptis sappho*, которую последний раз поймали в Польше в 1967 году, и с тех пор она считалась вымершей на территории этой страны. Но вот недавно эта бабочка вновь была замечена в Польше, и основной причиной её возвращения считается потепление климата.

Впрочем, глобальное потепление может преподнести нам и неприятные сюрпризы по энтомологической части. Вместе с красивыми бабочками с юга к нам в гости могут пожаловать и куда менее приятные насекомые — сельскохозяйственные вредители и разносчики болезней. Например, сейчас муха цеце, переносчица сонной болезни, обитает только в тропической Африке. Но ещё 23—35 млн лет назад, в эоцене и олигоцене, она жила в Северной Америке и Европе, о чём свидетельствуют



Фото: Abdulkomeng/Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0

Тропические муравьи-ткачи, шивающие листья для постройки гнезда. В эоцене, 56—34 млн лет назад, когда климат был гораздо теплее, чем сейчас, эти муравьи жили даже в Северной Европе.

ископаемые находки. Затем похолодание климата вынудило эту зловредную муху отступить на африканский континент — но, кто знает, вдруг глобальное потепление заставит её вернуться?

Во всяком случае, африканские виды комаров *Anopheles*, переносящие малярию, не сидят на месте. Учёные проанализировали данные об их распространении за 1898—2016 годы и обнаружили, что малярийные комары движутся на юг со скоростью 4,7 км в год. Одновременно они захватывают и возвышенности, ежегодно поднимаясь на 6,5 метра вверх. А ведь раньше южная оконечность Африки и африканские высокогорья были свободны от малярии, поэтому европейские колонисты стремились селиться именно там. У нас в стране тоже живут комары, относящиеся к роду *Anopheles*, и по мере потепления

климата их ареалы смещаются. Например, вид *Anopheles maculipennis* движется из Европейской России в северо-восточном направлении со скоростью около 30 км в год, и за 25 лет он уже успел добраться до Южного Урала. К счастью, живущие у нас виды комаров *Anopheles* малярию не разносят. Малярийный плазмодий выживает только при температуре выше 15°C — в наших широтах он просто не сможет перезимовать в теле комара.

ЗЕЛЁНАЯ ПУСТЫНЯ — ГЛАВНЫЙ ВРАГ НАСЕКОМЫХ

Так что не надо переживать за насекомых — они не пропадут. Человек, конечно, очень сильно влияет на природу, но он не должен переоценивать свою значимость. Последнее слово всё равно останется за насекомыми. Расхожее мнение, что тараканы, в отличие от людей, смогут пережить ядерную войну, не так уж далеко от истины. Кто такие эти двуногие, чтобы всерьёз навредить существам, которых до этого не взяло ни одно массовое вымирание? Насекомые могут быстро приспосабливаться не только к климатическим изменениям. Например, уже спустя 20 лет после начала широкого использования ДДТ малярийные комары повсеместно выработали устойчивость к этому инсектициду, чем сорвали планы ООН по искоренению малярии в развивающихся странах. Новые разновидности инсектицидов тоже не могут отправить насекомых в нокаут — так, обыкновенная комнатная муха со временем становится в 430 раз устойчивее к фипронилю. Но если на такие фокусы способны вредители, то это под силу и остальным насекомым. Постепенно они адаптируются к соседству с человеком. Все видели, как насекомые кружат вокруг лампочек и фонарей и затем падают в изнеможении. Но естественный отбор постепенно отучает их от этого самоубийственного поведения. Энтомологи показали, что мотыльки, которые на протяжении многих поколений жили в городских условиях, на 30% реже летят на искусственный свет, чем представители этого же вида, взятые из дикой природы.

И всё же есть одна вещь, перед которой насекомые бессильны, — это антропоген-

ный ландшафт, в котором не осталось даже островков их естественной среды обитания. Можно сбежать от растущих температур, справиться с химическим и световым загрязнением, но если тебе негде жить, нечего есть и некуда откладывать яйца — с этим уже ничего не поделаешь. Пролетая над Европой, можно понять, почему там снижается биомасса насекомых, — вся земля до горизонта расчерчена на аккуратные прямоугольники обработанных полей. Согласно статистике, на сельхозугодья приходится 45% всей европейской территории. На первый взгляд, это не так уж и много для такого густонаселённого региона: с 1961 по 2000 год общая площадь полей и пашен в Европе даже сократилась на 13%. Но одновременно с этим шёл процесс консолидации сельскохозяйственных земель. Вместо небольших фермерских хозяйств появлялись огромные агрохолдинги. Они выкупали участки у прежних владельцев и объединяли их в огромные поля. Например, в Дании, как свидетельствуют кадастровые данные и аэрофотосъёмка, с 1954 по 2002 год средний размер поля увеличился более чем в два раза.

Консолидация сельхозугодий позволила значительно увеличить производительность труда в сельском хозяйстве — гораздо удобнее вспахать трактором одно большое поле, чем несколько маленьких, удалённых друг от друга. На это уходит меньше времени и меньше топлива. То же самое с поливом, внесением удобрений и обработкой пестицидами. Но вот насекомых укрупнение полей поставило в затруднительное положение. Раньше они могли найти пристанище в изгородях и зарослях сорняков вдоль межей, с краю от пахотных земель. Но из-за объединения ферм такое невозделанное пограничье пропало. Насекомые лишились оазисов, которые помогали им выжить посреди зелёной пустыни — бескрайних полей, засаженных монокультурами. Подобный ландшафт затрудняет и миграции насекомых — как угониться за меняющимся климатом, если нет перевалочных пунктов, где можно подкормиться и размножиться?

Пытаясь замедлить потепление, от которого насекомые будто бы страдают, человек только усугубляет ситуацию. Несколько

Типичный голландский пейзаж, снятый через иллюминатор самолёта. Для насекомых здесь место явно не предусмотрено.

Фото Александра Храмова



лет назад я ехал на конференцию в Лауфен, небольшой немецкий городок на границе с Австрией. Дорога петляла вдоль огромных полей, засаженных рядами кукурузы в человеческий рост. «Зачем немцам столько кукурузы, — удивился я, — ведь это не Мексика, здесь не едят кукурузные лепёшки и кукурузную кашу». Женщина, которая везла меня со станции, в ответ хмыкнула: «Это не для еды, а для биотоплива». Из зёрен кукурузы путём брожения получают этиловый спирт, который подмешивают в бензин. Считается, что это стабилизирует углеродный баланс: сколько углекислого газа выделилось при сжигании спирта, столько же потом кукуруза заберёт из атмосферы. Сейчас в Европе общая площадь земель, где выращивают сельскохозяйственные культуры, предназначенные для производства биотоплива, сопоставима с площадью Ирландии. Если засеять все эти земли пшеницей, то в течение года можно было бы прокормить 120 млн человек. В США под нужды производителей биотоплива отдано 25% всех посадок кукурузы.

Вся биотопливная индустрия убыточна и выживает за счёт дотаций из бюджета. Западные правительства, субсидируя этот сегмент «зелёной энергетики», считают,

что тем самым они заботятся о будущем планеты. Но в реальности эти меры лишь подрывают биоразнообразие. Луга и леса вместо плантаций сои и кукурузы стали бы куда большим подарком для насекомых, птиц и зверей, чем отказ от ископаемого топлива. Да, с прогрессом в области сельского хозяйства ничего не поделаешь. Надо же как-то кормить растущее человечество — насекомым придётся потерпеть. «Не будем же мы умирать с голоду ради каких-то жучков» — скажет обыватель и будет прав.

Но иногда, чтобы помочь насекомым, достаточно просто воздержаться от бессмысленных действий, которые не приносят нам самим ничего, кроме убытка. И это относится не только к производству биотоплива. Например, зачем тратить деньги на покос травы на дорожных разделительных полосах и в других местах, где нам всё равно не нужен идеальный газон? А ведь такие заросшие разнотравьем клочки земли — куда более комфортные «отели» для насекомых, чем те домики из соломы и палок, которые иногда сооружают в парках.

Что бы ни вытворял человек, насекомые всё равно выживут — но зачем ставить лишние препятствия у них на пути?