

*Brogiem Henrykowi*  
*Jurek*  
 7-X-1967

## Badania Jean-Henri Fabre'a nad orientacją przestrzenną latających żądłówek w świetle obecnych poglądów

Spatial Orientation of Aculeate *Hymenoptera* — Jean-Henri Fabre's Investigations in the Light of Present Date Opinions

JERZY A. CHMURZYŃSKI

Bardzo trudno pisać o takim badaczu jak Jean-Henri Fabre. Jego życie nie dostarcza łatwo pobudzających wyobrażeń materiałów opisowych: brak w nim fascynujących podróży, jak w życiu Darwina, czy też błyskotliwego zewnętrznego dynamizmu Pasteura. Jego dorobek i poglądy naukowe również nie dają się łatwo, jednoznacznie zaklasyfikować. Obok dowodów niewątpliwego geniuszu i dorównującej mu pracowitości, dzieła Fabre'a pozostawiły nam liczne dowody nieporozumień, uprzedzeń i, chciałoby się rzec, „pechowych” pomyłek.

Urodził się dnia 22 grudnia 1823 r., dzieciństwo spędził w rodzinnym, biednym wieśniaczym domu Fabre'ów, w Saint-Léons, małej wiosce na południu Francji. Następnie przebywał w Rodez, gdzie uczył się przez cztery lata, potem w Tuluzie i wreszcie w Montpellier. Tam do siedemnastego roku życia uczęszczał do liceum.

Brak pieniędzy kazał mu jednak przerwać naukę w szkole i puścić się w świat w poszukiwaniu zarobku. Pracując tu i ówdzie, uczył się sam. Wyniki uporczywej nauki pozwoliły mu wreszcie na powrót do regularnej nauki. Uzyskał stypendium w seminarium nauczycielskim w Awinionie. Po jego ukończeniu objął posadę nauczyciela w Carpentras, prowincjonalnym miasteczku prowansalskim, gdzie pracował siedem lat, nadal studiując. Po zdaniu egzaminów zdobył uniwersyteckie dyplomy na wydziale matematycznym i fizycznym. Poprawiło to z czasem jego pozycję: dostał nominację do liceum w Ajaccio na Korsyce jako nauczyciel przy-

rody. Nie bawił tam zresztą długo, gdyż przeniesiono go z powrotem na kontynent, do liceum w Awinionie. Po krótkim pobycie w stolicy, gdzie bawił jako wychowawca następcy tronu, powrócił do Awinionu. Opuścił go dopiero wskutek społecznego ostracyzmu małościasteczkowej kołtunerii, nie dorastającej do jego wychowawczych idei. Zamieszkał wtenczas w okolicach miasteczka Orange.

Wreszcie, sześćdziesięcioletni już Fabre doczekał się spełnienia swego najgorętszego pragnienia: mógł zamieszkać wśród tak ukochanej przezeń natury. W swej samotni, w Sérignan du Comtat spędza owocne trzydzieści lat, by tam wreszcie dokonać żywota przeszło pięćdziesiąt lat temu, dnia 12 października 1915 r.

Oto osnowa życia tego człowieka.

Dla spełnienia swego obowiązku biograf powinien wszakże zająć się nie tylko osnową, ale osnutym na niej wątkiem działania owego wybitnego człowieka: pracowitego, pełnego żarliwości naukowej badacza, poświęconego badaniom ukochanych przezeń owadów, a przy tym oddanego licznej rodzinie, pedagoga i poety. Ten niezwykły człowiek był zarazem przyrodnikiem i filozofem, a dzieło jego życia, dziesięciotomowe „Pamiętniki entomologa” (Souvenirs entomologiques) stanowią perłę literatury francuskiej. Co ważniejsze, emanują one jakąś szczególną, zaraźliwą formą miłości do badanych istot, miłości przy tym nie afektowanej, lecz tej prawdziwej, pobudzającej do bliższego zainteresowania się nimi. Nic też dziwnego, że lektura książek Fabre'a zaważyła pozytywnie na obiorze kierunku studiów i póź-

niejszej pracy wielu entomologów zajmujących się obyczajami owadów, nie wyłączając piszącego te słowa.

Nie sposób jednak w szczupłych granicach artykułu wypełnić tak pojętego obowiązku biografą<sup>1</sup>. Postaramy się więc tutaj zająć jedynie maleńkim wycinkiem pracy Jean-Henri Fabre'a nad życiem i zachowaniem się owadów, dotyczącym badań orientacji przestrzennej latających żądłówek (*Hymenoptera, Aculeata*)<sup>2</sup>.

\*

Mało jest chyba ludzi zupełnie niewrażliwych na romantyzm wielkiej przygody, którym owiane są pierwsze próby kosmonautyczne. Składają się na to dwa powody. Próby te mają przede wszystkim w sobie urok pionierstwa; odsłaniają nie przewidywane dotąd horyzonty przed ludzkim poznaniem. Przy tym na dnie naszego stosunku do nich kryje się, spychany może poza obręb świadomości przez nawyk praktycznego czy „naukowego” krytycyzmu, element nadziei, że kiedyś może spotkamy we Wszechświecie inne, być może odmienne od nas, inteligentne istoty. Jeśli ktoś odważyłby się przyznać przed sobą samym do takiej tęsknoty, tak jak czynią to ci astronomowie, którzy systematycznie poszukują sygnałów z Kosmosu, to może ze zdziwieniem stwierdzilibyśmy, że myśl, iż te istoty byłyby od nas odmienne, jest właśnie bardzo podniecająca.

To uczucie towarzyszy zawsze badaniom zoopsychologa, a w szczególności takiego, który zajmuje się owadami. Zdają się to rozumieć ci autorzy powieści fantastycznych, którzy obce planety zaludniają istotami zbliżonymi do mrówek czy termitów.

Pomijając fakt, że trudno byłoby mówić o inteligencji owadów w wąskim tego słowa znaczeniu, Jean-Henri Fabre w jakimś stopniu realizował te nasze tęsknoty: starał się bowiem zrozumieć tak odmienne od nas, a zarazem tak ciekawe organizmy, jak owady;

można przy tym bez zasadniczego błędu powiedzieć, że był on pierwszym, który tego dokonał.

Chociaż nie opuszczał Ziemi, a jak wiemy, nie wyjeżdżał nawet z Francji, był on kimś, kogo można by przyrównać do pierwszego kosmonauty odkrywającego przed oczyma zdumionej ludzkości obcy świat odmiennej psychiki<sup>3</sup>.

Dziś podbój Wszechświata jest dziełem społeczeństw, a wkrótce zapewne całej ludzkości. Fabre był, jak Dedal, samotnym śmiałkiem. Miał on, jak Dedal, tylko syna (Juliusza) przy sobie. Jak Dedal Ikara, tak i on opłakiwał przedwczesną śmierć towarzysza.

Samotne odkrycia ubiegłego wieku różnią się w sposób istotny od naszych kolektywnych odkryć XX wieku. Dziś nagrody Nobla dostają nie jednostki, lecz wieloosobowe zespoły, których nazwisk nikt poza specjalistami nie pamięta. Dziś kompromitacja błędu rozplywa się po równie bezimiennych pracowniach. Fabre był jednym z ostatnich badaczy czasów minionych, czasów, w których literaci wysyłałi na podbój zaziemskich światów samotnych śmiałków, czasów, z których nazwiska geniuszy pozostały do dziś w naszej pamięci, i zarazem czasów, w których świadomość popełnionego błędu musiała dźwigać na swych barkach jednostka.

Fabre był genialnym badaczem, a gdy popełniał błędy, to takie, o których nauka będzie zawsze musiała pamiętać.

#### Orientacja daleka

Jaka była sytuacja Fabre'a w chwili podejmowania przez niego zagadnienia orientacji przestrzennej owadów?<sup>4</sup> Bardziej może

<sup>3</sup> Pod określeniem tym rozumiem tu zespół tego rodzaju dyspozycji i procesów nerwowych objawiających się w zachowaniu się zwierzęcia, jak instynkty, taksje, temperament, schematy ruchowe, wokalizacyjne itp., zdolność do tworzenia się nabytych schematów zachowania się i dyspozycje pamięciowe, jak też już wytworzone sposoby zachowania się i ładunek pamięciowy zwierzęcia, zdolność do plastycznego zachowania się itp., które zasadniczo mogą być obiektywnie badane metodą obserwacji i eksperymentu w połączeniu z krytycznym wnioskowaniem.

<sup>4</sup> W niniejszym szkicu pod tym terminem rozumiemy zdolność, jak i jej przejawy oraz mechanizm odnajdowania drogi i miejsca.

<sup>1</sup> Dokonała tego u nas Zofia Bohuszewicz w książeczce pt.: „Jean-Henri Fabre. Jan Henryk Fabre. Dzieje myśli i życia”. „Wiedza”, Warszawa 1947, s. 119.

<sup>2</sup> Według odczytu wygłoszonego w oddziale warszawskim Polskiego Związku Entomologicznego w 1965 r. z okazji 50 rocznicy śmierci badacza.

jeszcze pionierska niż w innych zagadnieniach psychologii owadów. Nie jest wprawdzie możliwe ustalenie, kiedy Fabre zajął się tym zagadnieniem, w każdym razie spotykamy się z nim już na kartach pierwszego tomu „Pamiętników entomologa”, opublikowanego w 1879, i to w kilku rozdziałach. A więc są to czasy, w których jeszcze nie istniały pojęcia ani tym bardziej metody badania interesującego nas zagadnienia. Braki te musiała wypełnić pomysłowość i zręczność — tak eksperymentatorska, jak językowa — badacza.

Pierwsze pytanie, jakie obserwatorowi nasuwa widok owada powracającego do swego gniazda, dotyczy mechanizmu, dzięki któremu trafia on do celu. Fabre, który wielokrotnie widział osę grzebaczowatą (*Sphexidae*), szczerklinę piaskową, *Ammophila sabulosa* (L.), jak odnajdowała swą norkę, by złożyć w niej upolowaną dla larwy gąsienicę, nie zawahał się stwierdzić, że przewodnikiem jej jest pamięć miejscowości<sup>5</sup>. Piaskówka bowiem często zostawia swój łup i odszukuje dalszą drogę, od czasu do czasu powracając do niego. Fabre słusznie uważał takie odwiedziny za sposób odświeżania sobie w pamięci miejsca, gdzie została złożona zwierzyna. A jednak w tym samym kontekście pisze, że „...piaskówka... nie posiada żadnej wskazówki, która by mogła jej znajomość okolicy zastąpić ... Pomimo wszystko ... owad zmierza wprost do swej nory, jak gdyby od dawna już deptał po wszystkich okolicznych ścieżkach” (podkreślenie moje - J. C.). Dlaczego autor wątpi w to, że osa mogła poznać dokładnie najbliższe otoczenie gniazda, skoro wie dobrze, bo sam o tym pisze, iż w czasie budowy norki odbywa ona dziesiątki promienistych lotów wokół niej? A piaskówka, choć buduje wiele norek, jednak stale trzyma się tego samego obszaru; na pewno więc istotnie od dawna „deptała po okolicznych ścieżkach”. Nieco światła rzucają na to jego słowa, które znajdujemy o kilkadziesiąt stron dalej<sup>6</sup>: „Gdy o późnej godzinie piaskówka wywierci swój szyb, przerywa pracę, zamykając wylot wieczkiem z płaskiego

kamyka. Przelatując z kwiatka na kwiatek oddala się, a jednak następnego ranka potrafi wrócić z gąsienicą do swego mieszkania wykopanego poprzedniego popołudnia, pomimo nieznanomości miejsca, częstokroć zupełnie dla niej nowego. Inna osa grzebaczowata, wardzanka, *Bembex rostrata* (L.), obciążona zwierzyną opuszcza się z prawie matematyczną precyzją u progu swych drzwi, mimo że są zatłakane piaskiem i nie do odróżnienia od otaczającej płaszczyzny. Tam gdzie mój wzrok i pamięć zawodzą, jej oko i zdolność zapamiętywania odznaczają się nieomylną pewnością ... Owad posiada coś bardziej subtelnego od prostej pamięci, rodzaj wycucia rzeczy nie mającego u nas analogii, wreszcie nie dającą się określić zdolność, którą z braku innego wyrażenia na jej oznaczenie nazywam pamięcią. Nieznane nie może mieć żadnej nazwy”.

Zdaniem Fabre'a uzasadniają ten pogląd wyniki jego doświadczeń na jeszcze innym gatunku, osmyku, *Cerceris tuberculata* Vill.<sup>7</sup>. Dwanaście samiczek złapanych o godz. 10 na tej samej skarpie, nacechowanych białą farbą i pojedynczo umieszczonych w papierowych tutkach przeniósł w drewnianej skrzynce na odległość 2 km i tam wypuścił. Po czyszczeniu się i krótkich oblotach osy skierowały się na południe, w kierunku swej kolonii. Istotnie, niedługo potem cztery z nich znalazły się w domu. Może jednak obszar ich polowań rozciąga się w promieniu 2 km od gniazda — spytał Fabre. Postanowił więc ponowić test, wypuszczając tym razem owady z większej odległości, z takiego miejsca, którego — jego zdaniem — nie mogły znać. W tym celu schwytał w tej samej kolonii dziewięć samiczek, które nacechował dwiema białymi plamkami każdą. Wypuścił je następnego ranka o godz. 8 nie w otwartym polu, lecz na ruchliwej ulicy odległego o 3 km sąsiedniego miasteczka Carpentras. Te osy również odleciały w kierunku swej kolonii i istotnie, następnego ranka pięć z nich trudziło się już koło swych gniazd. A więc trzykilometrowa odległość, miasto pełne mieszkańców, ze swymi dachami, dymiącymi kominami, wszystko to tak obce mieszkankom otwartych przestrzeni nie stanowiło przeszkody dla maleńkich owadów. A przecież przy zachowaniu tych samych

<sup>5</sup> J.-H. Fabre: Souvenirs entomologiques. I série wyd. Delagrave, Paryż 1924, s. 243-244; por. J.-H. Fabre: Z życia owadów. Tłum. Z. Bohuszewicz i M. Górski. Wyd. III. Wiedza, Warszawa 1948, s. 152-154.

<sup>6</sup> J.-H. Fabre, Souv. ent., I série, s. 303.

<sup>7</sup> Tamże, s. 304-308.

proporcji gołąb musiałby wrócić do gołębnika z odległości 3000 km, takiej jak z Rabatu do Warszawy. Czyż więc to pamięć może służyć osmykowi za kompas, by z nigdy nie odwiedzanego terenu skierować go do leżącej w nieznanym kierunku norki? Fabre nie waha się tu kategorycznie odpowiedzieć: nie. Wszak nie można pamiętać nieznanego. Owady, ptaki muszą mieć lepszego przewodnika niż zwykłą pamięć. Jego zdaniem „posiadają specjalną zdolność, rodzaj czucia topograficznego, którego nie jesteśmy w stanie sobie wyobrazić, bowiem sami niczego podobnego nie posiadamy”.

Taka zdolność powinna jednak dać 100% powrotów, czego nie obserwował. Dlatego Fabre nie poprzestał na dotychczasowych eksperymentach. Szukał obszerniejszego materiału dla wyciągania wniosków. Tym razem powtórzył doświadczenia na pszczołach mularkach murówkach, *Chalicodoma muraria* Retz.<sup>8</sup> Wziął dwie mularki zajęte przy swych gniazdach zbudowanych na otoczkach na brzegu rzeki Aygues, niedaleko od Sérignan, i przeniósł je do Orange, gdzie je wypuścił po uprzednim nacechowaniu. Odległość w prostej linii wynosiła ok. 4 km. Ponieważ działo się to wieczorem, Fabre przypuszczał, że spędziły one noc w okolicy. Następnego dnia rano obserwując okolicę gniazd zobaczył jedną z nich, jak powróciła, mając za sobą cztery kilometry lotu nad polami i łąkami. Druga z pszczoł nie powróciła ani tego dnia, ani następnych. Kolejną próbę przeprowadził Fabre z pięcioma dalszymi pszczołami w tych samych warunkach. Z nich trzy znalazł następnego dnia z powrotem. Dlaczego jedne wracały, a inne nie? Badacz nasz sądzi, że grały tu rolę przyczyny fizyczne: albo on sam uszkodził owady podczas cechowania, albo zaszkodził im transport w gorącym i dusznym pudełku. Należało badanie powtórzyć, dobierając skrupulatnie tylko osobniki pełnosprawne. Fabre'a interesowało również, w jakim czasie pszczoły przebędą odległość czterech kilometrów.

Do tego celu mularka murówka była w okolicy za mało pospolita. Fabre zajął się więc mularką dachówką, *Chalicodoma pyrenaica* Lep., której było pod dostatkiem obok jego

domu<sup>9</sup>. Bez trudu złapał czterdzieści samicek. Przezorność była uzasadniona: z czterdziestu pszczoł zaledwie dwudziestka uleciała w powietrze. W przeciwieństwie do osmyków mularki nie odlatywały w jednym kierunku, lecz w różnych. Jednakże, o ile wzrok pozwalał ocenić, nawet te, które z początku leciały w kierunku przeciwnym do gniazda, kierowały się wkrótce we właściwą stronę. Los chciał, że pogoda nagle się zmieniła, zerwał się dość silny wiatr z kierunku, w którym miały lecieć mularki. Zapewne będą musiały lecieć nisko, co z kolei ograniczy pole ich widzenia — przypuszczał Fabre. Na stanowisku przy gnieździe badacz zostawił swą córkę, Aglaé, aby zanotowała czas powrotu pierwszego owada. Dzięki niej dowiedział się, że po czterdziestu minutach od wypuszczenia pierwsze dwie pszczoły pokonały czterokilometrowy dystans i powróciły do domu, do tego z zebraniem pyłkiem; ogółem zaś z dwudziestu wróciło piętnaście. Nasz uczone był przekonany, że gdyby nie niesprzyjające warunki meteorologiczne, wróciłyby wszystkie. Wszak trudno przypuścić, by pewne osobniki miały być pozbawione kierującego je zmysłu. O tym bowiem, że nie chodzi tu o pamięć znanego terenu, Fabre był najzupełniej przeświadczony! „One same nigdy nie zaleciałyby na taką odległość. Wszystko potrzebne do budowy i zaopatrzenia gniazda było na miejscu, pod brzegiem dachu mojej szopy: zaprawy murarskiej było pod dostatkiem na ścieżce u stóp muru, łąki, ubarwione kwiatami, otaczające dom dostarczały nektaru i pyłku. Będąc panami swego czasu nie będą szukały w odległości czterech kilometrów tego, co w obfitości znajdują o kilka kroków od gniazda. Zresztą widziałem je dzień w dzień, jak przynosiły budulec ze ścieżki i zbierały żniwa wśród kwiatów łąki, a szczególnie z szaławii. Według wszelkiego prawdopodobieństwa ich wyprawy nie przekraczają jakichś stu metrów. Jakże więc moje wywiezione pszczoły powróciły? Co je prowadzi? Bez wątplenia nie jest to pamięć, lecz specyficzna zdolność, co do której trzeba się ograniczyć do samego stwierdzenia jej istnienia na podstawie jej zadziwiających efektów, nie kusząc się o jej

<sup>8</sup> Tamże, s. 348-353.

<sup>9</sup> Tamże, s. 353-358.

wyjaśnienie, tak dalece wykracza ona poza naszą własną psychologię”<sup>10</sup>.

Lektura opisu tych doświadczeń na mularkach żywo zainteresowała Karola Darwina. O reakcji, jaką u niego wywołała, może świadczyć list do Fabre'a z 31 stycznia 1880 r.<sup>11</sup> Darwin ubolewa w nim przede wszystkim, że Fabre jest takim antagonistą teorii ewolucji, a w post scriptum pisze swoje uwagi na temat jego doświadczeń z mularkami. Widać, że Darwinowi nie odpowiada pogląd Fabre'a na intuicyjny charakter orientacji dalekiej tych owadów. Szuka więc eksperymentu, który tę sprawę mógłby rozstrzygnąć. Pisze mianowicie tak:

„Proszę mi pozwolić wysunąć pewną propozycję w związku z Pańskim wspaniałym doniesieniem o owadach odnajdujących drogę do domu. Pierwotnie chciałem spróbować tego na gołębiach. Miano wicie przenieść umieszczone w papierowych tutkach owady ze sto kroków w kierunku przeciwnym do tego, w którym ostatecznie zamierzał je Pan zanieść; lecz zanim Pan zawróci, włożyć owady do okrągłego pudełka z osią zrobioną w tym celu, aby je gwałtownie obrócić najpierw w jednym kierunku, a potem w drugim, tak by na pewien czas pozbawić je poczucia kierunku. Czasem wydawało mi się, że zwierzęta mogą wyczuwać, w jakim kierunku je na początku niesiono. Gdyby ten plan zawiódł, zamierzałem umieścić gołębie wewnątrz cewki indukcyjnej, tak aby zakłócić wrażliwość magnetyczną czy diamagnetyczną, którą mogą posiadać”.

W liście zaś z 20 lutego 1880 r. dorzucił:

„... Myśl o tym doświadczeniu przyszła mi do głowy, jeśli się nie mylę, po przeczytaniu w książce o podróżach Wrangla po Syberii o cudownej umiejętności Samojedów utrzymywania kierunku we mgle, podczas wędrowania krętymi szlakami wśród zwałów lodu...”<sup>12</sup>.

Fabre'owi projekt ten wydał się znakomity<sup>13</sup>, zważywszy, że na wsi często w podobny sposób „kołują” koty, których chcą się pozbyć. W końcu kwietnia kolonia mularek była już w pełni aktywności. Fabre również był gotów do eksperymentu. 2 maja 1880 r. podjął próbę<sup>14</sup>. Przeprowadził ją bardzo skrupula-

tnie. Nacechował białą farbą dziesięć mularek. Poszedł najpierw pół kilometra w przeciwnym kierunku polną ścieżką; tam wykonał rotację blaszanką z uwieczonymi owadami. Następnie zaniósł pszczoły na zachód od Sérignan najbardziej odosobnioną ścieżką przez pola. W połowie drogi znów rotacja i trzeci raz, przed wypuszczeniem pszczół, ok. 3 km od punktu wyjścia. Dokonał tego o godz. 14<sup>15</sup> przy czystym niebie i lekkim powiewie z północy. Większość błonkówek okrążyła go kilka razy, po czym udały się w kierunku Sérignan. W kwadrans później córeczka, Antonia, zauważyła przy gnieździe pierwszą z nich; do wieczora wróciły jeszcze dwie dalsze. Następnego dnia doświadczenie zostało identycznie powtórzone z dziesięcioma mularkami. Od poprzednich różnił je tylko kolor plamki, która tym razem była czerwona. Wypuszczono je o godz. 11<sup>15</sup>, pierwszą zaś Antonia zauważyła przy gnieździe o godz. 11<sup>20</sup><sup>15</sup>. W sumie z dziesięciu powróciły cztery. 4 maja do doświadczenia użył Fabre aż pięćdziesięciu mularek nacechowanych niebiesko. Znów większość odleciała w stronę gniazdowiska; jedna została w tutce papierowej. Tym razem powróciło 17. Ostatnie z tej serii doświadczenie odbyło się 14 maja. Wynik: z dwudziestu pszczół wróciło siedem. Wszystkie więc zabiegi, owe obroty, kierowanie się w stronę przeciwną itp., okazały się daremne. W sumie na 89 wypuszczonych z odległości 3 km od gniazda samic mularki dachówki, *Chalicodoma pyrenaica* Lep., powróciło 31, czyli 34,8%. Problem pozostał równie mroczny, jak poprzednio.

Po upływie roku, 16 maja 1881 r., Fabre podjął temat na nowo w nieco zmienionych warunkach. Dotychczasowe doświadczenia były przeprowadzane na równinie z nielicznymi przeszkodami. Tym razem przeszkodę stanowiły stumetrowe wzgórza i las. Zaniechano zaś wszelkiego „kołowania” owadów. I cóż, z wypuszczonych w lesie z odległości 4 km czterdziestu mularek powróciło dziewięć. Był to niższy procent (23%) niż poprzednio. Zdaniem Fabre'a mogło wpłynąć na to kilka przyczyn: niektóre z owadów mogły być w złej formie (malował je w pośpiechu na

<sup>10</sup> Tamże, s. 358.

<sup>11</sup> F. Darwin: The life and letters of Charles Darwin. T. III., wyd. J. Murray, Londyn 1888, s. 220-222; por. J.-H. Fabre: op. cit., II série, Paryż 1921, s. 106.

<sup>12</sup> Por. G.-V. Legros: La vie de J.-H. Fabre naturaliste. Wyd. Delagrave. Paryż 1924, s. 200.

<sup>13</sup> J.-H. Fabre: op. cit., s. 106-116.

<sup>14</sup> Tamże, s. 117-125.

<sup>15</sup> Leciała więc z prędkością ok. 10 m/sek.

miejsu doświadczenia). Również niebo było nieco zachmurzone.

Niestrudzony badacz nie zrażony tym, że pszczoły wciąż powracały, ale nie powracały w 100%, chwycił się jeszcze jednego sposobu. Wywiózł wozem w blaszanych pudełkach 15 mularek daleko od gniazd, po czym zmienił kierunek tak, by w końcu po przebyciu ok. 9 km przybliżyć się na 2,5 km do ich gniazdowiska. W tym miejscu wypuścił również 15 osobników odmiennie nacechowanych, przywiezionych tam prostą drogą przez syna. Różnica w procentach powrotu pszczół obu grup okazała się nieistotna: z pierwszych powróciło 7 osobników (46%), z drugiej grupy zaś 6 (40%; tj. średnio 43%). I ta metoda więc zawiodła.

Wobec niepowodzenia pierwszych eksperymentów (z obracaniem pszczół przed uwolnieniem) Fabre postanowił skorzystać z innej propozycji Darwina<sup>16</sup>, by przed wypuszczeniem umieścić owady „wewnątrz cewki indukcyjnej, tak aby zakłócić wrażliwość magnetyczną, czy diamagnetyczną, którą mogą posiadać”. Szkopuł był w tym, jak poddać maleńkiego owada działaniu tak nieporęcznego przyrządu jak cewka indukcyjna. Darwin jednak znalazł na to sposób: poradził Fabre'owi „namagnesować bardzo cienką igłę; następnie połamać ją na bardzo krótkie kawałki, które nadal będą namagnesowane, i przykleić jeden z tych kawałków odrobiną kleju do tułowia owada, na którym ma być przeprowadzony eksperyment. „Wierzę — pisał Darwin — że taki magnesik z takiego bliskiego sąsiedztwa układu nerwowego owada powinien nań wpływać silniej niż prądy ziemskie”.

Niestety, owady z przyklejonymi kawałkami namagnesowanej igły po wypuszczeniu padały na ziemię, tarzały się po niej, a dopiero potem odlatywały i trafiały do gniazda, ale już bez igielki. Dla rozstrzygnięcia, czy owo początkowe zakłócenie jest wynikiem działania sił magnetycznych, czy po prostu obcego ciała, Fabre w analogiczny sposób przykleił mularce kawałek słomki. Owad zachował się tak samo. A więc zakłócenie pochodziło nie od magnetyzmu, lecz od obciążenia obcym ciałem.

Nieliczne wprawdzie eksperymenty przeprowadzone na pszczole mularce, *Osmia tricornis* Latr.<sup>17</sup>, wykazały, że tak samice, jak i samce potrafiły wracać do gniazda (tego rodzaju eksperymenty Fabre przeprowadził na *Chalicodoma muraria* Retz., *Ch. pyrenaica* Lep., *Osmia tricornis* Latr. i *Cerceris tuberculata* Vill.).

Skoro hipoteza orientacji magnetycznej również zawiodła, Fabre wrócił w swych badaniach z konieczności do koncepcji niezanego zmysłu orientacji, czy — jak też go nazywał — topograficznego. Nawet wówczas nie zdradził swej zasadniczej postawy badacza-empiryka, obserwatora i eksperymentatora. Skoro nie udawało się odkrycie natury tego „zmysłu” i mechanizmu jego działania, podjął poszukiwania jego anatomicznej siedziby<sup>18</sup>. Utarta już droga nawyku, który w czułkach (antennae) owadów kazał szukać „ucieczki we wszystkich przypadkach, gdy działanie owada nie jest dość jasne”, skierowała jego uwagę na ten narząd. Przecież piaskówka jedwabista, *Ammophila holosericea* (F.), właśnie z czułków korzysta, wyszukując ukrytą w glebie szarą gąsienicę rolnicy zbożówki, *Agrotis segetum* Den. et Schiff. Czy „te poszukiwawcze wąsiki, które zdają się kierować zwierzę w czasie polowania, nie mogą go również kierować w podróży?” — pytał nasz uczoney. W tym duchu podjął serię doświadczeń na mularkach (*Chalicodoma* sp.) oraz osmykach (*Cerceris tuberculata* Vill.), którym amputował czułki u samej nasady i wypuszczał je z dala od gniazda. Operowane żądłówki obu gatunków wracały tak samo jak osobniki normalne. Jedynie mularki bez anten nie podejmowały pracy.

Jaki to więc zmysł i gdzie mający siedlisko, kieruje owadami w ich drodze, Fabre nie zdołał stwierdzić. Rozwaga kazała mu odrzucić myśl Toussenela, autora książki pt. „Umysł zwierząt”, który przewodników gołębi doszukiwał się we wzroku i meteorologii<sup>19</sup>. Zdaniem Fabre'a pszczoły mularki nie mogły się kierować wzrokiem, szczególnie gdy zostały wypuszczone w lesie. Ich stosunkowo niski lot, 2-3 m nad ziemią, nie pozwala na ogólne spojrzenie. Po kilku krzywych orientacyjnych, wypuszczone,

<sup>17</sup> Tamże, s. 146-147.

<sup>18</sup> Tamże, s. 144-145.

<sup>19</sup> Tamże, s. 141-142.

<sup>16</sup> J.-H. Fabre: op. cit., s. 125-129, 141-144.

bez względu na środowisko kierują się w stronę gniazda. Owszem, wzrok umożliwia im omijanie przeszkód, lecz nie informuje o zasadniczym kierunku. Nie może być również mowy o wykorzystywaniu danych meteorologicznych. W odległości kilku kilometrów, dokąd wywieziono owady, klimat się nie zmienił. Zresztą ich krótki, kilkutygodniowy żywot nie pozwoliłby na to, by doświadczenia upału, zimna, suszy i wilgoci wiele je nauczyły. A gdyby nawet znały strony świata, charakter klimatologiczny miejsca, gdzie leży ich gniazdo, i miejsca, gdzie zostały uwolnione — kierunek, jaki należy obrać, pozostałby dla nich nieokreślony. Ten tok rozumowania Fabre'a i wyniki doświadczeń uzasadniają konkluzję: „Nie wiemy.”

Fabre, jak każdy rasowy przyrodnik, kierujący się zasadą ekonomiki myślenia, skłonny był szukać najprostszycy wyjaśnień dla obserwowanych zjawisk. Dlatego w pierwszym odruchu upatrywał mechanizm orientacji przestrzennej piaskówki w pamięci topograficznej. Cechował go przy tym krytycyzm i — choć to może brzmieć paradoksalnie — on to właśnie doprowadzić go musiał do wysunięcia hipotezy tajemniczego, „intuicyjnego” zmysłu kierunku. Nawet przez chwilę nie przypuszczał on bowiem, że owady mogą znać teren o promieniu paru kilometrów. A przecież wystarczyło wywieźć mularki na — powiedzmy — odległość 15 km i wniosek taki musiałby się mu narzucić. Warto zresztą zauważyć, że i Darwinowi widocznie też nie przyszło to do głowy. W poglądach Fabre'a mamy więc do czynienia nie tyle ze sprzecznością, co ze zrozumiałą w historycznym aspekcie powstawania jego dziesięciotomowego dzieła ewolucją.

Na interpretacji wyników eksperymentów nad orientacją daleką (bo tak ten etap orientacji przestrzennej, wyodrębniony dopiero przez Watsona i Lashleya w 1915 r.<sup>20</sup>, obecnie za nimi nazywamy) zaciążyła jeszcze jedna sprawa. Za czasów Fabre'a biologowie jeszcze nie posługiwali się metodami statystycznymi. Potwierdza to fakt przejścia bez echa prac G. Mendla, który w tym okresie (1886) zrobił

właśnie indywidualny wyłom w tej zasadzie. Jak wiadomo, dopiero w 1900 r. prawa genetyki zostały ponownie odkryte. Nowa era matematyzacji biologii już się zaczęła. W tej sytuacji trudno się dziwić, że Fabre szuka raczej najbardziej fantastycznych wyjaśnień powodów, dla których nie wszystkie wypuszczone przezeń osobniki wracały do gniazda, trzymając się jednocześnie swej hipotezy zmysłu powrotu do gniazda, niż by miał przypuścić, że owadami rządził po prostu przypadek.

Możemy natomiast sądzić, że możliwość tę przeczuwał już, jeśli wręcz nie przyjmował jej jako właściwego wytłumaczenia zdobytych przez Fabre'a faktów, Bouvier (1901)<sup>21</sup>. Zanalizował on mianowicie wyniki jego doświadczeń na *Chalicodoma pyrenaica* Lep. i stwierdził, że ilość owadów powracających do gniazda w stosunku do ilości osobników wypuszczonych zmniejsza się prawie matematycznie ze wzrostem odległości, z jakiej je wypuszczono, a mianowicie: z 2,5 km na terenie płaskim wróciło 40 do 46%, z 3,0 km na tym samym terenie — 35%, z 4,0 km w terenie pagórkowatym — 23%. Zastanawiająca jest tutaj uwaga Bouviera, że w terenie równym z 4 km należałoby się spodziewać 26% powrotów. Autor, niestety, nie wyjaśnił drogi swego rozumowania. Nasuwa się przypuszczenie, że przyjął on, iż dla różnych odległości ( $l$ ) procent powrotów,  $P(l)$  jest funkcjonalnie związany z  $l$  w taki na przykład sposób, że dla  $P \leq 90\%$

$$l \cdot \sin(P \cdot 1^\circ) = c = \text{const.},$$

a stąd

$$P = \arcsin \frac{c}{l};$$

w naszym przypadku

$$c = 2,5 \text{ km} \cdot \sin 44^\circ = 3 \text{ km} \cdot \sin 35^\circ = 1,71 \text{ km};$$

zatem po podstawieniu tej wartości  $c$  dla 4 km otrzymamy spodziewaną wartość  $P$ :

$$P_{4 \text{ km}} = \arcsin \left( \frac{1,71 \text{ km}}{4,00 \text{ km}} \right) = 26 (\%),$$

właśnie tę, którą podaje Bouvier.

Dopiero wiek XX dał niedwuznaczne sfor-

<sup>20</sup> J. B. Watson i K. S. Lashley: Homing and related activities of birds. Publ. 211 Carneg. Inst., 7, 1915, s. 1-104.

<sup>21</sup> E. L. Bouvier: Les habitudes des *Bembex* (Monographie biologique.) Année psych., 7 (1900), 1901, s. 1-68.

mułowanie tak oczywistej obecnie dla nas tezy, że owady na ogół zawsze wracają ze strefy znanej, tzw. strefy życiowej<sup>22</sup>, natomiast tylko część ich powraca z terenu obcego. Mogą przy tym powracać nawet z bardzo daleka, np. pszczoła miodonośna nawet z odległości 13 km<sup>23</sup>. Jaka część — tego jeszcze do dziś dnia nie wiemy.

Wilkinson (1952) uczynił pierwszą świadomą próbę statystycznego ujęcia przypadkowego powrotu ptaków do gniazda z terenu nie znanego<sup>24</sup>. Posłużył się dość adekwatnym, jak się wydaje, modelem fizykalnym ciepłego ruchu cząsteczek cieczy w układzie zamkniętym. Niestety, model ten jest trudny do wykorzystania, jeśli chodzi o powiązanie procentu powracających zwierząt z promieniem strefy im znanej, co jest zagadnieniem ważnym dla teorii orientacji przestrzennej. Być może iż próba autora niniejszego szkicu, aczkolwiek oparta na bardziej sztucznym modelu powrotu prostoliniowego w wybranym na chybił trafił przez zwierzę kierunku, zasygnalizowana w 1964 r.<sup>25</sup>, a obecnie opracowywana dokładniej, okaże się bardziej przydatna do tego celu. Nie wdając się w szczegóły można stwierdzić, że dla odległości od gniazda ( $l$ ) dostatecznie dużych, w porównaniu ze średnim dla danej populacji promieniem strefy znanej (= życiowej) ( $R$ )

$$\frac{l}{R} \geq 1,20,$$

proporcja powracających owadów (przy zaniebaniu innych zakłóceń) powinna w przybliżeniu wynosić

$$P \approx \frac{\arcsin \frac{R}{l}}{180^\circ}$$

(przy czym  $P$  będzie wyrażone w ułamku). Według tej hipotezy można by z odpowiednio

reprezentatywnych danych doświadczalnych  $P$  dla znanych  $l$  szacować średni promień strefy życiowej ( $R$ ):

$$R \approx l \cdot \sin(P \cdot 180^\circ); \quad \text{dla } P \leq 0,14.$$

Sprawdzenie stosowności tej hipotezy wymagać będzie jeszcze szerszej konfrontacji z danymi doświadczalnymi<sup>26</sup>.

W każdym razie w świetle tej historii nie można traktować jako zarzutu tego, że Fabre nie uprzedził swej epoki i nie sformułował poglądów, które pojawiły się dopiero w dwadzieścia lat po jego publikacji, a nie doczekały się zadowolającego opracowania nawet w ciągu następnych sześćdziesięciu lat! Podobnie jak nie można byłoby oczekiwać, by zamiast wysuwać hipotezę o zmyśle powrotu do gniazda, przypuścił, że pszczoły na dłuższych trasach kierują się jako kompasem wzorami spolaryzowanego światła błękitu nieba, uwzględniając ich dobowe zmiany, o czym wiemy dopiero od kilkunastu lat. Pozostaje natomiast faktem, że doświadczenia nad orientacją daleką przeprowadził na obszernym materiale, w bardzo krytyczny sposób, tak że do dziś nie straciły one wartości dokumentacyjnej.

### Orientacja bliska

Od tego obrazu nie odbiega zasadniczo sytuacja badań Jean-Henri Fabre'a nad orientacją latających żądłówek w pobliżu gniazda, a więc na etapie, który za Watsonem i Lashleyem (1915) oraz Rabaudem (1927)<sup>27</sup> nazywamy orientacją bliską (choć nie przyjmujemy ich kryterium podziału)<sup>28</sup>. Jak w orientacji dalekiej mamy do czynienia z polem orientacji dalekiej, które — jak widzieliśmy — rozsądnie będzie uważać za jednoznaczne ze strefą życiową (Griffo, 1961) zwierzęcia, tzn. obszarem znanym mu w ciągu jego życia, tak po-

<sup>22</sup> J. V. Griffo Jr.: A study of homing in the cotton mouse, *Peromyscus gossypinus*. Amer. Midland Nat., 65, 1961, s. 257-289.

<sup>23</sup> J. E. Eckert: The flight range of the honeybee. J. Agric. Res., 47, 1933, s. 257-285.

<sup>24</sup> D. H. Wilkinson: The random element in bird „navigation”. J. Exp. Biol., 29, 1952, s. 532-560.

<sup>25</sup> J. A. Chmurzyński: Studies on the stages of spatial orientation in female *Bombus rostrata* (Linné 1758) returning to their nests (*Hymenoptera, Sphegidae*). Acta Biol. Exper. (Warsaw), 24, 1964, s. 103-132.

<sup>26</sup> Czytelnik może bez trudu sprawdzić, że z analizy wyników Fabre'a na mularce *Chalicodoma pyrenaica* Lep., którymi zajmował się Bouvier, przybliżona wartość promienia strefy życiowej ( $R$ ) wynosi ok. 2,6 km.

<sup>27</sup> É. Rabaud: L'orientation lointaine et la reconnaissance des lieux. F. Alcan, Paryż 1927, s. 112.

<sup>28</sup> J. A. Chmurzyński: Studies on the stages of spatial orientation..., oraz tenże, Orientacja przestrzenna latających błonkówek. Przegl. Zool., 8, 1964, s. 119-137.



lem orientacji bliskiej można nazwać obszar, w którym zwierzę odszukuje najbliższe otoczenie gniazda. Operacjonistycznie zdefiniowaliśmy go (Chmurzyński, 1964, por. przyp. 25) jako strefę, w obrębie której owad podąża jeszcze za przesuniętymi cechami środowiska skojarzonymi przezeń pamięciowo z bezpośrednim otoczeniem wejścia do gniazda. Aczkolwiek ani pojęcie pola orientacji, ani też podział orientacji przestrzennej na etapy za czasów Fabre'a jeszcze nie istniały, był on bodajże pierwszy w zoopsychologii, który takie doświadczenie „przesunięciowe” przeprowadził (1879)<sup>29</sup>.

Wykorzystał on fakt, że *Chalicodoma muraria* Retz. zwykle gnieździ się na trwałym podłożu. Pod nieobecność mularki przesunął kamień z gniazdem na odległość ok. 2 m od dawnego miejsca. Pszczoła wróciła wprost na stare miejsce, latała nad nim — a więc odbyła, jak byśmy dziś powiedzieli, lot rozpoznawczy — i siadła dokładnie tam, skąd zabrano gniazdo. Tam długo szukała chodząc, po czym na krótko odleciała. Powtórzyło się to kilkakrotnie. Trzeba przy tym podkreślić, że gniazdo w nowym położeniu było dobrze widoczne, rzekomo to pszczoła nie zwracała na nie uwagi, chociaż kilka razy nad nim przelatywała. Gdy takie przesunięcie gniazda nastąpiło na odległość 2 lub 3 m, pszczoła do gniazda w nowym położeniu już nie podlatywała. Gdy zaś dystans był mniejszy (np. 1 m), po krótszym lub dłuższym czasie gniazdo zostawało odnalezione, jednakże pszczoła nie przyjmowała go już pod swą opiekę. A więc autor określił eksperymentalnie promień pola orientacji bliskiej ( $r$ ) mularki murówki. U badanego przezeń osobnika w danych warunkach topograficznych gniazda zawierał się on w granicach  $1\text{ m} \leq r < 2\text{ m}$ .

Fabre nie mógł uwierzyć, by mularka, która jest zdolna odnaleźć gniazdo z odległości kilku kilometrów, nie była w stanie odszukać go z oddalenia jednego czy dwóch metrów. Wnosił on ze swych doświadczeń, że pszczoła dobrze pamięta miejsce położenia gniazda, natomiast nie zna własnego gniazda. Dlatego tę zdolność orientacyjną proponował nazwać instynktem topograficznym<sup>30</sup>.

Pomijając termin „instynkt”, którego obecnie w tym znaczeniu byśmy nie użyli, musi nas uderzyć słuszność i trafność wniosku Fabre'a. Obecnie taki fakt pamięci miejsca nas nie dziwi: wszak mewa również nie pamięta swego gniazda i złożonych w nim jaj, lecz jego położenie. Osiemdziesiąt lat temu było to stwierdzenie bardzo śmiałe.

W opisach Fabre'a możemy również znaleźć wzmianki o precyzji orientacji bliskiej żądłówek, czyli o tym najbardziej wewnętrznym polu orientacji najbliższej, w którego obrębie owad odnajduje już nie otoczenie gniazda, ale samo wejście do niego<sup>31</sup>.

Oto autor opisuje swym jędrnym językiem powrót wardzanki, *Bembex integra* Panz. s. *tarsata* (?) z łupem do gniazda. Gniazdo znajdowało się w piaszczystym podnóżu pionowej skarpy. Owad przyleciał na poziomie skarpy, opuścił się wzdłuż ściany, zatrzymując się od czasu do czasu lotem zawisającym, znów unosił się, opadał, aż wreszcie osiadł na piasku w miejscu, które dla ludzkiego oka niczym nie różniło się od sąsiednich. Czy owad siadł na chybił trafił i teraz zabierze się do szukania norki? Otóż nie. Po prostu chwilę kopał i znikł w kanale norki wraz z łupem. Brak wprowadzić dokładnego szacunku odległości, ale można rozumieć, że obszar, na którym wardzanka wylądowała, rozciągał się nie więcej niż 1-1,5 cm od wejścia do norki, jak zwykle u tego gatunku starannie zamaskowanego piaskiem. I to właśnie jest, jak to nazywamy dzisiaj, pole orientacji najbliższej.

Fabre nie poprzestał tylko na obserwacji wardzanki odszukującej otoczenie norki. Usiłował stwierdzić doświadczalnie, jakie zmysły umożliwiają jej odnalezienie gniazda<sup>32</sup>.

W pierwszym rzędzie próbował ocenić rolę wzroku. Nakrył wejście do norki wardzanki płaskim kamieniem wielkości dłoni. Po powrocie osa nie wykazała wyraźnego zakłócenia, podobnie jak w innym eksperymencie, po rozkopaniu korytarza norki. Chodziła po kamieniu i próbowała kopać w miejscu, gdzie powinno się znajdować wejście.

Wtedy połączył on bodziec wzrokowy z węchowym, pokrywając po odpedzeniu osy wejście do gniazda i jego otoczenie o powierzchni

<sup>29</sup> J.-H. Fabre: *Souv. ent.*, I série, s. 359-361.

<sup>30</sup> Tamże, s. 361.

<sup>31</sup> Tamże, s. 281-283.

<sup>32</sup> Tamże, s. 308-311.

0,25 m<sup>2</sup> warstwą świeżego końskiego nawozu. To również nie dało spodziewanego efektu. Owad obejrzał z góry tak zmienione miejsce (a więc jednak pewien wyraz zakłócenia orientacji, przedłużenie czasu trwania lotu rozpoznawczego! — J. C.), po czym usiadł dokładnie na miejscu wejścia do norki. Podobnie nie odniosło większego dezorientującego skutku pokrycie gniazda i jego otoczenia warstwą mchu nasączonego eterem przed powrotem osy. Silny zapach w pierwszej chwili zahamował owada, który jednak po przejściowym wahaniu siadł, gdzie należało, i zaczął przedostawać się poprzez przeszkodę. „Coś bardziej niezawodnego od woni mówi mu, gdzie jest jego gniazdo” — orzekł Fabre.

Niezmordowany badacz rzucił jeszcze jedno wyzwanie równie wytrzymałemu owadowi. Złapał osę, otoczenie gniazda pokrył mozaiką żwiru wielkości orzechów, po czym amputował czułki wardzance i wypuścił ją. Chociaż okaleczone zwierzę po powrocie zastało zmiany, które w naszej skali wymiarów można by przyrównać do pojawienia się zespołu megalitów w rodzaju szeregu menhirów w bretońskim Carnacu, równie łatwo jak poprzednio wardzanka znalazła wejście do norki. Zmiana barwy, zapachu, rodzaju materiału, wreszcie rana wywołana operacją, wszystko to nie zdało się na nic. Fabre był zmuszony przyznać, że „rozumie mniej niż kiedykolwiek, jak owad bez specjalnego przewodnika w postaci jakiejś nieznaney zdolności mógłby się zorientować, skoro zarówno wzrok, jak i węch zostały wyeliminowane w sposób, o którym mówię”.

Do podobnej konkluzji doprowadziły go doświadczenia przeprowadzone na nasteczniku (*Psammocharidae s. Pompilidae*) *Calicurgus annulatus* F.<sup>33</sup>. Owad ten, podobnie do piaszkówki (*Ammophila*), zostawia swój łup (spalizowanego żądłem pająka) na jakimś wzniesieniu, np. na kępcie trawy, po czym przystępuje do kopania norki. W czasie tej czynności osa od czasu do czasu wraca do swej ofiary. Skorzystał z tego Fabre i przeniósł pająka o 0,5 m od miejsca, gdzie osa go zostawiła. Po chwili była już na starym miejscu i stąd rozpoczęła poszukiwania, które wreszcie uwieńczył pomyślny skutek. Gdy tylko nastecznik udał się do norki, Fabre po-

wtórnie przeniósł łup na jeszcze inne miejsce. I oto owad znów zaczął poszukiwania, ale od razu od drugiego miejsca, którego więc nauczył się za jednym razem. Zabieg ten Fabre powtarzał jeszcze kilkakrotnie i za każdym razem osa zaczynała poszukiwania od miejsca, w którym pająk leżał ostatnio. „Czyż nasza pamięć mogłaby rywalizować z jego pamięcią? Bardzo wątpliwe.” Cóż jednak jest przewodnikiem nasteczніка?

Nastecznik odznacza się krótkim wzrokiem, gdyż — jak Fabre pisze — wielokrotnie przechodził o parę cali od pająka bez zwrócenia uwagi na swój łup. A nasz badacz z reguły kładł go na odkrytym miejscu. Jednakże rola węchu zdaje się być również wykluczona. Fabre bowiem ukrył zabranego nastecznikowi pająka w dołku w piasku i nakrył go cienkim listkiem. Zgodnie z planem eksperymentatora, osa w swych poszukiwaniach trafiła na listek, przeszła po nim w tę i z powrotem, jednakże — jak się wydaje — nie podejrzewając istnienia pająka pod liściem, o czym świadczyć mógłby fakt, że poszła dalej, kontynuując swe daremne poszukiwania. O ile charakter doświadczenia narzucał wprost wniosek, że nastecznik uczył się położenia pająka, o tyle zmysł, który umożliwiał jego lokalizację, pozostał nie wykryty.

Analizując wyniki Fabre'a dotyczące mechanizmu orientacji bliskiej *Bembex* i *Calicurgus annulatus* F. nie można zapominać tego, o czym wspomnieliśmy przy omawianiu problemu mechanizmu orientacji dalekiej latających żądłówek, a mianowicie o jego pionierskiej sytuacji. Sposób prowadzenia eksperymentów, dokładność, zależały głównie od jego inteligencji, a ich interpretację określało jego subiektywne poczucie prawdopodobieństwa. Tak jak psychologicznie nie było prawdopodobne, by uczony tamtych czasów mógł przypuścić, że pszczoła kieruje się słońcem jako kompasem wiedząc przy tym, w którym miejscu nieboskłonu ono w danej chwili się znajduje, tak nie mógł przypuścić, by *Ammophila*, *Bembex* czy *Calicurgus* mogły mieć w pamięci szczegółowy obraz dość rozległego terenu, na tyle szczegółowy, by dość duże zmiany w otoczeniu gniazda, jakimi było pokrycie go warstwą nawozu, mchu czy żwiru, nie były w stanie zniweczyć kompleksowej orientacji opartej na dalszych znakach orientacyjnych — co dziś

<sup>33</sup> J.-H. Fabre: op. cit., II série, s. 161-164.

uważamy za wyjaśnienie zagadki zachowania się tych owadów. Nie on jeden zresztą popełnił tego rodzaju błędy. Analogiczne wyniki otrzymał po nim Bouvier na *Bembex rostrata* (L.)<sup>34</sup> (brak zakłócenia orientacji po nakryciu norki różnymi elementami, np. małymi kamyczkami, dziesięciocentymetrowym kamieniem, mchem lub stosem gałązek). Jeszcze w trzydzieści przeszło lat po Fabrze Parker (1917)<sup>35</sup> również był zaskoczony brakiem dezorientacji *Microbembex monodonta* (Say) po deszczu, dyzlokacjach spowodowanych wiatrem, czy wreszcie jego eksperymentami — jak polaniem otoczenia norki wodą, położeniem na wejściu małych grudek piasku lub w jego pobliżu papieru, liści lub gruzu. *Microbembex* nie reagowała też na stratowanie otoczenia norki w promieniu 60 cm. Skłoniło go to do przyjęcia węchowego podłoża orientacji bliskiej tej błonkówki.

Trudno oczywiście z całą pewnością wyjaśnić paradoksalne wyniki tych autorów, skoro nasza obecna wiedza o mechanizmie orientacji przestrzennej owych błonkówek doszukuje się go w oparciu o liczne eksperymenty późniejszych autorów we wzrokowej pamięci miejsca. Zbyt skąpe są te relacje. Autorzy ci rzadko podawali siłę danego bodźca (np. rozległość dokonanych zmian), z reguły nigdy — niezmiernie ważnego opisu otoczenia naturalnego norki, czy jeszcze lepiej, szkicu sytuacyjnego lub fotografii w pracach późniejszych. Dlatego też nasza próba wytłumaczenia tych wyników może mieć tylko walor pewnego prawdopodobieństwa.

Jako punkt wyjścia weźmy małą notatkę Marchanda<sup>36</sup> o poczynionej przez niego przygodnie obserwacji *Bembex rostrata* (L.). Pod nieobecność wardzanki przesunął on odległy o 50 cm od jej norki ciemiężyk (*Vincetoxicum officinale* Mnch.) na odległość 60 cm, w kierunku pobliskiego starego młyna, kładąc na dawne miejsce rośliny kawałek stłuczonej bu-

telki. W 20 minut później błonkówka usiadła wprost na miejscu, skąd wyciął roślinę, chodziła zdeorientowana poruszając czułkami, wlatywała, wreszcie po 5 minutach, po krótkim wahaniu trafiła do norki. Marchand wysunął przypuszczenie, że punktami orientacyjnymi były dla niej stary młyn i ciemiężyk. Nie wykluczał też pewnej roli węchu, na zasadzie obserwacji czułków.

Opis ten pozwala na wyciągnięcie wniosku, że obserwowane gniazdo wardzanki znajdowało się w terenie ubogim w bliskie naturalne cechy orientacyjne. W tej sytuacji, jak często w przypadku nikłych cech orientacyjnych w pobliżu gniazda, orientacja bliska wardzanki opierała się w dużym stopniu na dalszych wybitnych cechach (młyn).

W przypadku cytowanych wyników Fabre'a (1879), Bouviera (1900, 1901) czy Parkera (1917) najprawdopodobniej dodatkowe znaki orientacyjne użyte przez nich, bądź inne zmiany poczynione w otoczeniu gniazda były zbyt nikłe; poza tym jest możliwe, iż eksperymentowali oni przy gniazdach położonych wśród istotnych naturalnych cech orientacyjnych, choćby nawet dość odległych. To był ich „pech”. Dla ścisłości trzeba dodać, że jak wiemy obecnie — w orientacji bliskiej wardzanek ujawnia się w warunkach doświadczalnych rola węchu, chociaż jest on podporządkowany wzrokowi. W gruncie rzeczy Fabre był o krok od stwierdzenia tego, gdyby tylko przywiązywał większą uwagę do zakłócenia (np. przedłużenia czasu trwania) lotu rozpoznawczego owada. Ta metoda wszakże została lepiej opracowana dopiero w połowie XX w.

#### Rozpoznanie gniazda

Zainteresowania Fabre'a nie zatrzymały się na etapie rozpoznania otoczenia gniazda. Badacz ten zajął się również etapem rozpoznania samego gniazda. Doświadczenia w tym zakresie podjął<sup>37</sup> na mularce murówce, *Chalicodoma muraria* Retz. Owad ten szczególnie nadawał się do tego celu, gdyż gniazda *Chalicodoma* można łatwo przemieszczać wraz z kamieniami, do których są przymocowane.

Eksperymentator zastosował metodę wzajemnej wymiany gniazd tych pszczół. Przy

<sup>37</sup> J.-H., Fabre: op. cit., I série, s. 362-365.

<sup>34</sup> E. L. Bouvier: Les habitudes des *Bembex*..., tenże, Le retour au nid chez les Hymenopteres predateurs du genre *Bembex*. C. R. Soc. Biol. Paryż, 52, 1900, s. 874-876.

<sup>35</sup> J. B. Parker: A revision of the *Bembicinae* wasps of America north of Mexico. Proc. U.S. nat. Mus., 52, 1917, s. 1-155.

<sup>36</sup> E. Marchand: Sur le retour au nid de *Bembex rostrata* Fabr. (Unique observation). Bull. Soc. Sci. nat. Ouest, 10, 1900, s. 247-250.

użyciu gniazd o jednakowym stadium, mularki nie wykazały zauważalnego wahania nim podjęły dalszą pracę opieki nad potomstwem. Tak samo kontynuowały swe zajęcia po przywróceniu status quo i ponownej zamianie.

Następne, analogiczne doświadczenie Fabre przeprowadził na dwóch gniazdach znajdujących się w mniej więcej jednakowym stadium i zbudowanych w bardzo bliskim sąsiedztwie (3 cm) tak, że każda mularka-gospodyni mogła równocześnie widzieć swoje gniazdo i sąsiednie. Rezultaty nie różniły się od poprzednich.

W tej sytuacji nasz badacz postawił sobie pytanie, czy przyczyną takiej tolerancji nie jest, być może rozstrzygający, fakt, że zamieniane gniazda nie różniły się w istotny sposób. Aby się co do tego upewnić, w następnym eksperymencie wykorzystał odległe od siebie o 1 m gniazda w różnych stadiach zaawansowania. Dezorientacja pszczół, choć nieco większa niż w poprzednich doświadczeniach, nie trwała jednak długo. Właścicielka starego gniazda, znalazwszy gniazdo z jedną tylko komorą, złożyła w nią swój pożytek i wybrała się na następną wyprawę aprowizacyjną. Druga mularka miała nieco trudniejsze zadanie: znaleźć tę z ośmiu komór, do której dopiero zaczęto znosić pyłek. Gdy tego dokazała, podjęła normalną pracę, jak poprzednia. Nawet przy kilkakrotnej zamianie, pomimo zrozumiałych wahań, obie pszczoły pracowały, by wreszcie znieść jaja, nieważne w czym gnieździe, skoro tylko komora była dostatecznie napełniona ciastem pszczelim.

„Te fakty wyjaśniają dostatecznie — pisze Fabre — dlaczego wahać się użyć nazwy «pamięć» dla tej niezwyklej zdolności, która przyprowadza owada z taką dokładnością na miejsce położenia swego gniazda, a nie pozwala mu odróżnić swego dzieła od pracy innego, choćby różnice były nawet bardzo duże”.

Trzeba przyznać, że taką konkluzją czujemy się zawiedzeni. Tutaj Fabre-teoretyk, interpretator własnych pomysłowych i cierpliwych eksperymentów wyraźnie nie dorównał Fabre'owi-empirykowi. Nie zwrócił on bowiem uwagi, że omawiana seria doświadczalna dotyczyła trzech zagadnień i wobec tego interpretacja jej wyników powinna zawierać odpowiednie wnioski:

(1°) położenie gniazda na zapamiętanym (dlaczegoż by nie?!) miejscu dominuje w orientacji przestrzennej odszukującej gniazdo mularki murówki (*Chalicodoma muraria* Retz.) ♀ nad pamięcią jego wewnętrznej struktury;

(2°) owad ten jest w stanie odróżnić zapamiętaną wewnętrzną budowę swego gniazda od struktury innej, nie znanej (o tym mówi zakłócenie orientacji, „wahanie”, tak wyraźne w ostatnim eksperymencie);

(3°) mularka wykazuje plastyczność zachowania się, dużą tolerancję na zmiany w środku gniazda. Ostatni wniosek zresztą nie dotyczy już interesującego nas tu problemu orientacji przestrzennej, przeciwnie niż wniosek dodatkowy, mianowicie że

(4°) precyzja orientacji bliskiej mularki pozwala jej zlokalizować gniazdo w granicach promienia mniejszego niż 3 cm (dlatego nie myliła sąsiedniego gniazda z własnym, leżącym tak blisko, i vice versa, po doświadczalnej ich zamianie).

Trzeba podkreślić, że wnioski te odnoszą się oczywiście tylko do tego gatunku; u innych mularek, nie mówiąc już o innych rodzajach czy rodzinach *Apoidea*, sprawy mogą się mieć inaczej.

#### Zakończenie

Spróbujmy na koniec podsumować wkład Fabre'a do wiedzy o orientacji przestrzennej latających żądłówek.

Jak widać z niniejszego artykułu, który jest — jak się wydaje — pierwszym systematycznym opracowaniem badań Fabre'a nad tym zagadnieniem, wkład ten jest poważny. Jak to zaznaczyliśmy we wstępie, badacz ów spełnił w tym zakresie rolę pionierską. Pomimo wzmiankowanych już niekonsekwencji Fabre'a jako interpretatora własnych badań, choćby takich jak przyznawanie roli pamięci wzrokowej owadom w ich orientacji i niemalże jednoczesne twierdzenie, że nie może ona tłumaczyć obserwowanych zjawisk, wykonał on ważną i istotną pracę.

Jako pierwszy postawił on zasadnicze zagadnienia dotyczące orientacji przestrzennej, jak: czy owady są w stanie wracać do gniazda z każdej odległości?, co wpływa na to, że nie wszystkie osobniki powracają?, jaki jest mechanizm powrotu owadów z dużych

odległości?, czym kierują się one w odnajdowaniu gniazda w jego najbliższym otoczeniu, czy bodźcami płynącymi z samego celu, czy bodźcami związanymi z topografią?, jaka jest rola w orientacji owadów bodźców pochodzących z wewnętrznej struktury gniazda lub innych cech (np. zapachu) właściwych dla samego gniazda?

Fabre pierwszy zastosował elementarne metody badawcze właściwe dla tego problemu, jak zakłócenie otoczenia gniazda, przesuwanie elementów otoczenia gniazda, wywożenie osobników, amputację czułków, użycie magnesu (to pod wpływem Darwina) itp.

Obok wniosków, które były psychologicznie zupełnie zrozumiałe, ale okazały się błędne, dokonał pewnej ilości istotnych odkryć, z których pewne sam słusznie zinterpretował, inne znów dzięki rzetelnemu i krytycznemu przeprowadzeniu doświadczeń i obserwacji oczekują do dzisiaj nowoczesnej interpretacji.

Do pierwszej grupy bezspornych osiągnięć pozytywnych Fabre'a, choćby implicite słusznie przez niego zinterpretowanych, należą następujące:

Owady mogą powracać do gniazda z terenu nie znanego, przy czym im dalej wywiezione, tym mniejszy procent ich wraca. Rzeczywiście więc owady powracające z bardzo daleka (np. powyżej 3 km) nie kierują się w swym locie, przynajmniej do czasu powrotu do strefy znanej, pamięcią wzrokową; nie gra tu też roli zmysł magnetyczny (nie podzielamy natomiast poglądu Fabre'a, że za pomyślny powrót do gniazda odpowiada jakiś „intuicyjny” zmysł orientacyjny). Przeniesienie elementów otoczenia gniazda (w przypadku mularki, *Chalicodoma*, nawet wraz z samym gniazdem) poza pewną strefę, którą dziś nazywamy polem orientacji bliskiej, nie zwabia gospodyni do nowego miejsca. Tu, przy odnajdywaniu najbliższego otoczenia norki bądź innego gniazda, nie odgrywa istotnej roli węch ani, jakkolwiek by on nie był, zmysł antennalny. Orientacja bliska takich owadów, jak wardzanka (*Bembex*), czy mularka (*Chalicodoma*), jest bardzo precyzyjna i pewna.

Do odkryć stanowiących „surowiec” naukowy zaliczyliśmy np. wartości procentów powrotów mularek do gniazda w zależności od

odległości, z której je wypuszczono, co — jak zasygnalizowałem — pozwala na wyciągnięcie wniosku, że powrót ich spoza strefy znanej ma charakter przypadkowy, oraz pozwala na oszacowanie promienia tej strefy w owych warunkach terenowych. Z przedstawionych danych możemy również w przybliżeniu określić promień pola orientacji bliskiej tej pszczoły oraz precyzję jej orientacji w tym etapie.

Mimo więc wielu luk i błędnych poglądów, jakie pozostawił po sobie w tym względzie, Fabre zarówno zapoczątkował gromadzenie faktów dotyczących orientacji przestrzennej latających żądłówek, jednego z ważnych zagadnień psychologii zwierząt jak i, w może jeszcze większym stopniu, naszkicował problemy, którymi dalej trzeba się będzie zająć; a to jest, jak wiadomo, cechą pracy badawczej z prawdziwego zdarzenia.

Można wreszcie dać upust uczuciu pewnego zawodu, że badacz ten nie docenił metodycznego znaczenia tego rodzaju zachowania się owadów, które nazywane bywa potocznie „wahaniem się” lub technicznie — „lotem rozpoznawczym”. Zwrócenie uwagi na to zjawisko ustrzegłoby go, być może, przed wysnuciem wniosku, że mularki nie odróżniają cudzych gniazd od swoich albo że w orientacji bliskiej nie kierują się wzrokiem. Wszakże świadomie metodę tę zaczęto stosować dopiero w połowie bieżącego stulecia, a więc w 70 lat po badaniach Fabre'a. Przesadą byłoby stawiać mu zarzut, że nie był większym geniuszem niż był nim w istocie.

## Summary

In his article the author undertakes for the first time from the viewpoint of modern ethology a systematical analysis of homing investigations described by J. H. Fabre in his "Souvenirs entomologiques".

Among the problems set up by Fabre were such questions as whether the insects do return to their nests from any distance, why not all individuals return, what are the stimuli and whether they are connected with the nest itself (e.g. its odour) or with its topography.

The elementary methods applied by Fabre for the first time consisted in disturbing the normal surrounding of the nest, carrying the individuals away, amputation of antennae, using magnetic influence (this latter suggested by Ch. Darwin) a.s.o.

Some notions obtained in this way proved to be erroneous, though psychologically right, some others

resulted in true discoveries interpreted by Fabre himself or owing to their accuracy and criticism awaiting still interpretation.

Among the errors that had heavy consequences was Fabre's assumption that the insects (*Ammophila*, *Cerceris*, *Chalicodoma*) do not know a larger territory and that their visual memory cannot be superior to human memory. Fabre never suspected that some of the individuals carried away from nest may return to it accidentally and thus his theory of "sentiment topographique" becomes comprehensible. The pages of his work are, however, penetrated by the sound idea that memory and sight play a prominent role in spatial orientation of insects.

Among Fabre's positive results is his statement that insects may return to their nest from a territory that is not familiar to them, and that the greater the distance at which they have been exported to, the smaller is the percentage of those that return. In reality insects returning from very far distances are not directed in their homing flight by optical memory, at least as long as familiar region has been reached. Neither magnet plays here any role. In the case of *Chalicodoma* a transfer of nest surrounding elements beyond the zone called nowadays the field of proximate orientation, does not help the hostess to find the nest at a new place. Smell nor antennal sense do not act here. Proximate orientation of such insects as *Bembex* or *Chalicodoma* is sure and very accurate.

Such discoveries as the percentage of homing returns of *Chalicodoma* according to the distance at which they were liberated may be classified as scientific "rough material". We infer from it that the insects' return from beyond the life-range is casual and can evaluate the radius of such a zone in given territory conditions. It seems reasonable to regard an ecologic life range as an equivalent of

an ethological field of the distant orientation. An approximate formula for a mean radius of this range, that has yet not been published by the author:

$$R \approx l \cdot \sin(P \cdot 180^\circ)$$

(where  $l$  means the distance from nest at which the insects had been released;  $P$  — means the proportion of returns); valid for  $P \leq 0,14$ , may be applied, although with lesser confidence, to some of Fabre's results to estimate this radius (for the values of  $P > 0,14$  the error of calculation is greater). One can find that in the population of *Cerceris tuberculata* Vill. studied by Fabre  $1,7 \text{ km} \leq R \leq 2 \text{ km}$ ; in his colony of *Chalicodoma muraria* Retz.,  $R \approx 4 \text{ km}$ , similarly as with *Chalicodoma pyrenaica* Lep. (experiment in "Souvenirs entomologiques" I) while in the population of these insects from 1880 and 1881 ("Souvenirs entom." II)  $R \approx 2,6 \text{ km}$ . The data presented by Fabre permit also to define approximately the radius ( $r$ ) of the field of proximate orientation ( $1 \text{ m} \leq r < 2 \text{ m}$ ) and the precision in orientation of the given bee at the given stage ( $\varnothing < 4 \text{ cm}$ ). Fabre's experiments result in confirmation of the fact that the memory of the site in which the nest is situated is stronger in this bee's spatial orientation than the memory of internal structure of the nest, though *Chalicodoma muraria* Retz., may perfectly distinguish this structure from that of a foreign nest.

Despite of some gaps and erroneous beliefs left by Fabre in this respect, his work has initiated a registration of facts, referring to spatial orientation of the flying species of aculeate *Hymenoptera*. To a much more degree, he helped to outline the problems whose study must be undertaken now or in the future. And that, as well known, is the feature of a true research-work.

Zakład Biologii  
Instytutu Biologii Doświadczalnej  
im. M. Nenckiego PAN

## Biologiczne i techniczne podstawy połowu ryb stałym prądem elektrycznym

### The Biological and Technical Principles of the Fishing by Use of Direct-Current Field

TADEUSZ PENCZAK

Od kilku lat różni badacze w naszym kraju posługują się agregatem prądowórczym przy odłowieniu ryb do prac naukowych. Na marginesie wspomnę tu o coraz częściej wprowadzanych u nas w życie, a zapoczątkowanych w 1950 r. przez Kołdera (1951), odłowach przemysłowych za pomocą wspomnianego

urządzenia; projektujemy również krajowe agregaty (Chmielewski i Dębiński, 1964), oraz realnie rozważamy opłacalność połowów przy pomocy elektryczności (Nowak i Waluś, 1964).

Należy jednak stwierdzić, że jak dotąd, zachowaniu się ryb w polu elektrycznym poświęcono u nas mało uwagi, a przecież agre-