

## 2. KOMUNIKACE NA SUBHUMÁNNÍ ROVINĚ

Komunikační systémy živočichů byly vždy ve středu pozornosti člověka. A člověk usiloval o osvojení si „slovníku“ příslušného živočišného druhu, aby mohl pochopit jejich chování. Pochopení zákonitostí, které se uplatňují v mechanismech dorozumívacích systémů živočišných druhů, umožňuje lépe pochopit fylogenetické souvislosti s nonverbální a verbální komunikací člověka.

„Jazyky“ na subhumánní rovině nesestávají ze znaků, ale z informačních signálů specifických pro každý živočišný druh. Komunikace prostřednictvím těchto signálů umožňuje kontakt mezi členy určitého živočišného společenství, dává možnost uplatňovat nároky na individuální rozdělování potravin, nároky na určitou lokalitu, umožňuje společnou obranu atd. Dokonce existují i informační signály, ve kterých je relativně zhuštěna zkušenost rodičovského páru a která je předávána potomkům. V těchto signálech lze vystopovat takové charakteristiky, které nás opravňují k tvrzení, že se jedná o předstupeň znaku (protoznak).

Ve většině případů informační signály v komunikačním procesu určitých živočišných druhů umožňují větší či menší variabilitu chování, která usnadňuje adaptaci na měnící se životní podmínky.

Pro názornost si uveďme jeden příklad. Mezi základní životní projevy patří i sexuální chování. Jeho sociální význam (a tím i význam informačních signálů, které se vyštěpily z tohoto sexuálního chování jako sociální informační signály) vystupuje do popředí zejména u těch živočišných druhů, kde je rozmnožování spojeno se širokými přípravnými presexuálními aktivitami. Tyto sociální informační signály pomáhají překonávat distanční vzdálenost mezi jedinci opačného pohlaví a současně vyvolávají synchronizaci aktivit, které usnadňují závěrečnou fázi potom již ryze instinktivního kopulačního chování. Experimentálně bylo u primátů zjištěno, že mláďata vychovávaná od narození mimo skupinu primátů, nejsou v dospělosti schopná začlenit se mezi ostatní primáty a nejsou schopná ani kopulace, protože neznají sociální informační signály pro přípravnou fázi.

Sociální informační signály se vyvinuly z ryze biologických informač-

ních signálů a jedním z mechanismů, které se podílejí na jejich „socializaci“, je ritualizace (podrobně — Vašina, L., 1982).

Je samozřejmé, že slovník informačních signálů se co do rozsahu liší u jednotlivých živočišných druhů. Zcela zákonitě mají značnou „slovní“ zásobu antropoidní primáti a zástupci čeledi delfínovitých. Ovšem i v živočišné říši platí výjimka. Touto výjimkou je slovník ptáků. Ptáci mají z hlediska fyziologického i akustického výjimečný komunikační systém. V literatuře se často popisují experimenty s havrany, při nichž se zjistilo, že dokonce v různých lokalitách vytvářejí havrani ptačí „dialekty“. Havrani z vesnic nerozumějí havranům žijícím poblíž velkých měst a ve městech. Havrani žijící na americkém kontinentu nerozumějí evropským havranům. A co je ještě zajímavější, existují tzv. toulaví havrani využívající jarních tahů k tomu, aby se mohli přemístit z jednoho hejna do druhého, přičemž se přesouvají na velké vzdálenosti. Současně se učí různé „dialekty“. Ovládají také základy „řeči“ kavek a racků.

Pro ptáky je charakteristická i mezidruhová komunikace, v jejímž rámci se informační signály mohou předávat jednak přes členy vlastního druhu a jednak přes zprostředkovatele z jiných ptačích druhů. To zabezpečuje přenos významného informačního signálu i na velkou vzdálenost.

Ptáci, na rozdíl od člověka, nevnímají tóny o nízké frekvenci; dolní hranici diskriminace tvoří 40—50 Hz. Ale schopnost jemné sluchové percepcie jim umožňuje pozoruhodné napodobování zpěvu jiných ptáků i hlasu savců. Například drozd dokáže napodobit vrkání holuba, mňoukání kočky apod. Papoušek je schopen napodobit zvuky kašle, hvízdání, zpěv, výseky z lidské artikulované řeči, přičemž dokáže opakovat intonaci i barvu hlasu.

Rozvoj sluchového ústrojí a hlasových schopností umožňuje ptákům využívat zvuků jako prostředku komunikace při kontaktování se s ostatními pro lepší orientaci v lese, při ohraničování teritoria, při vzájemném vyhledávání se jedinců opačného pohlaví, při péči o potomstvo atd.

Řada komunikačních systémů u mnohých živočišných druhů pracuje na principech, které člověk zatím nedokázal odhalit. Navíc řada informačních signálů je předávána takovou formou, která není zachytitelná lidskými smyslovými orgány.

Příkladem mohou být informační signály, které využívají těkavých chemických látek, jejichž důležitou vlastností v tomto kontextu je, že se šíří v prostoru bez ohledu na překážky, denní dobu či roční období, a to, že mohou být registrovány i na velké vzdálenosti. Z hlediska sociálního chování mají prvořadý význam ty pachy, které umožňují identifikaci jedinců vlastního druhu, vzájemnou identifikaci jedinců opačného pohlaví a mnohdy i identifikaci vlastních potomků.

Těmito chemickými látkami jsou feromony. V roce 1959 poprvé tohoto názvu použil pro biologicky aktivní látky biochemik Peter Karlson a entomolog Martin Lüscher. Feromony definovali jako látky vylučované do vnějšího prostředí jedním jedincem a přijímané druhým jedincem téhož druhu, u něhož vyvolávají určitou reakci, jako např. změnu dosavadního chování nebo vývojový pochod. Odhalení chemické podstaty řady feromonů dalo člověku novou a účinnou zbraň v boji proti hmyzu,

který ničí kulturní plodiny. Zejména pomocí synteticky připravených pohlavních feromonů lze účinně zasahovat do jejich „chemické“ komunikace.

Feromony byly zjištěny u všech živočišných druhů a dokonce i u člověka. U hmyzu má každý feromon zvláštní signální význam, který hmyz vnímá buď jako výzvu k páření nebo k poplachu, útěku či aktivní obraně. Jiné feromony vyvolávají takové změny chování, podle nichž jsou tyto chemické látky tříděny na agregační, antiagregační, značkovací, maturační a autofagostimulační feromony. V přírodě převažují vícesložkové feromony. Kombinace dvou a více složek v různých poměrech dává i při relativně malém počtu základních látek ohromné množství variací.

Problematikou feromonů se zabývala a zabývá řada badatelů, jako např. Beroza (1970), Dröscher (1970), Wilson (1971), Jacobson (1972), Birch (1974), Ritter (1979), Litineckij (1980), Leonovičová a Novák (1982). Poutavě o feromonech píše Žďárek (1980). Z jeho práce uvedeme několik příkladů komunikace pomocí systému chemických informačních signálů.

Působení agregačních a antiagregačních feromonů objasňuje Žďárek na příkladu s kůrovci, kteří navíc dokáží kombinovat chemickou a akustickou dorozumivací soustavu informačních signálů v komunikaci. Kůrovců je mnoho druhů a většina z nich napadá v ohromném množství stromy, které jsou z různých příčin oslabené a které v důsledku toho vylučují látky na bázi zejména terpenů. Jiné druhy kůrovců napadají i zdravé stromy. Broucí-pátrači (u některých druhů to jsou samičky, u jiných samečci) vyhledávají vhodný strom. Na něm vyloučí feromon, který přivábí další jedince obojího pohlaví. Na zesílení zprávy se podílí feromon samičky a feromon samečka, jehož účinek se paradoxně ještě více zesiluje v kombinaci s chemickou látkou napadeného stromu. Kombinace těchto tří látek vyvolá masový útok na strom. Zajímavé přitom je, že samičky se navzájem podělí o životní prostor na napadeném stromu tak, aby si nekřížily budoucí podkorové labyrinty. A právě přitom komunikují i zvukem — jemně stridulují. Když je plocha rozdělena a vytvořeny chodbičky, i sameček u vchodu krátce striduluje. Jestliže mu samička odpoví, začne vylučovat antiagregační feromon, který ruší účinky agregačního feromonu obou pohlaví. Současně začne vydávat přerušované vrzavé zvuky, které jsou signálem pro samičku, aby rovněž přestala vylučovat látky do agregačního feromonu a přešla na vlastní antiagregační feromon. To je současně pro ostatní brouky, kteří si doposud nenašli volné místo, signálem, aby přešli na další strom.

U polygamních druhů kůrovců, kde jsou pátrači samečci, kteří vykonávají obdobnou činnost, jakou jsme popsali výše u samiček-pátraček, je zajímavý ten fakt, že počet samiček jednoho samečka je přísně druhově specifickým znakem. Tak například lýkožrout *Ips confusus* má vždy tři samičky, *Ips pini* čtyři. Má-li sameček správný počet samiček, tak další, která se dožaduje příslušným zvukem vstupu, již nepřijme.

Značkovacích feromonů jako informačních signálů používají např. samičky vrtule třešňové, které kladou do každého plodu vždy jen jedno vajíčko. Značkovací feromon je informací pro jinou samičku, aby do obsazeného plodu již další vajíčko nekladla.

Maturačními feromony urychlují dospělí jedinci zrání vývojově opožděných příslušníků téhož druhu.

Vliv alarmních feromonů, uplatňujících se zejména u hmyzu žijícího v organizovaných společenstvích, si ukážeme na příkladu mravenců a mšic. První mšice napadená sluněčkem vyloučí alarmní feromon, který varuje ostatní mšice v okruhu asi 1 cm. A ty se rozutečou nebo spustí na zem. Tato aktivita se ale neprojeví u velmi mladých mšic, které by nenašly cestu ze země zpět, a u těch druhů mšic, o které se starají mravenci. Alarmní feromon těchto mšic, který má stejné složení jako u výše uvedeného příkladu, je totiž pro mravence signálem k nastražení tykadel, k výhružnému otevření kusadel a k útoku na brouka ohrožujícího mšice.

Alarmní feromony jsou součástí informační dorozumívací soustavy i u mravenců a vyvolávají u nich různé reakce podle situačního kontextu. Zaregistruje-li mravenec feromon mimo mraveniště, reaguje útokem. V mraveništi se naopak v bojové póze přibližuje ke zdroji alarmního feromonu s cílem pomoci ohroženému. Jinak také reaguje, jestliže právě přemísťuje těžké břemeno, a jinak, daleko intenzivněji a aktivněji, pokud je bez této zátěže.

Výše uvedená fakta by nás ještě nemusela přimět k údivu nad komunikační schopností společensky žijícího hmyzu. Obdivuhodná je však na této činnosti ta skutečnost, že alarmní feromony jsou složeny z řady těkavých chemických látek s různými fyzikálně chemickými charakteristikami (např. Dufourova žláza mravence produkuje 30 účinných látek, mandibulární žláza včely 32 atd.) a to umožňuje „alarmujícímu“ jedinci variovat charakter sdělení tak, že mění obsah sloučeniny vypouštěné ze žlázy do prostředí. Informační hodnota feromonu se také mění tím, že se na jeho výstavbě podílejí chemické látky s různou úrovní „těkavosti“, čili chemické látky, které se rozptylují do různých vzdáleností. Proniká-li feromon ovzduším z větší vzdálenosti, má charakter obecné informace o nějaké hrozbě a může v některých případech na něj reagovat i více druhů hmyzu. O podstatě vlastního nebezpečí se potom mravenec přesvědčí až na místě, kam byl zdrojem feromonu přilákaný, a to podle dalších méně těkavých látek obsažených v příslušném alarmním feromonu. Jinak řečeno: mravenci se nejprve s „bojovnou náladou“ seběhnou k místu zdroje feromonu a teprve zde změní chování a například jsou-li zdrojem feromonů zasypaní jedinci, kteří takto volají po záchraně, změní příchozí mravenci svoji bojovnou náladu a začnou odstraňovat zeminu, zbytky listí a vyprošťovat zasypané jedince.

Řada hmyzího společenství má hierarchické uspořádání odpovídající specializaci na určitou činnost a společně tak zabezpečují existenci celku. Tato specializace jedinců určitého druhu se promítá i do obranných činností. Pokud dělnice narazí na nepřítel, nepouštějí se s ním do boje, vylučují alarmní feromon a značkují cestu k ohnisku nebezpečí pro bojovné, patřičně vybavené jedince druhu. Ti jsou potom povzbuzováni do boje neustále vylučovaným feromonem dělnic.

Stejně zajímavá je i ta skutečnost, že některé druhy hmyzu jsou schopny využít alarmního feromonu jiných druhů k tomu, aby ohrozily

jejich existenci, nebo dokáží využít toho faktu, že mají stejné složení alarmního feromonu jako jejich budoucí oběti. Konkrétně to vypadá tak, že při hromadném útoku naráz zamoffí přibyték oběti a vysoká koncentrace tohoto feromonu nemobilizuje, ale dezorientuje obránce, kteří pak nejsou schopni zorganizovat odpor celého společenství a po jednotlivých skupinách snadno podléhají.

U mnoha druhů mravenců je alarmní feromon současně i účinnou obrannou látkou, kterou pod zadními končetinami podvinutým zadečkem vytřikují proti nepříteli.

Chemické látky však nejsou jedinou dorozumívací soustavou mravenců. Litineckij uvádí, že mravenci mezi sebou v bezprostředním kontaktu komunikují posunků. Například vztyčením na předních končetinách a kývavý pohyb hlavové části ve vertikálním směru znamená »cizí pach«. Kývavý vertikální pohyb zadečku je výzvou do boje. Čelní dotkový kontakt mravenců a »nahrbení se« signalizuje poplach atd. (viz obrázek).

Termiti se zase na dálku vzájemně informují »telegraficky«. Vyfukávají poplašné signály hlavou na stěny chodeb termitiště. Obdobně vyfukávají i konec poplachu.

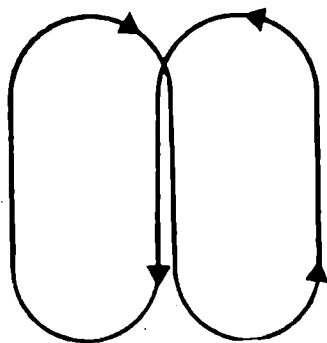
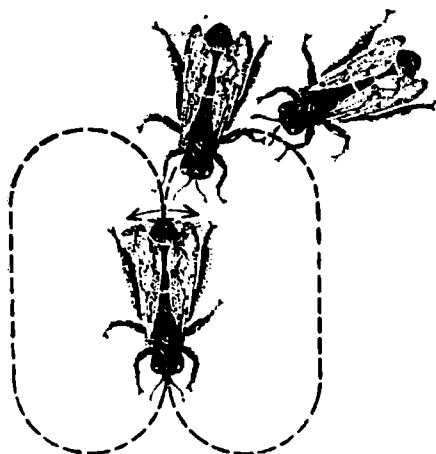
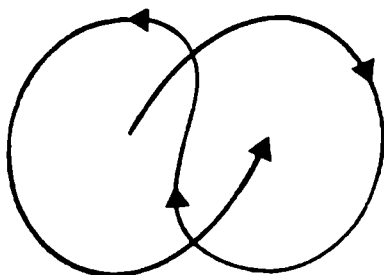
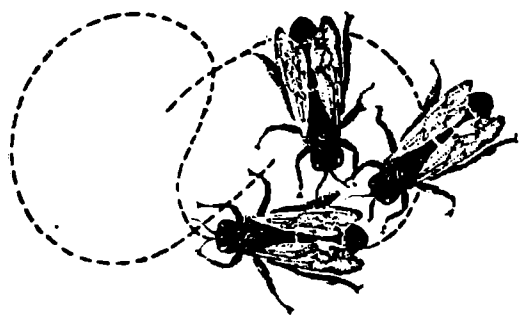
Vrcholnou ukázkou složité komunikační činnosti u hmyzu je dorozumívací systém včel, jejichž společenství bývá považováno po stránce organizační i komunikační za nejvyspělejší. Za samostatnou kapitolu by stálo pojednání o využití feromonů pro zabezpečení existence roje. Včely výměškem Nasonovovy žlázy na konci svého zadečku se svolávají v případě ohrožení, dále se jím přivolávají létavky při nálezů bohatého zdro-



je potravy apod. Zbloudilá včela se jím dožaduje pomoci, dělnice stejným feromonem svolávají ostatní při rojení do roje, mladé včely létavky s pomocí této látky nalézají vchod do svého úlu atd. Vzhledem k rozsahu této studie se omezíme pouze na stručný popis tzv. orientačních tanců včely medonosné, jimiž včela upozorňuje na vydatný zdroj potravy, který není schopna sama využít, a současně předává „plán“, kde lze tento zdroj nalézt.

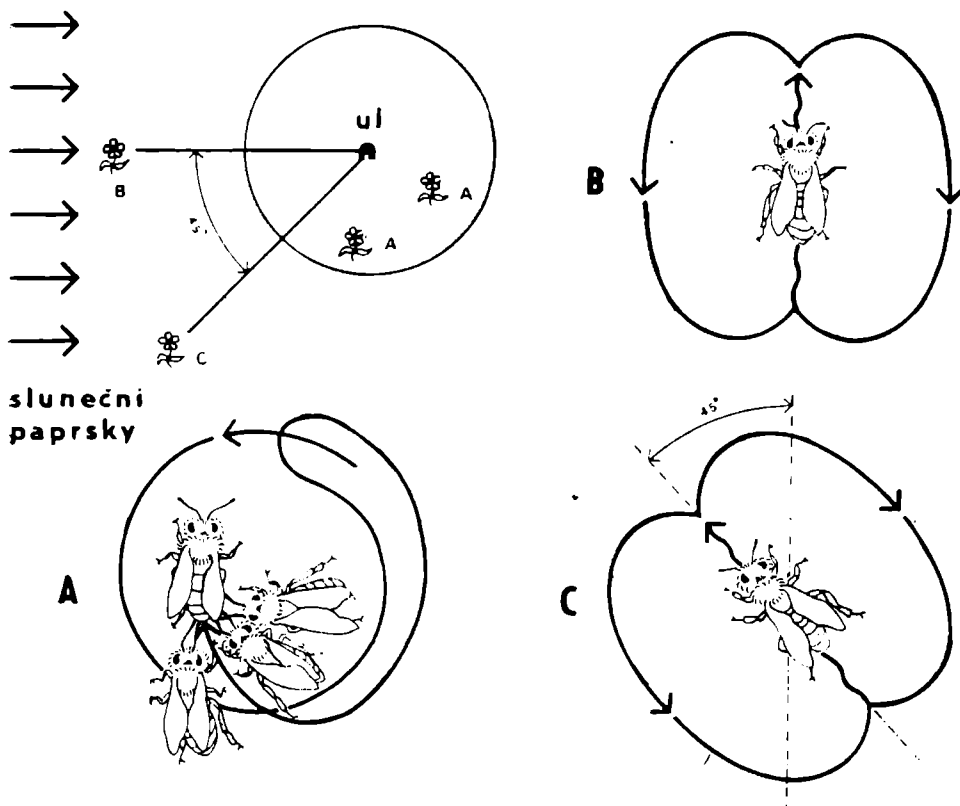
Zásahu na dekódování této dorozumívací soustavy včel má K. von Frisch (1965) a J. L. Gould (1976, 1978).

Někteří vědci rozlišují až tři základní druhy těchto tanců. Kruhovým tancem signalizuje včela-objevitelka přítomnost potravy přibližně do vzdálenosti 10 m od číle. Včela po návratu od zdroje potravy vzrušeně pobíhá v kruzích střídavě jednou doprava a jednou doleva. Její pohyb a vůně potravy, která ulpívá za ní na plástu, vzruší včely-létavky nacházející se v bezprostřední blízkosti včely-objevitelky (tzv. tanečnice). Dotýkají se jí a vykonávají s ní stejné pohyby. Poté včely postupně odlétají ke zdroji potravy. Tanečnice, dříve než se znovu vydá k tomuto zdroji potravy, opakuje svůj tanec ještě i pro včely na jiných místech plástu. Mezitím postupně se vracející včely od tohoto zdroje také začínají stejným způsobem (kruhovým tancem) předávat tuto důležitou



informaci pro další létavky v úlu. Při vzdálenosti úlu od zdroje potravy v rozmezí od 10 m do 80 až 100 m (široké rozmezí 80—100 m souvisí se složitostí terénu nebo s tím, zda je třeba letět proti větru apod.; čili je zde i vyhodnocení množství energie potřebné pro let tam a zpět, přičemž tyto situační proměnné se již od 80 m vyjadřují vrtivým tancem) předvádějí včely-objevitelky tanec srpový, který je přechodným typem k tanci vrtivému. Stopu srpového tance lze přirovnat k pánské kravaté — motýlku bez uzlu ve střední části (viz obrázek).

Jestliže je bohatý zdroj potravy dále než 80—100 m od úlu, potom včela-objevitelka předvádí tanec vrtivý. A právě vrtivý tanec je příčinou obdivu člověka ke včelí komunikaci. Jedná se o složitý informační signál, který představuje ritualizovanou a miniaturizovanou cestu za potravou, kterou včela-objevitelka vykonala a pro kterou vlastně ostatním létavkám předkládá plán (viz obrázek).



Podstatná je ta skutečnost, že včely jsou za potravou na označené místo posílány, nikoliv vedeny. Vrtivý tanec má stopu ve tvaru osmičky, jejíž střední část (místo spojení obou okruhů) není jen bod, ve kterém se dráhy protínají, ale má charakter protažené středové úsečky. A právě v tomto středovém úseku je zakódovaná podstatná část informací. (Dů-

ležité je, že včela nesignalizuje ostatním létavkám, kde se nachází zdroj potravy tehdy, jestliže stačí přemístit tuto potravu do úlu za několik letů sama.)

Nyní upřesníme význam středního úseku vrtivého tance. Je-li včela-objevitelka v této fázi svého tance, kmitá zadečkem na obě strany, takže pomyslná dráha, která by za ní zůstávala, má tvar vlnovky. Rychlost pohybu včely v tomto středovém úseku se mění podle toho, jaká je vzdálenost od úlu k potravě. Rychlost na obou okruzích se však nemění. Dále bylo zjištěno, že ve středovém úseku vrtivého tance vydává včela hluboký „brumlavý“ zvuk, který je pro lidské ucho slyšitelný jako jednoduchý tón. Jeho analýzou bylo zjištěno, že je výsledkem kmitání křídel rychlostí až 250 kmitů za sekundu, přičemž po každých 15 milisekundách se na 15 milisekund kmitání zastaví. Tímto způsobem vydává včela přibližně 30 vibračních pulsů za sekundu. Vrtivý tanec udává nejen vzdálenost zdroje potravy od úlu, ale i směr, ve kterém se tento objekt nalézá. Současně informuje o množství a druhu medonosných rostlin. To je důležité z toho důvodu, že včel-objevitelka přilétá z různých nalezišť do úlu současně více. V tom případě je část létavek postavena před volbu vybrat si z několika letových map. Které mechanismy se při této volbě uplatňují, nejsou zatím ještě plně známy. Z řady pozorování a experimentů v této oblasti je zřejmé, že včela — objevitelka svým tancem vnáší vzrušení do shromáždění části létavek na určitém úseku plástu. Dotýkají se navzájem, následují „tanečnici“ přesně v jejich pohybech, a tak „čtou mapu“. Současně si zapamatují vůni tanečnic, která na ní ulpěla z květů bohatých nektarem a která zůstává v její stopě. Včely totiž mají výborný čich a dobře si vůně pamatují. Na druhé straně je třeba zdůraznit, že si poradí i tehdy, jestliže bohatý zdroj potravy je bez jakékoliv vůně. V tom případě používají k označení naleziště vlastního výměšku z Nasonovovy žlázy a stejného označení stopy používají při vrtivém tanci na plástu. K výše uvedenému je ještě třeba dodat, že včely také ochutnávají obsah medového včáčku včely — objevitelky.

O dobré souhře oka a mozku včel svědčí jejich schopnost světelné navigace. Každá včela — objevitelka si dobře pamatuje polohu slunce vzhledem ke směru svého letu. Včely jsou schopny promítat pohyb slunce do horizontální roviny. Tímto způsobem registrují křivku azimutu. Experimentálně bylo dokázáno, že včely reagují relativně přesně na změny horizontální úhlové rychlosti slunce.

Při mírně zamračené obloze mají včely výhodu v tom, že vnímají ultrafialové paprsky, které pronikají i vrstvou mraků. Ale ani při velké oblačnosti s ojedinělými průzory mezi mraky není pro včelu orientace podle slunce vyloučena. V tomto případě se uplatňuje její schopnost rozlišovat různé typy polarizovaného světla. Oblohu vnímá podle polohy slunce jako určitým směrem orientovanou mozaiku složenou ze světla a tmy. Každý vnímaný bod oblohy má určitý směr kmitů světelných paprsků a s pohybem slunce se směr tohoto kmitání charakteristicky mění.

Mechanismy umožňující včelám rozlišovat polarizované světlo byly objasněny pomocí elektronového mikroskopu. Pro vnímání různě polarizovaného světla slouží včelám tzv. rhabdomery v jejich zrakovém ústrojí.



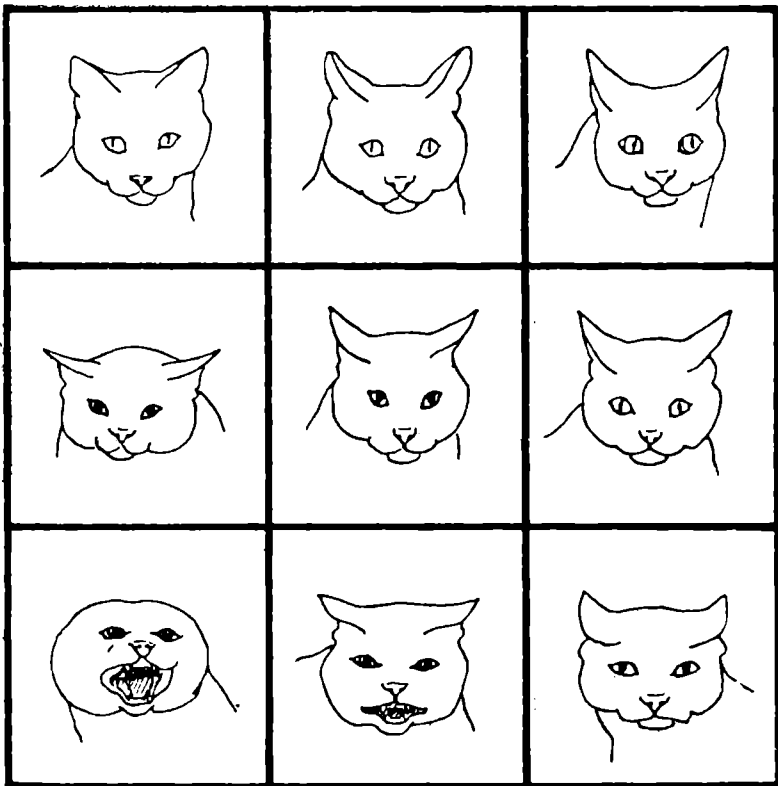
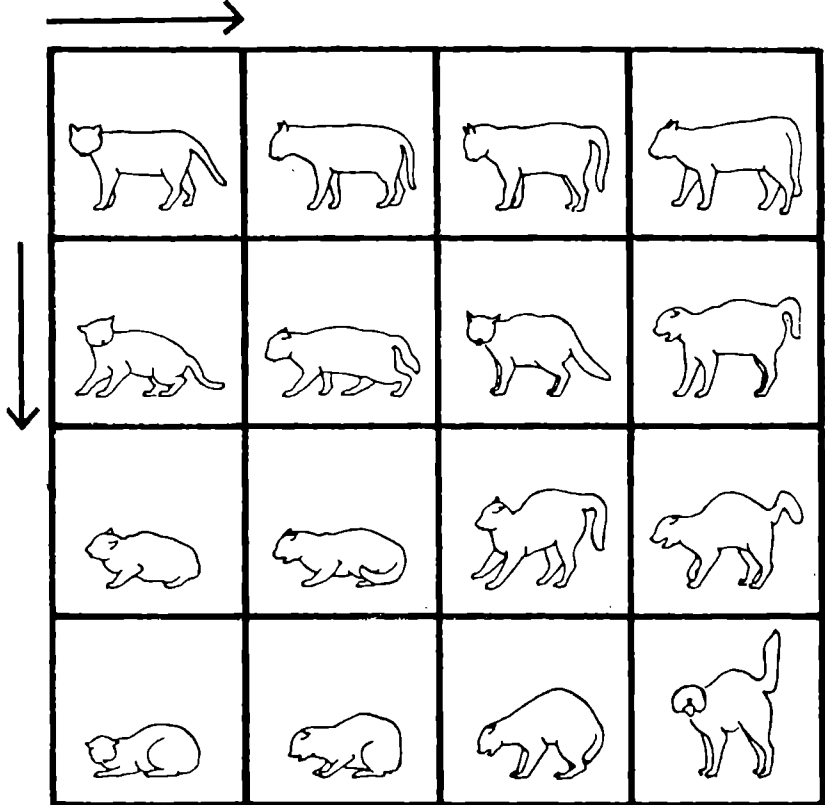
Rhabdomery sestávají z velkého počtu drobných trubiček. (8 rhabdomer v jednom ommatidiu). Vždy dvě sousední ommatidia mají navrstvena zmíněné trubičky paralelně. Vedlejší pár ommatidií má však trubičky oproti předešlému pootočený o 90°, a tak se to opakuje v celém zrakovém ústrojí. Podle toho, jaký je směr kmitání dopadajícího polarizovaného světla, jsou nejvíce drážděna ta ommatidia, jejichž rhabdomery právě tento typ polarizovaného světla propouštějí. Hrubé rozlišení směru polarizovaného světla je pravděpodobně zjemňováno souhrou sousedních ommatidií.

Přejdeme-li od hmyzu k obecným charakteristikám komunikačních systémů dalších živočišných druhů, je třeba zdůraznit, že mnohé z nich využívají především zrakových informačních signálů, ovšem tyto informační signály mají na rozdíl od pachových informačních signálů omezené možnosti šíření a kvalitativní úroveň jejich zpracování závisí na stupni složitosti zrakového ústrojí příjemce a na úrovni vývoje CNS.

Další důležitou dorozumívací soustavou mnohých živočišných druhů jsou zvukové informační signály. Zde je samozřejmě podstatný rozdíl mezi komunikací pomocí jazykové znakové soustavy na humánní rovině oproti komunikaci pomocí zvukových informačních signálů na subhumánní rovině. Na druhé straně je jistě zajímavá schopnost některých živočišných druhů vnímat ultrazvuk, který neregistruje lidské sluchové ústrojí. Ultrazvuk potom slouží těmto živočichům nejen jako prostředek k orientaci v prostředí, ale i jako prostředek komunikace. Orientace v prostoru a komunikace s využitím ultrazvuku byla popsána zejména u netopýrů a delfínů. Novacký (1975) uvádí, že delfín skákavý vysílá a přijímá zvukové signály jednak ve frekvencích slyšitelných i pro člověka a jednak ve frekvencích do 240 000 Hz (ultrazvuk). Tyto ultrazvukové signály jsou produkovány buď jednotlivě nebo v sériích.

Poměrně složitá dorozumívací soustava je u netopýrů. Na její výstavbě se v různých kombinacích podílí 22 informačních signálů. Všechny tyto informační signály lze rozdělit do čtyř vzájemně odlišných skupin. Série informačních signálů začleněných do první skupiny umožňuje bohatý repertoár sociálních vztahů mezi matkami a mláďaty. Informační signály zahrnuté do druhé skupiny souvisejí s potýkáním se mezi samečkami (signalizují výzvu k boji nebo podřízení se hrozbě silnějšího apod.). Informační signály třetí skupiny jsou vyhrazeny komunikaci související se sexuálním chováním a čtvrtá skupina obsahuje signály znepokojení, nebezpečí apod.

Primáti disponují relativně dokonalou dorozumívací soustavou uplatňovanou v širokém spektru komunikační činnosti. Do popředí zde vystupuje nový aspekt v informačních signalizačních soustavách, a to mimika jako soustava emočních informačních signálů. Primáti mají oproti ostatním živočichům nápadnou obličejovou část se značně vyvinutými mimickými svaly. Proto jsou schopni činností obličejových svalů vyjádřit svůj emocionální stav. Mimikou obličeje dokáží do určité míry vyjádřit i své záměry. A co je podstatné, na základě těchto výrazových informačních signálů jsou další jedinci společenství schopni odhadnout, co mohou čekat od příslušníka vlastní skupiny. (Jednoduché formy komunikace po-



mocí mimických informačních signálů jsou schopni také již někteří jiní savci, např. kočka — viz obrázek na protilehlé straně.

Tuto kapitolu uzavřeme konstatováním, že byly experimentálně prokázány schopnosti šimpanzů užívat ikonické protoznaky v situacích stále méně shodných se situací původní. Ale zatím ještě nevíme, které mechanismy se zde uplatňují.

