

Biológia prešla v posledných rokoch veľkými kvalitatívnymi zmenami. Fantastické zrýchlenie tempa biologického výskumu bolo podmienené okrem iných faktorov predovšetkým zavedením nových mimoriadne výkonných prístrojov pre štúdium biologických objektov. Dôležité sú tiež metódy pozoruhodne šetrnej separácie jednotlivých zložiek komplexného biologického systému. Avšak ešte významnejším predpokladom rozhodujúceho pokroku bolo prispenie dômyselných metódik, zvlášť chémie a fyziky, ktoré umožnili vysvetliť neuveriteľne zložitý sled pochodov vo vnútri buniek, rovnako ako procesy v krvi, lymfe, alebo pochopiť, čo sa deje na povrchu bunky, ako dochádza ku svalovej kontrakcii, ako nervy vedú vzruch atď.

Fázu zrýchleného vývoja možno bez zveličovania označiť za „prelom“ v biológii. Tento vývoj súčasne tiež podnecuje analyzovať tendencie v biologickom poznaní. Následkom špecifickosti biológie je takáto analýza potrebná, pretože čím ďalej, tým v širšej miere sa aplikujú metódy skúmania, ktorými narábajú iné prírodné vedy. Tie neprinášajú iba nové empirické postupy, t. j. pozorovanie, meranie a experimentovanie, ale aj metódy teoretickej interpretácie faktického materiálu, t. j. postupy induktívne, deduktívne, alebo ak ich posudzujeme z iného hľadiska, modelovanie, analógiu, predikciu, explanaáciu, redukciu atď.

Často i v biológii dochádza k situácii, keď nie je možné priame získanie poznatkov o skúmanom objekte tradičnými postupmi a prístrojmi, či už následkom jeho zložitosti, alebo preto, že chýba teória, ktorá by objekt uspokojivo rozoberala a vysvetľovala. Často sa tiež priamo poznávanie sťažuje rozličnými prejavmi vyšetrovaného objektu, napr. jeho veľmi rýchlymi alebo veľmi pomalými premenami a pod. V takýchto prípadoch sa bádatelia uchýľujú k špecifickej vedeckovýskumnej metodike, ktorá spočíva v tom, že takýto skúmaný objekt (originál) sa nahradí iným objektom (modelom). Na modeli sa potom uskutočňujú všetky potrebné pozorovania, experimenty, overujú sa hypotézy a vôbec pracuje sa s ním tak, aby sa získali nové poznatky o origináli. Tento postup sa nazýva modelovaním. Pre súčasné štádium rozvoja vedy a techniky je široké používanie modelovania charakteristické a stretávame sa s ním dnes už v každej vedeckej disciplíne.

Sám proces modelovania nie je záležitosťou ľubovôle výskumníka, ale sa riadi určitými všeobecnými zásadami, ktorých dodržiavanie zaručuje získanie požadovaných výsledkov. Pomocou modelu je možné rozvíjať teóriu v niektorej oblasti, ale model sám touto teóriou nie je ani vtedy, keď je iba matematickou konštrukciou. Model je názorný iba v tom zmysle, že sa vníma ako zvláštny objekt, ale nie je názornou analógiou objektu vo filozofickom slova zmysle. Analógia je vo vzťahu modelu a originálu nevyhnutná preto, aby bolo možné pomocou štúdia modelu spoznať hľadané vlastnosti originálu, aby modelovanie

malo svoje opodstatnenie. Avšak nie každá analógia automaticky otvára cestu modelovaniu. Stáva sa tak iba v tom prípade, keď na základe nej sa jeden z dvoch objektov študuje ako imitácia druhého a keď poznatky o jednom z nich determinujú úsudok o druhom. Napr. spin elektrónu môže mať svoju analógiu v rotujúcom zotrvačníku, ale ten môže byť modelom iba vtedy, ak umožní matematický opis spinu a jeho fyzikálnu interpretáciu.

Originál, model a prostriedky manipulácie s nimi môžu byť rozmanité, treba však dbať na to, aby model umožňoval prenášať získané poznatky hocijakým spôsobom na originál v súlade s jeho objektívnou podstatou. V tom spočíva základný problém modelovania, problém výberu vhodného objektu. Dnes už súčasná veda v mnohých prípadoch na základe praktických skúseností vypracovala kritériá takého výberu i všeobecné zásady prenosu novoobjavených poznatkov z modelu na originál.

Vzťah „originál-model“ je daný pozorovateľom na základe niektorých objektívnych vlastností patriacich tak originálu ako aj modelu, ktoré sú známe ešte pred začiatkom výskumu. Za pomoci modelu pozorovateľ rozvíja a konkretizuje obraz originálu, avšak sám model s originálom nemôže stotožniť. Na otázku vzťahu modelu a obrazu existuje niekoľko názorov. Podľa jedného z nich je model obrazom sledovaného objektu, podľa iného zasa, každý obraz je modelom. Keby skutočne každý model bol adekvátnym obrazom sledovaného objektu, potom prenos poznatkov z modelu na originál by bol zbytočný, a tým by bolo zbytočné i modelovanie ako také.

Dôležitým činiteľom pri výbere modelu ako prostriedku na poznanie originálu je abstrakcia. Tá umožňuje odhalenie všeobecných vlastností systémov, ktoré na prvý pohľad nemajú nič spoločné, a stotožňuje ich. Abstrakcia takto dovoľuje využiť jeden objekt miesto druhého, avšak samo stotožnenie ešte nestačí. Model musí charakterizovať objekt v nejakej poznáateľskej situácii a nie je objekt sám osebe. Napr. nemožno použiť potravu ako model potravy. Vcelku možno povedať, že o modelovaní hovoríme vtedy, keď skúmanie niektorého systému objektov je súčasne prostriedkom sledovania iných objektov, ktoré s nimi nemusia byť geneticky viazané.

Abstrakcia vedúca k stotožneniu sama osebe ešte model nevytvorí, ale je nevyhnutná, pretože bez nej by nebol možný jeho výber a ani prenos poznania na originál. Samozrejme existuje horná i dolná hranica abstrakcie, za ktorou už metóda modelovania nie je použiteľná, pretože rozdiely môžu byť také veľké alebo také bezvýznamné, že na dva objekty sa možno pozeráť buď ako na absolútne totožné, buď natoľko rozdielne, že sledovanie jedného nemôže poskytnúť nič pre poznávanie druhého.

Jedným z najjednoduchších typov stotožnenia je analógia. Používa sa v prípravných fázach vedeckého výskumu. Analógia prinajmenej iba umožňuje vytvoriť model na úrovni javu, čo však pre vedecké poznávanie javu nestačí. Na druhej strane extrémnym prípadom stotožnenia je izomorfia, t. j. dokonalá podobnosť. Izomorfia umožňuje vytvorenie modelu na ľubovoľnom stupni poznania. Hlavná prednosť tohto vzťahu spočíva v tom, že bádateľ môže priamo uskutočňovať svoje kvantitatívne pozorovania.

Osobitné miesto v modelovaní zaujíma teória podobnosti, ktorá spája v sebe matematické zákonitosti s fyzikálnymi predstavami. Teória podobnosti umožňuje určiť súvislosti medzi objektami pri použití fyzikálnych modelov. Nevyhnutnou podmienkou jej použitia je však izomorfnosť matematických opisov modelu a originálu, čo rozsah jej použiteľnosti značne zužuje. Všetky fyzikálne parametre skúmaného objektu však nie je možné matematicky zachytiť, preto pri teórii podobnosti usudzovanie vychádza viac-menej z analógie. Preto záver týkajúci sa originálu treba v takýchto prípadoch pokladať za viac alebo menej pravdepodobný. Vlastné vedecké modelovanie je realizovateľné iba v určitom štádiu rozvoja vedy. Ide o to, že veda prvotne nemôže vzniknúť na základe výskumu modelov, ale je výsledkom poznania všeobecných základných zákonitostí vyšetrovaných objektov. No jej ďalší rozvoj je možné uskutočňovať aj pomocou využitia modelov.

Áké sú motívy použitia modelov v empirických vedách, ako je všeobecná biológia? Možno ich zhrnúť do nasledujúcich bodov.

1. Nech pre určité vlastnosti faktov nie je známa nijaká teória. Ak budeme miesto tejto oblasti skúmať iný súbor faktov, o ktorom existuje známa teória, a ktorý má určité dôležité charakteristiky spoločné s oblasťou, ktorú máme podrobiť výskumu, potom používame model preto, aby sme rozvinuli poznanie z nulového, prípadne skoro nulového východiskového bodu. Napr. v neurológii nahrádzame centrálnu nervovú sústavu číslicovým alebo analógovým počítačom, vykazujúcim niektoré špecifické neurologické vlastnosti, a skúmame tento nový objekt.

2. O oblasti faktov máme vyspelú teóriu, ktorej žiadané výsledky je však na základe súčasných prostriedkov matematicky obťažné získať. Interpretujeme teda základné pojmy teórie na model tak, že toto priradenie možno vyjadriť zjednodušujúcimi predpokladmi. Za týchto zjednodušujúcich predpokladov sú rovnice riešiteľné. Napr. použitie teórie harmonických oscilátorov pri štúdiu vedenia tepla.

3. Ak sú dve teórie bez vzájomného kontaktu, môžeme sa pokúsiť použiť jednu ako model druhej, alebo zaviesť spoločný model interpretujúci obe teórie a uvádzajúci oba jazyky do vzájomného vzťahu.

4. Ak je teória dostatočne potvrdená, ale neúplná, môžeme jej priradiť model a snažiť sa štúdiom tohto modelu priblížiť k úplnosti.

5. Naopak, ak získame v danom odbore novú informáciu, potom aby sme sa presvedčili, že sa nová a všeobecnejšia teória ešte vzťahuje na pôvodný odbor, vybudujeme tento odbor ako model neskoršej teórie a dokážeme, že všetky modely sú v tej teórii špecifickým spôsobom späté s pôvodným odborom vybudovaným ako model.

6. Modely môžu slúžiť na vysvetlenie faktov, ktorých súhrn má vlastnú teóriu, ale ešte nie sú vysvetlené.

7. Veľmi dôležité je modelovanie v tom prípade, ak potrebujeme teóriu o objekte príliš veľkom alebo príliš malom, príliš nebezpečnom alebo príliš vzdialenom, aby mohol byť predmetom pozorovania alebo experimentu. Vtedy budu-

jeme systémy použiteľné ako praktické modely a na nich uskutočňujeme experimenty dostatočne reprezentatívne, pokiaľ ide o pôvodný systém, a tak získame žiadané informácie.

8. Často sa stáva, že teoretická úroveň je príliš vzdialená od observačnej, jej pojmy nemožno bezprostredne interpretovať pomocou observačných termínov. Potom zavádzame modely, aby sme vytvorili most medzi teoretickou a observačnou úrovňou, pričom teoretické predikáty sú rovnako interpretovateľné ako predikáty modelu a model poskytuje zákonité vzťahy medzi oboma interpretáciami. Tento sprostredkujúci model možno použiť na vybudovanie abstraktnej teórie alebo na vyhľadanie oblasti aplikácie pre teóriu, ak už jestvuje.

Všetky uvedené prípady sú v praxi dosť časté. Pre praktický príklad uplatnenia modelovania v biológii možno použiť zreteľne sa vydelujúce jej oblasti, kde sa zdajú byť veľmi veľké možnosti v tomto smere. Sú to oblasti elementárnych procesov živého organizmu, oblasti použitia adekvátnych metód analýzy v spojení s novými, vysoko výkonnými syntetickými, deduktívnymi metódami, vytvorenými podľa metód fyzikálnych vied. Medzi tieto oblasti okrem biofyziky, bioštatistiky, biomechaniky, teórie systémov sa radí i molekulárna biológia.

V ďalšej časti sa budú rozoberať niektoré problémy modelovania v molekulárnej biológii. Ťažkosti sú spojené s fyzikálnym chápaním spolu s niektorými špecifickými črtami objektov a javov, s ktorými sa molekulárna biológia zaoberá.

Klasická veda stanovila dve základné úrovne biologickej organizácie. Na jednej strane štruktúru a funkciu zložitého mechanizmu ako celku a na druhej strane mikroskopickú štruktúru bunky. Nikto nepochybuje o tom, že bunka sa skladá vo svojej podstate z atómov a molekúl. Biologický objekt sa však vyznačuje organickým celkom, množstvo biologických javov prebieha na úrovni celého organizmu alebo aspoň na úrovni bunky, a tak sa svojimi rozmermi veľmi líši od molekulárnych rozmerov, a nie je priamo spojené s vlastnosťami molekúl, z ktorých je bunka zložená. V podstate nie je úplne možná izolácia nejakého procesu od iných procesov. Nemožno ho oddeliť od iných procesov, keď jeho história je s nimi spojená a prípadne mohol vzniknúť iba pod ich vplyvom. Pre biologický celok, ktorý sa vyznačuje celostnými charakteristikami a ktorého sledovanie a analýza sa vždy spája s problémom možnosti a nutnosti určenia hraníc spojenia celkových a analytických údajov, je otázka interpretácie veľmi zložitá. Okrem toho organický celok je i neobyčajne zložitý. Hlavná je dynamická zložitost', špecifickosť chodu procesov, autoregulácia a iné.

Preto má pri štúdiu takýchto reálne existujúcich fyzikálno-chemických systémov využitie modelovania ako jednej formy poznania veľký význam. Pri biologických javoch má takáto cesta poznania približne nasledovnú schému, ktorá sa iba svojou špecifickosťou líši od všeobecnej cesty modelovania.

1. Zjednodušenie ako základ fyzikálno-matematického sledovania a modelovania týchto zložitých javov. Zjednodušením sa tu myslí nájdenie merateľných vzťahov, reprodukovateľných na modely, inak povedané, ide tu o vyčlenenie niektorých elementárnych procesov zo zloženého, a to takých, ktoré sa zdajú jeho základom, a ďalej o výstavbu modelu.

2. Experimentálne skúmanie modelu, kde sú možné presnejšie merania niektorých základných parametrov a abstrahovanie od vlastností, ktoré sa nejavia základnými.

3. Prechod od modelu k prírodnému objektu, prenos výsledkov skúmania na tento objekt.

Molekulárna biológia študuje biologické procesy na molekulárno-atómovej úrovni. Vznikla na základe objavov fundamentárnych faktov a principiálne nových myšlienok, ktorými pomáha riešiť chápanie bunkových procesov. Všeobecne sa tieto procesy v živom organizme, zvlášť fyzikálno-chemické, sledujú a modelujú na základe fyzikálno-chemických metód najtvorivejšie. Aj preto bol zaznamenaný taký rozmach tejto špecifickej oblasti biológie.

V posledných rokoch boli dosiahnuté veľké úspechy pri fyzikálnom a chemickom štúdiu stavby molekúl v dvoch najdôležitejších typoch zlúčenín v živej prírode — bielkovín a nukleových kyselín. Ukázalo sa, že najdôležitejšie funkcie bielkovín sa prejavujú na úrovni jednotlivých makromolekúl, to znamená musia sa študovať ako molekulárne javy.

Dôležitou funkciou bielkovín je *katalytická* funkcia. Enzýmy uskutočňujú v organizme všetky chemické reakcie látkovej premeny metabolizmu, rozklad jedných zlúčenín a syntézu druhých. Tak isto, ako veľký počet bielkovín vyšších organizmov i takmer všetky bielkoviny jednej, napr. mikrobiálnej bunky, majú vlastnosti enzýmov. Tiež jednotlivé bielkovinové makromolekuly majú enzýmové vlastnosti, ktoré biochémia už dávno študovala na vyčistených roztokoch bielkovín izolovaných z organizmu. Súhrn údajov získaných mnohými experimentmi nás presvedčajú o tom, že enzymatická aktivita je sústredená len do časti bielkovinovej molekuly. Vzhľadom na to, že enzýmy sú katalyzátormi špecifických chemických reakcií, je nutné, aby bol kvantitatívne študovaný ich vplyv na kinetiku zodpovedajúcich reakcií. Sama enzymatická reakcia sa študuje na „čistom“ systéme, ktorý je zložený z pufru, substrátu (alebo substrátov) a enzýmu. Treba si však uvedomiť, že podobný modelový pokus je úplne vzdialený od podmienok, pri ktorých pôsobia enzýmy v bunke. V nej sú často zabudované do systému, ktorý nazývame štruktúrou.

Druhá funkcia bielkovín je funkcia *zmršťovacia (mechanická)*. Určité bielkoviny, ako napr. svalový aktomyozín, predstavujú mechanicko-chemické stroje, ktoré premieňajú chemickú energiu zachovanú vo forme niektorých labilných zlúčenín (kyseliny adenosíntrifosforečnej, ATP) na mechanickú prácu. Kontrakčné bielkoviny sa vyskytujú nielen pri vyšších organizmoch, ale dokonca aj pri vírusoch. Špeciálne pokusy ukázali, že pohybová funkcia sa prejavuje na molekulárnej úrovni. Kontraktilné reakcie s produkciou mechanickej práce patria jednotlivým molekulám aktomyozínu a nevzniká, ako sa fyziológovia predtým domnievali, na úrovni mikroskopickej bunkovej štruktúry svalu.

Jediný typ molekulárnych síl, ktorý má dostatočne veľkú schopnosť meniť chemickú energiu väzieb na prácu, sú elektrostatické sily medzi nábojmi. Bielkoviny sú vysokomolekulárne elektrolyty, ktoré majú pomerne veľký náboj. Omnoho jednoduchšie sa správajú polymérne elektrolyty s jednoduchou chemickou väzbou.

Na podobných modelových látkach sa podarilo sledovať a pochopiť fyzikálne základy tejto premeny. Ak si zvolíme takýto polymér-polyelektrolyt, ktorého náboj môžeme ľubovoľne meniť (napr. slabá kyselina, pri ktorej meníme stupeň ionizácie neutralizáciou hydroxidom), potom pri vzniku náboja budú mať makromolekuly snahu preťahovať sa a objem gélu bude vzrastať, čo sa prejaví jeho napučíavaním. Keď makromolekuly zbavíme náboja, znižujú sa súčasne elektrostatické sily a tepelným pohybom sa makromolekuly budú snažiť zmeniť sa na kľbko. Pritom sa bude znižovať i objem gélu, podlieha sygresii tým, že vytesňuje zo seba kvapalinu. K podobnému zväčšeniu — napučíavaniu gélu — dochádza vo všetkých smeroch, pretože gél je izotropná látka. Gél s týmito vlastnosťami je však schopný pri svojom zmršťovaní vykonávať prácu. Omnoho efektívnejšie pracuje anizotropná látka, akou je orientované vlákno. Základný chemický proces, ktorý dodáva energiu tomuto systému, je zmena disociácie slabej kyseliny, alebo inak povedané, rekombinácia karboxilových a vodíkových iónov. Vznikla už celá séria prác, ktoré sa zaoberali hľadaním modelových sústav, sledujúcich skracovanie syntetických polymérov. Napr. už na svetovej výstave v Bruseli bol vystavený periodicky pracujúci systém, ktorý zdvíhal náklad 50 kg do výšky niekoľkých metrov.

Zaujímavá z hľadiska modelovania je aj *štruktúrna* funkcia bielkovín. Funkcia je rozdelená na množstvo organel, ktoré chránené bielkovinovými, často lipoproteidovými membránami, vyzbrojenými enzýmovou aktivitou, ktoré obmedzujú voľné prenikanie rozpustených látok. Keďže určité enzýmy sú lokalizované v určitých organelách, sú lokalizované i všetky bunkové procesy. Štruktúrne bielkoviny bunky na jednej strane plnia úlohu čisto stavebnú, slúžia ako materiál pre vybudovanie jednotlivých morfológických útvarov, na druhej strane regulujú prechod rôznych látok do priestoru organel, čím uskutočňujú tzv. aktívny transport, ktorý prebieha často proti koncentračnému gradientu, t. j. proti smeru difúzie. Pri vyšších organizmoch, kde prišlo k diferenciacii tkanív, vyskytujú sa niektoré štruktúrne bielkoviny v značnom množstve a vytvárajú špeciálne typy tkanív (kolagen, krvný fibrinogén, skloroproteín očnej rohovky atď.). Štúdiom zvláštnej molekulárnej štruktúry týchto bielkovín je spojené s ich funkciou. Tu tiež možno právom hovoriť o funkčnej aktivite uplatňujúcej sa na molekulárnej úrovni a na tejto úrovni je ich možné aj modelovať.

Pri bielkovinách vyšších organizmov sa stretávame ešte s dvomi typmi funkčnej aktivity. Existujú *transportné* bielkoviny, ktorých úloha spočíva vo *vratnej väzbe a prenose* určitých životne dôležitých otázok. Najdôležitejším typom takejto bielkoviny je napr. krvný hemoglobín, prenášač molekulárneho kyslíka. Každá molekulárna bielkovina zabezpečuje väzbu a prenos látok, ktorý je akýmsi výsledkom vratnej chemickej reakcie.

Konečne sú v organizme bielkoviny, ktoré zabezpečujú *ochrannú* funkciu proti cudzorodým látkam a bunkám. Imunologické reakcie  $\gamma$ -globulínu môžu sa študovať podobne ako iné chemické reakcie.

Pozrime sa teraz na funkčnú aktivitu nukleových kyselín. V posledných rokoch sa dokázalo, že nukleové kyseliny majú pri vírusoch, bunkách i makro-

organizmoch *kybernetickú* funkciu. V dezoxiribonukleovej kyseline (DNK) bunkových jadier a ribonukleovej kyseline (RNK) rastlinných vírusov je zakódovaná genetická informácia, t. j. nutné predpoklady pre syntézu bielkovín. Analógiu tu možno hľadať v oblasti elektronických počítačich strojov a bunka sa potom môže sledovať ako analogický stroj obsahujúci všetko pre svoju reprodukciu. V takomto stroji musia byť pracovné časti (v bunke sú to priestorovo usporiadané enzýmy) a pamäťová zložka (napr. magnetofónová páska), kde sú pomocou kódu za-fixované všetky detaily jeho konštrukcie. Úlohu magnetofónovej pásky hrá v bunke reťazec nukleovej kyseliny a čím je dlhší, tým viac informácií môže byť na ňom zafixovaných. Ako bolo spomenuté, nukleová kyselina je teda materiálnym zdrojom dedičnosti. Jej najdôležitejšími vlastnosťami je schopnosť reduplikácie, autoreprodukcie, ktorá, ako sa ukázalo na experimentoch, je daná svojráznou molekulárnou štruktúrou. Chemickou zmenou DNK je spôsobená premena organizmu, tzv. mutácie. Vedci sa v posledných rokoch úspešne zameriavajú na možnosť riadenej chemickej mutagenézy, čo je vlastne vytvorenie mutácií výberovým spôsobom rôznych chemických látok na nukleovú kyselinu. Dokázalo sa, že každej mutačnej zmene DNK zodpovedá určitá zmena aminokyselinového článku v reťazci bielkoviny, to znamená, že biologická premenlivosť je chemický proces prebiehajúci na molekulárnej úrovni.

RNK je syntetizovaná za účasti DNK chromozómu, bezprostredne sa zúčastňuje reakcií pri syntéze bielkovín tým, že zabezpečuje prenos genetickej informácie z jadra do cytoplazmy ku tzv. ribosómom, kde je syntéza lokalizovaná. Druhý typ RNK obstaráva transport stavebného materiálu, t. j. aminokyselín a plní funkciu akéhosi nástroja pri syntéze bielkovín.

To boli zhrnuté hlavné funkcie bielkovín a nukleových kyselín a bola ukázaná možnosť vytvorenia určitých modelov. Molekulárnu biológiu treba však chápať ako tendenciu dnešnej biológie poznávať životné prejavy len na molekulárnej úrovni. Svojimi objavmi pomohla k chápaniu bunkových procesov. Hoci molekulárny model štruktúry DNK, bielkovín a iných látok dali možnosť vytvoriť prvé predstavy o rade procesov na molekulárnej úrovni bunky, jednako fungovanie a štruktúra celej bunky obsahuje veľa záhad.

Vyššie biologické systémy sú predovšetkým dynamické systémy. Vzniká tu problém o možnosti extrapolácie údajov získaných fyzikálnym meraním na statickom modeli. Je to dosť aktuálne vtedy, keď sa statickému stavu štruktúry pripisuje funkcia spojená s jeho nepretržitým pohybom a zmenou. Pri sledovaní molekulárnej úrovne „živého“ ťažkosti chemického prístupu značne vzrástli v zložitosti a neobyčajnej pohyblivosti molekulárnych systémov biologického objektu. Makromolekuly biologicky významných polymérov sa vyznačujú veľkou konformačnou pohyblivosťou, radom zmien, ktorých hraničnými formami sú štatistické kĺbko a lineárna špirála. Preto existuje množstvo modelov molekulárnej štruktúry biopolymérov a v súčasnosti sa ukazuje, že funkčné zvláštnosti biopolymérov sa menia so zmenou ich formy. Ešte zložitejšie je používanie statických modelov pre vyjasnenie vzájomných vzťahov látok v zložitých systémoch biopolymérov alebo v takom neobyčajne zložitom systéme, ako je bunka.

Vznikajúce problémy majú gnozeologický charakter a prekonané môžu byť len vtedy, ak sa podarí ekvivalentným vedám, ako je molekulárna biológia, vyriešiť niektoré veľké problémy (na inej úrovni) všeobecnej biológie, ako napr.: 1. problém vzťahu zložitého systému a komponentov tohto systému, 2. problém vzťahu celkových vytvorení a ich častí. Jedným z aspektov tohto problému je i sledovanie vzťahu celkového a čiastkového poznania, 3. problém vzťahu statického a dynamického v biológii atď.

Z komplexu týchto problémov vyplýva ďalej otázka, ako napr. stanovenie stupňa zložitosti elementárnych funkcií systému, ako aj otázky spojené s možnosťou vytvorenia modelu cez určenie jeho komponentov a iné.

Ako vidieť, molekulárna biológia, ako hraničné odvetvie medzi molekulárnou fyzikou, organickou chémiou a biochémiou, charakterizované štúdiom biologických procesov na molekulárno-atómovej úrovni, značne prispieva k celkovému chápaniu týchto procesov. Načrtnuté otázky metodologického a gnozeologického charakteru a určitá analýza ťažkostí pri takomto sledovaní biologických procesov ukazuje, že u špecialistov v daných prírodných vedách, ako aj u filozofov je množstvo problémov, ktorých riešenie sa už v súčasnosti vyžaduje.

#### LITERATŮRA

<sup>1</sup> Griaznov — Dynin — Nikitin, *Gnozeologické problémy modelovania*, Voprosy filosofii, Moskva 1967.

<sup>2</sup> Teorie modelů a modelování (sborník) Praha 1967.

<sup>3</sup> Filosofskije voprosy mediciny i biologii (sborník) Kijev 1970.

<sup>4</sup> S. J. Bresler, *Molekulární biologie*, Praha 1966.

<sup>5</sup> G. R. Taylor, *Biologická časovaná bomba*, Orbis — Praha 1970.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ В МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ

Душан Бакош

В биологии, как и в любой научной дисциплине, где традиционные формы исследования оказываются недействительными, ученые склоняются к специфической научно-исследовательской методике — к моделированию.

Статья состоит из двух частей. В первой части статьи рассмотрены некоторые общие принципы моделирования, а в отдельных пунктах также мотивы использования моделей в эмпирических науках, в частности в биологии.

Во второй части статьи в качестве примера применения моделирования в биологии, рассматриваются некоторые проблемы молекулярной биологии т. е. области, которая является богато расчлененной и где имеются большие перспективы для исследований. Возможности создания определенных моделей демонстрируются на примере отдельных функций белков и нуклеиновых кислот, проявляющихся на молекулярном уровне. Молекулярная биология



своими открытиями помогает понять клеточные процессы, необходимо поэтому понимать ее также как тенденцию современной биологии познавать жизненные явления на этом уровне.

Затруднения, возникающие при моделировании, связаны с физическим пониманием и с некоторыми специфическими чертами изучаемых объектов и явлений. Возникающие проблемы носят методологический и гносеологический характер. Из них комплексно вытекают некоторые вопросы, которые отмечаются в статье.

## MODELLING IN MOLECULAR BIOLOGY

Dušan Bakoš

In biology, as in any branch of science, the scientists, in order to achieve knowledge about the explored object where the traditional forms of investigation fail, incline to the special scientific research method — i. e. modelling.

The paper can be divided into two parts.

In the first part some of the general principles of modelling are being analyzed and in individual items also the motives of applying the models in empirical sciences, namely in biology, are dealt with.

As a practical example of application of modelling in biology, in the other part of the paper some problems of molecular biology are analyzed, this being an area that is distinctly separated and where there is a considerable prospect of investigation. The possibilities of creating certain models are pointed out in the individual functions of proteins and nucleic acids that present themselves in the molecular level and must be thus studied. Molecular biology with its discoveries helps to understand the cellular processes and it must be comprehended as a tendency of contemporary biology to know the life-manifestations in this level.

The difficulties with modelling are connected with the physical conception and with some specific features of objects and phenomena that are being investigated. The arising problems are those of methodological and gnozeological character. From these some questions stem as a complex. They are pointed out in the paper.