

PEDAGOGICKÁ FAKULTA TRNAVSKEJ UNIVERZITY

PALEONTOLOGIA I

TRNAVSKÁ UNIVERZITA TRNAVA 2011

Autor:
RNDr. Alžbeta Hornáčková, PhD.

RECENZENTI:
Prof. RNDr. Milan Mišík, DrSc.
Doc. RNDr. Daniel Pivko, PhD.

Vysokoškolské skriptá neprešli recenziou ani jazykovou redakčnou úpravou.

ISBN 978-80-8082-448-8.

1 Paleontológia ako veda

Vedomosti o skamenelinách sa hromadili od praveku. Skameneliny voľne vyvetrávali z odkrytých vrstiev nachádzal ich už praveký človek. O skameneliny sa zaujímali učitelia aj obyčajní ľudia, ktorých skameneliny zaujali hlavne svojím tvarom. Nutnosť vzniku nového vedného odboru pocítovali mnohí vedci už v 18. storočí.

Názov *paleontológia* prvýkrát použil roku 1847 francúzsky zoológ **Henri Marie Ducrotay de Blainville** (1777-1850) a vytvoril ho spojením gréckych slov palaiós = starý, ón óntos = vec, skutočnosť a logos = veda, náuka. Doslovný preklad slova paleontológia znie „veda o veciach minulých“. Za zakladateľa paleontológie sa považuje **Georges Cuvier** (1769 – 1832), francúzsky zoológ a paleontológ.

Názov vedného odboru „paleontológia“, bol do praxe zavedený nemeckým paleontológom, riaditeľom moskovského prírodovedného kabinetu Gotthelfom Friedrichom Fischerom von Waldheim (1771 – 1853). Vedný odbor paleontológia vznikol ako pomocná veda geológie

Prvotným poslaním paleontológie bolo skúmať morfológiu skamenelín a skamenelých zvyškov organizmov a nájdené objekty popísať. Neskôr sa objekt výskumu paleontológie rozšíril aj na fosilizované zvyšky živých organizmov alebo stopy po ich životnej činnosti, ktoré sú pochované prirodzenou cestou. Dnes paleontológia študuje DNA organizmov, ktoré sú zachované v eocéne jantári. Predmetom modernej paleontológie sú nielen skameneliny, ale poznanie vývoja života na Zemi a rekonštrukciu prostredia v minulých geologických obdobiach.

Z geologického hľadiska sa paleontológia zaoberá predovšetkým procesom fosilizácie a biostratigrafie. Najvýznamnejšia časť paleontológie vyúsťuje do priameho použitia v geológii ako biostratigrafia, ktorá objasňuje zákonitosti vo vývoji života organizmov na Zemi z hľadiska času.

Paleontológia ako historická veda sa snaží o vysvetlenie príčin dejov, ktoré na Zemi prebehli. Za svoj cieľ si kladie opísať javy, ktoré prebehli v minulosti, rekonštruovať ich priebeh a zistiť ich príčiny. Paleontológia spolupracuje s biológiou, biochémiou, antropológiou, archeológiou, matematikou, fyzikou, astronómiou, výpočtovou technikou ale aj humanitnými vedami.

1.1 Definícia paleontológie

Paleontológia je veda, ktorá sa zaoberá štúdiom tvarovo zachovalých zvyškov organizmov z minulých geologických dôb a všetkým, čo súvisí s prejavmi života a výskytom týchto dôkazov na Zemi, ktoré boli pochované prirodzenou cestou, poskytujú jednoznačný dôkaz o živote a sú staršie ako holocén.

Základným predmetom paleontologického štúdia sú **skameneliny** alebo im tiež hovoríme *fosílie*. Paleontológia skúma fosílny organizmy, ich vzhľad, spôsob života a prispôbenie sa prostrediu, v ktorom žili.

Cieľom paleontológie ako vedy je rekonštrukcia života na Zemi v minulých geologických obdobiach.

Najnovšie definície paleontológie ako vedy, radia paleontológiu k biologickým vedám, čo v súčasnosti vyvoláva rozporuplné diskusie. Objavujú sa termíny paleobiológia, čím sa zdôrazňuje, že ide o vedu zaoberajúcu sa nielen skamenelinami ako takými, ale vyhynutými organizmami a aj vzťahmi medzi nimi, stavbou ich tela, funkciou ich vonkajších a vnútorných orgánov a tiež ich zmenami a postupným prispôbovaním sa vtedajšiemu prostrediu. Iný termín, upozorňujúci na vplyv živých organizmov na geochemické zloženie vonkajších obalov Zeme a ich zmeny z hľadiska pôsobenia živej hmoty na ne, je geobiológia (Pokorný a kol., 1992).

V súčasnosti definujeme paleontológiu ako vedu o živote v minulých geologických dobách. Predmetom jej výskumu sú skamenelé zvyšky živých sústav alebo stôp po ich životnej činnosti.

Prvoradým cieľom paleontologického výskumu je rekonštrukcia vývoja života na Zemi a podmienok jeho existencie.

Vlastnou úlohou paleontológie, ako samostatnej biologicko-geologickej vedy je štúdium zaniknutých biotopov, skúmaním dôvodov ich zániku, rekonštrukcia vývoja života na Zemi a podmienky jeho existencie v danom čase a priestore. Je to veda o historickom vývoji živej prírody v celej geologickej minulosti Zeme. Paleontológia má praktický a vedecký význam, pretože poskytuje dôkazy o vývoji organizmov od najjednoduchších foriem, pomáha stanoviť vek vrstiev, objasňuje zmeny klímy, pohyby kontinentov a pomáha vyhľadávať nerastné suroviny.

1.1.1 Postavenie paleontológie v systéme vied

Paleontológia chápe ako hraničná veda medzi geológiou a biológiou. Predmet výskumu oboch vied je rovnaký rozdeľuje ho len časová hranica. Z biologického hľadiska sa paleontológia zaoberá organizmami, ktoré žili na Zemi a vývojom organizmov. Paleontológia je veda, ktorá úzko spolupracuje nielen s geovedami, ale aj historickými vedami ako je archeológia, spoločenskými vedami ako je sociológia, ale hlavne s biologickými vedami, a to s botanikou, zoológiou, genetikou, antropológiou, etológiou a ekológiou. Cieľom tejto spolupráce je nájsť pravdivé a logické vysvetlenie na tvar, stavbu tela, funkciu vonkajších aj vnútorných orgánov fosílnych organizmov, ich spôsob života a dôvod ich vyhynutia.

1.1.2 Pomocné vedy paleontológie

Pomocné vedy paleontológie sú historická geológia, stratigrafia, sedimentárna petrografia a biológia.

Historická geológia študuje v časovej postupnosti dejiny Zeme od vzniku zemskej kôry až do dnes a v súvislosti s tým aj vývoj života na Zemi. Najcennejšie údaje z tohto hľadiska jej poskytujú skameneliny a sedimentárne horniny.

Stratigrafia je veda, ktorá sa zaoberá vrstvami sedimentov a ich uložením v časovej postupnosti.

Sedimentárna petrografia sa zaoberá charakteristikou sedimentov a sedimentačným prostredím. Študuje podmienky vzniku a zloženie sedimentárnych hornín.

Biológia je náuka o živote organizmov. V širšom slova zmysle je súborom vedných disciplín, ktoré sa zaoberajú štruktúrou, morfológiou, funkciou živých organizmov žijúcich na Zemi.

1.2 Rozdelenie paleontológie

Paleontológia sa delí na tieto základné odvetvia:

všeobecnú paleontológiu

systematickú paleontológiu

aplikovanú paleontológiu

Všeobecná paleontológia skúma otázky vzniku a zachovania sa skamenelín.

Systematická paleontológia popisuje a zaraďuje organizmy do systému.

Podľa objektu výskumu rozdeľujeme systemetickú paleontológiu na:

paleobotaniku (fytopaleontológiu)

paleozoológiu (zoopaleontológiu).

Paleobotanika sa zaoberá skúmaním skamenelých rastlín a rastlinných zvyškov, paleozoológia študuje skamenelé zvyšky živočíchov.

Zoopaleontológia sa ďalej delí na:

paleontológiu bezstavovcov

paleontológiu stavovcov

Mikroskopickými zvyškami fosílnych organizmov sa zaoberá mikropaleontológia (opozitum tohto termínu vznikol termín makropaleontológia).

Samostatné termíny vznikli pre paleobotanické vedy zaoberajúce sa štúdiom fosílnych driev – *paleoxylotómia*, paleontológia zaoberajúca sa štúdiom fosílnych plodov sa nazýva paleokarpológia, veda študujúca fosílnu peľovú zrnku sa nazýva *paleopalinológia*. V paleontológii sa vyvinuli aj samostatné vedné odbory ako je *paleoetomológia*, *paleoneurológia*, *paleosteológia*, *paleoetológia*, *paleopatológia* a ďalšie.

Aplikovaná paleontológia je náuka o vedúcich skamenelinách a je súčasťou **biostratigrafie**. K aplikovanej paleontológii dnes zaraďujeme aj **paleoekológiu**.

2 Historický vývoj názorov na skameneliny

Názory učencov a vedcov na skameneliny sa postupom času menili. Starovekí a stredovekí učitelia nemali jednotný názor na fosílie. Avšak od staroveku môžeme v histórii pozorovať prepletanie sa správnych a nesprávnych názorov na skameneliny. Skameneliny zaujali učencov aj prostý ľud, hlavne pre svoj vzhľad a množstvo, v akom sa vyskytovali na zemskom povrchu.

2.1 Skameneliny v bájach a mýtoch

V praveku a stredoveku, keď paleontológia ešte nebola vedou, ľudia síce skameneliny nachádzali, no nevenovali im väčšiu pozornosť. Okrem učencov, skameneliny voľne vyvetrávajúce z odkrytých vrstiev nachádzali aj obyčajní ľudia, ktorých skameneliny zaujali najmä svojím tvarom, často množstvom, veľkosťou a miestom svojho výskytu. Nálezy rôznych skamenelín považovali obyčajne za to, čo im najviac pripomínali. Ľudská nevedomosť a fantázia dali podnet k vzniku bájí, mýtov a rozprávkových bytostí. Pozadie niektorých bájí, ale aj slávnych eposov neskôr odhalila práve paleontológia.

Veľmi často pri nálezoch kostí veľkých zvierat sa ľudia domnievali, že sú to pozostatky obrov alebo drakov, čo vyvolávalo strach a hrôzu. Takéto nálezy viedli mnohé národy k tvorbe bájí o drakoch alebo iných rozprávkových tvoroch. Dôvodom omylov bolo aj nesprávne pospájanie nájdených kostí. V stredovekých učebniciach sa dlho vyobrazovalo neskutočné zviera - jednorozec. Odborný výklad hovoril o zvierati, ktoré bolo také veľké, že sa nezmestilo do Noemovej archy a muselo za ňou plávať.

Zo starého Grécka sa zachovali povesti o jednookých obroch - kykloch. Ako podnet k tomu slúžili skamenené lebky zakrpatených slonov, ktoré sa nachádzali na stredomorských ostrovoch. Stredomorské ostrovy boli postupne oddeľované morom od pevniny a stali sa tak izolovaným ekosystémom.



Obr. 1 Lebka zakrpateného slona s kruhovým otvorom v chobote.

Prispôsobenie sa životu na oddelenom území sa prejavilo anatomicko-morfologickými zmenami. Na skamenelých lebkách zakrpatených slonov je kruhový otvor po chobote, ktorý pripomína oko umiestnené v strede hlavy.

Najzaujímavejší nález obra, bol objav kostry, ktorú vykopal francúzsky lekár Mazurier roku 1613. Vykopanú kostru vyhynutého chobotnatca, vyhlásil za kostru „kráľa Teutobochoa“. Za poplatok ju ukazoval na jarmoku ako atrakciu. Mazurier nepravdivo tvrdil, že kosti našiel v hrobke. No už o päť rokov sa zistilo, že je to kostra obrovského predchodcu mamutov. Bola pomenovaná *Dinotherium*. Neskôr sa našlo veľa kostier *Dinotheria* a našli sa aj časti klov.

O ďalší slávny omyl sa postaral švajčiarsky učenec A. Scheuzer, ktorý opísal skamenelú kostru veľmloka ako kostru človeka – hriešnika, úbohého svedka potopy sveta. Tento omyl o pár storočí poslužil Karlovi Čapkovi ako námet na román „Vojna s mlokmí“.

Povestami sú opradené aj nálezy veľkých dierkavcov - numulitov, ktoré obývali paleogénne moria. Numulity, ktoré aj dnes vypadávajú z kamenných blokov egyptských pyramíd, žili v teplých plytkých paleogénnych moriach a ich schránky sa stali súčasťou sedimentu vznikajúceho v tomto mori. O niekoľko miliónov rokov, keď more ustúpilo, stal sa tento sediment vhodnou surovinou na stavbu pyramíd. Na začiatku nášho letopočtu si numulity vypadávajúce z kamenných blokov pyramíd všimol učenec Strabón (64 pred n. l. – 19 n. l.), antický filozof, považoval ich za skamenelú šošovicu, ktorou sa živili robotníci pracujúci na ich stavbe.

Iná povesť sa spája s numulitmi, ktoré sa nachádzajú na Slovensku v okolí Bojníc. Tu sa ľudovo nazývajú peniažky. Jedna z povestí o bojnických liečivých prameňoch hovorí, že na bojnickom zámku žil istý čas pán Poky, ktorý bol chamtivý, liečivé pramene pod zámkom dal ohradiť a kúpať sa mohol len ten, kto mu zaplatil. Jedného dňa pán Poky prichytil chorého starca ako sa kúpe v liečivej vode, a keď stavec nemal na čím zaplatiť, Poky prikázal, aby ho vyhnali. Stavec pána zámku prekliat so želaním, nech sa mu jeho nazdierané peniaze premenia na kameň. Kliatba sa splnila, Poky s hnevom vyhodil premenené peniaze von oknom a dodnes ich môžeme pod zámkom zbierať. V niektorých krajinách sa vyskytujú iné veľké dierkavce - fuzulíny, ktoré obývali karbónske moria. Miestni obyvatelia ich oddávna považujú za skamenelé obilné zrnká.

Veľa ďalších skamenelých živočíchov bolo omylom považované za niečo iné ako v skutočnosti boli. Oválne vrcholy lastúr *Congerina* sa považovali za kozie pazúry. Terčíkovité články zo stoniek řálioviek *Encrinus* s kanálkom uprostred sa nazývali peniažky svätého Bonifáca. Päťuholníkové články řálioviek *Pentacrinus* boli nazývané „hviezdne kamene“. Rovnakým názvom označovali aj fosílné koraly. Skamenelé zuby žralokov sa považovali za

skamenelé vtáčie jazýčky, ostne fosílnych ježoviek *Cidaris* boli známe pod názvom „židovské kamene“. Belemnity pre svoj neobvyklý tvar boli považované nemeckým obyvateľstvom za strely bosoriek. Inde verili, že belemnity vznikajú úderom blesku, a preto ich názov je odvodený od gréckeho slova *belemon*, čo v preklade znamená blesk.

Amonity dostali pomenovanie podľa staroegyptského boha Ammona, lebo ich stočené skamenelé schránky pripomínajú jeho rohy. Amonity a belemnity sú veľmi častými skamenelinami nachádzajúcimi sa na Slovensku. Skoro všade na Slovensku robotníci v kameňolomoch považovali nájdené schránky amonitov za skamenelé hady, pretože im pripomínali stočeného hada.

Nie všetky skameneliny vzbudzovali strach a hrôzu, niektorým bola pripisovaná zázračná sila. Mnohé skameneliny nosili ľudia ako amulety v presvedčení, že ich ochránia pred zlými duchmi alebo iným nešťastím. Iné skameneliny slúžili ako ozdoba príbytkov. U niektorých sa predpokladali dokonca liečivé účinky. A takéto skameneliny ľudia horlivo zbierali a obchodovali s nimi. V minulosti bolo možné kúpiť v lekárni liek z rozomletých fosílnych kostí alebo lastúr. Zaujímavé je, že tieto lieky kupoval nielen prostý ľud, ale aj vtedajší učitelia. Za kolísku ľudového liečiteľstva sa považuje Čína, tu zrejme vyrábali aj veľa liekov zo skamenelín. Vďaka snaživosti čínskych lekárnikov aj dnes môžeme nájsť v niektorých čínskych lekárňach rôzne fosílné kosti, z ktorých sa pripravovali lieky. Medzi týmito kosťami boli nájdené aj cenné pozostatky predchodcu človeka zvaného *Sinanthropus*, a práve tie prispeli k doplneniu a skompletizovaniu jeho kostry.

2.1 Názory učencov na skameneliny.

Názory učencov na skameneliny sa v priebehu vekov vyvíjali. Už niektorí starovekí učitelia mali správne názory, no mnohí učitelia neskorších čias často obhajovali nesprávne teórie.

2.1.1 Starovek

Len málo starovekých učencov venovalo skamenelinám pozornosť. Jedným z najstarších gréckych filozofov, ktorý si bližšie všimol skameneliny bol *Xenofanes z Kolofonu* (asi 565 - 470 pred n. l.). Pozoroval vyvetrávajúce skameneliny na Malte a na Sicílii v syrakúzkych lomoch, a pretože to boli skamenelé ulity mäkkýšov a kosti rýb, usúdil, že zemský povrch bol kedysi zaliaty morom. Venoval sa aj paleobotanike, na ostrove Paros našiel skamenelé vavrínové listy. Napísal o skamenelinách 2 knihy.

Empedokles z Akragantu (asi 490 - 430 pred n. l.) ako prvý vyslovil názor, že skameneliny sú zvyšky zvierat, iných ako dnes žijúcich. Hoci bol tento názor správny, niekoľko storočí bol zatlačovaný do zabudnutia. Úplne iný názor na podstatu vzniku skamenelín vyslovil **Theophrastos z Efezu** (asi 300 rokov pred n. l.), ktorý si myslel, že skameneliny vznikajú tzv. plastickou silou (*vis plastica*), ktorá je v horninách.

Známy starogrécky filozof a zakladateľ mnohých vedných odborov **Aristoteles** (384-322 pred n. l.) zanechal vo svojich spisoch len nepatrnú zmienku o skamenelinách, ktorá však na dlhú dobu ovplyvnila názory ostatných učencov. Jeho názory mali veľký vplyv aj na ďalšie myslenie ľudstva, hlavne preto, lebo kresťanstvo prebralo Aristotelove učenie ako jediný zdroj poznania o prírode. Po celý stredovek bol neotrasiteľnou autoritou, ako snáď žiadny z filozofov a okrem jeho správnych poznatkov sa preberali aj všetky jeho omyly a fantastické domnienky. Vo svojich spisoch Aristoteles napísal, že ústrojné telo schopné života, môže vzniknúť z hliny a vodného kalu bez oplodnenia. Tento názor označovaný ako voľná novotvorba (*generatio aequivoca*), bol často preberaný mnohými učencami stredoveku i novoveku a tak sa skameneliny do polovice 18. storočia považovali za produkty „aristotelovej“ voľnej novotvorby alebo sa im tiež hovorilo „hračky prírody“.

2.1.2 Stredovek

Filozofické myslenie, sa vďaka obchodu, šírilo z Grécka do ázijských krajín. V Grécku sa filozofia konštituovala ako veda a od Grékov ju postupne prebrali rímski učitelia. Spolu s inými názormi sa preberali aj názory na skameneliny. Učenec **Plínius st.** (23 – 79 n. l.) považuje amonity za rohy boha Ammóna. Na základe tohto názoru sa amonity nachádzajúce v Etiópii zaradili medzi najväčšie drahokamy Etiópie.

Po rozpade rímskej ríše preberajú európsku učenosť Arabi. Najznámejší pokračovateľ Aristotelových názorov, ktorý vychádzal z jeho učenia, bol stredoveký perzský filozof, lekár a prírodovedec Ibn Sina známy pod menom **Avicena** (980 – 1037). Aj on pripisoval vlhkému a teplému prakalu schopnosť vytvoriť z ničoho v skalách skamenené zvieratá a rastliny pôsobením plastickej sily.

O tajomnej tvorivej sile písal aj najslávnejší nemecký učenec, teológ a prírodovedec 13. storočia, gróf Albert z Bollstädtu, nazývaný **Albert Magnus** (1193 – 1280). Hovorí, že skameneliny nemusia byť iba výsledkom tvorivej sily, ale z časti to môžu byť skutočné zvyšky zvierat a rastlín, ktoré vznikli len tam, kde kamenotvorná sila mohla uplatniť svoj vplyv.

Iný nemecký učenec, Gregor Bauer, zvaný **Agricola** (1494 – 1555), považovaný za otca mineralógie, ktorý dlhšiu dobu žil a pracoval v Jáchymove ako lekár, vo svojom diele a iných spisoch napísal, že fosílie vyskytujúce sa v tvrdých horninách alebo v skalách sú tvary nerastov, kým ryby, kosti a drevá sú zvyšky zvierat alebo rastlín skameneli „kamenotvornou“ tekutinou, ktorá prenikla cez ich póry. V tomto diele Agricola prvýkrát použil termín **fosilie**.

Konrad Gessner (1516 – 1565) švajčiarsky prírodovedec a polyhistor prvý popísal a vyobrazil skameneliny. Gesnerovo životné dielo *Historia animalium* (Dejiny živočíchov). Dielo má 4 zväzky a spolu asi 3500 strán. Okrem textu ho ozdobujú obrazy skamenelín od najlepších vtedajších maliarov, ako napríklad je Albrecht Dürer. Živočíchy sú rozdelené podľa Aristotelovej klasifikácie. Autor neopisuje len stavbu tela, vlastnosti a zemepisné rozšírenie jednotlivých zvierat, ale aj ich praktický význam pre medicínu a kuchárstvo. Kniha je akási encyklopédia živočíšnej ríše, pričom zástupcovia každej skupiny sú usporiadaní abecedne. V ďalšej svojej knihe „*De rerum fossilum etc.*“ sa ako prvý zaoberá skamenelinami.

Ani nástupom renesancie sa názory na skameneliny nemenia. V 16. storočí väčšina učencov zastáva názor, že skameneliny sú hračky prírody, vytvorené tajomnou tvorivou silou. S iným názorom sa stretávame v spisoch slávneho talianskeho renesančného architekta, vynálezcu, sochára a maliara **Leonarda da Vinci** (1452 – 1519), ktorý ako mladý architekt staval v severnom Taliansku priplav a počas stavebných prác tam nachádzal veľa skamenelých schránok živočíchov. Správne ich považoval za morské živočíchy, ktorých schránky sú uložené na mieste, kde v minulosti bolo more. Aj niektorí ďalší učitelia zastávali tento správny názor, no napriek tomu od dôb Leonarda da Vinci uplynulo takmer 300 rokov, kým sa zmenil hlboko vžitý názor, že skameneliny sú hračky prírody.

2.1.3 Novovek.

V 17. a 18. storočí prevládal naďalej názor, že skameneliny sú hračky prírody, alebo pozostatky zvierat, ktoré zostali na Zemi po biblickej potope sveta. Učitelia stále obhajovali nesprávne teórie a vymýšľali ďalšie fantastické vysvetlenia na nové nálezy skamenelín. Tejto chyby sa dopúšťali mnohí významní vedci. Výborný znalec recentných mäkkýšov anglicky prírodovedec **Martin Lister** (1638 – 1712) považoval skamenené ulity za ulitám podobné zvláštne kamene, ktoré náhodne vznikli v horninách.

Tragikomicky dopadol **Johannes Bartolomeus Beringer**, profesor lekárskej fakulty vo Würzburgu, keď roku 1727 publikoval knihu „*Lithographiae Wirceburgensis*“. V knihe vyobrazil 2000 druhov zvláštnych skamenelín, ktoré označoval ako „*lapides figurati*“ (hračky

prírody). Tieto zvláštne tvary vyrezávali do mäkkého vápenca jeho zlomyseľní priatelia a študenti, ktorí ich zahrabávali do suty v lome, kde Beringer často chodil a tieto výtvyry zbieral. Krátko po vydaní knižného diela, našiel zaniatený profesor kus vápenca, na ktorom boli vytesané iniciálky jeho mena. Beringer pochopil svoj omyl, snažil sa celý náklad knihy skúpiť a vec utuľať. Neskôr však vyšlo aj druhé vydanie tohto diela. Za jeho čias sa povrávalo, že celý majetok minul na skupovanie svojich kníh. Až touto aférou sa definitívne skončili mylné teórie o tvorivej sile, hračkách prírody a iných fantastických názorov na vznik skamenelín.



Obr. 2 Vzory vyrezané do vápenca, ktoré podvažoval Beringer za skameneliny.

Rozpaky, ktoré vyvolali tieto okolnosti dezorientovali vtedajších prírodovedcov, ktorí na miesto hľadania správnej cesty začali hľadať vysvetlenie v biblickej potope sveta. Táto skutočnosť dala podnet na vznik školy diluviánov. Diela týchto učencov poukazujú na nízky stupeň vtedajších znalostí z anatómie živočíchov a človeka. K zástancom tejto teórie patril dánsky učenec **Nicolaus Steno**, Angličan John Woodward a iní. Jeden z najstarších zástupcov diluviánov bol švajčiarsky učenec **Johan Jakub Scheuchzer** (1672 – 1733). Roku 1695 J. Woodward vydal svoje dielo vysvetľujúce vznik skamenelín pri potope sveta, Scheuchzer nadchnutý jeho myšlienkami sa stal priekopníkom jeho teórie. Všeobecne známym sa však stal Scheuchzer až nálezom kostry v miocénnych vápencoch v Bádensku, ktorú považoval za kostru človeka, „bezbožného hriešnika“, utopeného pri potope sveta. Nájdenú kostru roku 1726 popísal ako „*Homo diluvii testis*“. Až neskôr **C. G. Cuvier**, podal dôkazy o tom, že nejde o kostru človeka, ale o zvyšky kostry veľmloka, ktorého na počesť J. J. Scheuchzera nazval *Andrias scheuchzeri*. Scheuchzer sa zaoberal aj skamenelými rastlinami. Jemu známe skameneliny rastlín rozdelil v súlade s teóriou, ktorú zastával na: 1. Antediluvianae, 2. Diluvianae, 3. Postdiluvianae. Všimol si, že niektoré fosílné rastliny sú iné ako dnešné rastliny a vyslovil názor, že ide o vymreté formy. Túto myšlienku upresnil roku 1718 vo svojom diele francúzsky botanik **A. L. de Jussieu**.

Aj **Nicolas Steno** (1638 - 1686) dánsky lekár a geológ, ktorý bol priekopníkom v anatómii a geológii sa zaoberal skamenelinami. Na rozdiel od svojich súčasníkov považoval skameneliny za organizmy, ktoré na Zemi žili. Uvedomil si, že zemské vrstvy sa ukladajú na seba postupne od najstaršej po najmladšiu a formuloval *zákon superpozície*, známy tiež ako I. stratigrafický zákon.

Začiatkom 18. storočia začala mladšia generácia prírodovedcov postupne opúšťať stredoveké predstavy a prechádzať k evolučným názorom. Patril tu výrazný anglický prírodovedec **Robert Hooke**. O niekoľko rokov neskôr sa pridal k jeho názorom **Georges Louis Leclerc de Buffon** (1707 – 1788) a jeho súčasník **Jean Baptiste Antoine Pierre Monet Lamarck** (1744 - 1829), ktorý je všeobecne označovaný ako zakladateľ paleontológie bezstavovcov. Najvýznamnejší z nich bol francúzsky zoológ a paleontológ **Georges Cuvier** (1769 – 1832), ktorý pochopil mnohé zákonitosti usporiadania vnútorných orgánov živočíchov, detailne ich študoval a dospel k názoru, že medzi ich stavbou a tvarom vnútorných orgánov existujú zákonité súvislosti. Tieto jeho myšlienky boli neskôr formulované ako Cuvierov *korelačný zákon*, ktorý sa uplatnil v paleontologickom výskume. Cuvier sa považuje za zakladateľa paleontológie. Všimol si že jednotlivé typy fosílií nachádzajúce sa v okolí Paríža sú vždy charakteristické pre tú - ktorú geologickú vrstvu. Vysvetlil si to tak, že v minulosti dochádzalo k opakovaným katastrofám, ktoré potom zmenili zastúpenie živočíšnych druhov a domnieval sa, že po každej katastrofe sa na Zemi objavil nový život.

Ďalšie pokrokové názory do paleontológie priniesol anglický právnik a geológ **Charles Lyell** (1797 – 1875), ktorý tiež mal iný názor na formovanie sa života na Zemi ako mnohí vtedajší učitelia. Domnieval sa, že Zem nebola formovaná katastrofami, ale pomalými a postupnými procesmi, ktoré trvali veľmi dlho. **James Hutton** (1726 - 1797) škótsky geológ, považovaný za zakladateľa modernej geológie, prichádza s úplne novými predstavami o vzniku hornín a spolu s C. Lyellom je autorom *princípu aktualizmu*. Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) francúzsky prírodovedec a zoológ, ktorý zastával názor, že organizmy sa môžu počas svojho života zmeniť podľa svojich dedičných vlastností alebo ak sa musia prispôbiť novým životným podmienkam. Svoje názory publikoval v roku 1809. Teória o dedičnosti získaných vlastností dostala po ňom názov lamarckizmus. Lamarck zavrhol predstavu o nemennosti druhov, je zakladateľ vývojovej teórie a predchodca Darwina.

Na prelome 18. a 19. storočia sa k evolučným názorom Cuviera a Lamarcka pridáva W. Smith. **William Smith** (1769 – 1839) anglický inžinier, geológ a paleontológ v roku 1815 publikoval 1. geologickú mapu Anglicka. Zistil, že vo vrstvách rovnakého veku sa nachádzajú rovnaké skameneliny, čo bolo neskôr formulované ako II. stratigrafický zákon (*zákon*

o rovnakých skamenelinách). Týmto objavom položil základy biostratigrafickej metódy, čo umožnilo vytvorenie medzinárodnej stratigrafickej stupnice.

V 19. storočí sa skamenelinám venuje pomerne veľa vedcov. Vedci v tomto období hlavne popisujú skameneliny a práve z tohto obdobia je popísaných asi 1000 nových druhov. Množstvo popísaných nových druhov skamenelín viedlo k úvahám o vývoji druhov. Zakladateľom náuky o vývoji druhov je anglický prírodovedec **Charles Robert Darwin** (1809 – 1882), ktorý strávil päť rokov na lodi Beagle (1831 – 1836). Táto expedícia mu umožnila študovať v prvom rade geológiu, skameneliny a množstvo živých organizmov. Pozorovania, ktoré počas plavby robil, ho inšpirovali k štúdiu transmutácie druhov (premena jedného druhu na iný), a tak v roku 1838 rozvinul svoju *teóriu prirodzeného výberu*. No v roku 1858 ho informácia o tom, že Alfred Russel Wallace vypracoval podobnú teóriu, prinútila svoje myšlienky predčasne zverejniť. Kniha „O vzniku druhu prirodzeným výberom“ vyšla 24. novembra 1859. Ďalšie diela, v ktorých začal dôsledne uplatňovať princíp vývinu a vývinových vzťahov sú „Pôvod človeka a pohlavný výber“ (1871) a „Premenlivosť rastlín a živočíchov za domáceho pestovania“ (1868). Darwin objavil materiálno-prírodno-historické príčiny evolúcie, vďaka čomu sa evolučné učenie premenilo na evolučnú teóriu.

Alfréd Russel Wallace (1823 - 1913) považovaný za zakladateľa zoogeografie, bol britský biológ, antropológ a geograf. Vývoj nových druhov pripisoval zemepisnému rozšíreniu a prostrediu.

Významným propagátorom darwinovej vývojovej teórie bol nemecký prírodovedec **Ernst Haeckel** (1834 – 1919), profesor na Jensej univerzite. Rozpracoval *biogenetický zákon*, učenie o fylogénéze a idey prirodzeného vzniku života z anorganických látok.

Pokračovateľom náuky o vývoji druhov na začiatku 20. storočia bol aj francúzsky jezuitský páter, filozof, antropológ, geológ a paleontológ **Teilhard de Chardin** (1881 – 1955). Študoval paleontológiu, zoológiu, botaniku a geológiu na univerzite v Sorbone. Zúčastnil sa na niekoľkých vedeckých výpravách hľadajúcich stopy po antropoidoch a slávu získal ako spoluobjaviteľ **človeka čínskeho** (*Sinanthropus pekinensis*). V Pekingu spolu s ďalším jezuitom Leroiom založil geobiologický ústav a v roku 1943 začali vydávať periodikum Geobiologica. Jeho evolučné názory nemali dobrý ohlas v katolíckej cirkvi, a tak na pokyn svojich rehoľných predstavených odišiel z Paríža do New Yorku, kde roku 1955 náhle zomrel. Jeho diela sa začali vydávať až po roku 1963.

Významný výskumník svetového mena bol francúzsky inžinier a paleontológ **Joachim Barrande** (1799 -1833), ktorý sa preslávil prieskumom geologických podmienok v okolí Prahy. Oblasť, ktorú vedecky spracoval, bola neskôr pomenovaná Barandien. Prvú správu o svojom

výskume vydal r. 1846 „Silúrsky systém středních Čech“. **Antonín Frič** (1832 – 1913) bol významný profesor Karlovej univerzity v Prahe. Spracoval fosílny obojživelníky a ryby Česko – moravského permokarbonu.

Významným paleontológom na Karlovej univerzite v Prahe bol **Jaroslav Perner** (1869 – 1946), ktorý sa venoval hlavne štúdiu graptolitov. **Josef Augusta** (1903 – 1968) sa do dejín paleontológie zapísal dielom „*Dívny prasný svět*“ (1942), ktoré publikoval v spolupráci s akademickým maliarom Zdenkom Burianom (1905 – 1981). V diele bola bohatá obrazová príloha rekonštrukcií prehistorického života na Zemi, ktorá ich preslávila aj za hranicami vtedajšieho Československa.

2.1.4 Niektoré osobnosti slovenskej paleontológie

Prvú prácu, „*Naturalis historiae compendium*“, v ktorej nachádzame zmienky o paleontológii, napísal roku 1795 Andrej Kráľovanský, ktorý pôsobil v Kežmarku. Jeho kniha prírodopisu bola v tom čase považovaná za najlepšiu v Uhorsku. **Andrej Kráľovanský** sa narodil v Kráľovanech v okrese Dolný Kubín roku 1759. Po štúdiách na lýceu v Kežmarku študoval na univerzite vo Wittenbergu a v Jene. Od roku 1789 pôsobil ako profesor na lýceu v Kežmarku neskôr ako rektor univerzity v maďarskej Šoproni, kde roku 1809 aj zomrel.

Dejiny slovenských geoviéd sa viažu k vzniku Banskej školy v Banskej Štiavnici, ktorá bola zriadená Rakúsko – Uhorskou cisárovnou Máriou Teréziou roku 1735 a postupne sa vypracovala na vysokú školu. Roku 1770 bol tejto škole udelený titul **Banská akadémia**, ktorá bola nielen prvá banícka akadémia, ale aj prvá vysoká škola technického charakteru na svete. V roku 1840 bola na škole zriadená Katedra geológie, mineralógie a paleontológie. V roku 1918 bola táto škola presídlená do maďarského mesta Šopron.

Paleontológii sa na Banskej akadémii v Banskej Štiavnici venoval **Ján Pettko** (1812 - 1890), ktorý sa zaoberal hlavne fytopaleontológiou. Jeho nástupca **Štefan Vitáliš** (1871 – 1947) sa zaoberal faunou terciérnych uhoľných pánvi.

Významný podiel na geologickom výskume Slovenska a rozvoji geológie a paleontológie mal **Dionýz Štúr** (1827 – 1893), rodák z Beckova, významný geológ a paleontológ. Narodil sa v učiteľskej rodine, študoval v Modre, vo Viedni a roku 1847 aj na Banskej akadémii v Banskej Štiavnici.

Dionýz Štúr bol významný slovenský geológ 19. storočia, prírodovedec, geograf, botanik, fytopaleontológ a zakladateľ modernej stratigrafie Slovenska. Zaoberal sa geologickým mapovaním a fytopaleontológiou Rakúska, Uhorska (Slovenska), Čiech a Moravy. Publikoval približne 300 vedeckých prác, venoval sa hlavne paleobotanike a presadzoval teóriu o premenlivosti druhov ešte pred vydaním Darwinovho diela.

Pre geologický a paleontologický výskum na Slovensku bolo významné a dôležité založenie Ríšskeho geologického ústavu vo Viedni v roku 1849, ktorého sa roku 1885 stal Dionýz Štúr riaditeľom.

Dimitrij Andrusov (1897 - 1976) bol slovenský geológ ruského pôvodu, zakladateľ modernej slovenskej geológie. Od roku 1932 doc., univerzitný profesor (1940), akademik SAV (1953), doktor vied (1956). Bol synom ruského geológa, člena Ruskej akadémie vied a univerzitného profesora N.I. Andrusova a dcéry archeológa objaviteľa – Tróje H. Schliemana. V rokoch 1915 študoval na univerzite v Petrohrade. Neskôr v rokoch 1922 pokračoval v štúdiách na univerzite Sorbona v Paríži. V roku 1925 študoval v Prahe a po likvidácii škôl v Čechách počas nemeckej okupácie roku 1938 prišiel do Bratislavy. K jeho významným dielam patrí „Geológia Slovenska“ roku 1938, „Geológia československých Karpát“ z roku 1958, „Skameneliny karpatských druhohôr“, ktoré vyšlo roku 1950 a iné.

K významným slovenským paleontológom patrí aj **Jozef Švagrovský** (1921 – 1985), absolvent Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, žiak akademika Andrusova, ktorý bol od roku 1962 profesorom paleontológie na Prírodovedeckej fakulte UK. Venoval sa hlavne paleontológii bezstavovcov. Roku 1976 vydal modernú učebnicu paleontológie „Základy systematickej zoopaleontológie I, evertebrata“.

3 Vznik a spôsoby zachovania skamenelín

Rôznorodosť života v histórii Zeme je ohromujúca. Paleontologická literatúra opisuje nálezy asi 250 tisíc druhov organizmov zaradených do 35 tisíc rodov a 4 tisíc čeľadí, ktoré sú zachované ako skameneliny (Raup 1993). Nie všetky žijúce organizmy mali možnosť zachovať sa ako skameneliny. Skamenenie alebo fosilizácia je na našej planéte taká výnimočná udalosť, že tieto čísla môžu v skutočnosti predstavovať oveľa menej ako 1% foriem organizmov, ktoré v skutočnosti obývali alebo obývajú našu Zem. Výskyt každého taxónu má isté časové rozpätie. V literatúre sa z geologickej minulosti odhaduje stredné trvanie druhu na 4 milióny rokov a rodu na 28 miliónov rokov.

3.1 Definícia skamenelín (fosílií)

Skameneliny alebo fosílie (z latinského fodio, fodere = kopať, fosilis = to čo je vykopané) sú zvyšky tiel, kedysi žijúcich organizmov, ako aj ich otláčky, prípadne stopy, ktoré sa zachovali z minulých geologických dôb až po súčasnosť. Skameneliny (fosílie) musia byť pochované prirodzenou cestou, musia mať určitú štruktúru, ktorá zodpovedá morfológii žijúceho organizmu, ich fosilizácia prebehla prirodzeným spôsobom a sú staršie ako holocén.

Skamenelina je v porovnaní so žijúcim organizmom neúplný doklad, ktorý nie je možné skúmať vo všetkých detailoch a spoznávať jeho správanie.

Prvý vedecký pohľad na skameneliny a pomenovanie fosílie nachádzame v diele Gregora Bauera zvaného Agricola.

Na rekonštrukciu života na Zemi je potrebné zhromaždiť:

1. dôkladné poznatky o dnešných živočíchoch, predovšetkým z porovnávacej anatómie a morfológie
2. poznatky o procesoch, ktoré prebehnú od smrti jedinca až po jeho prirodzené pochovanie v sedimente, ale aj o zmenách vo vznikajúcej hornine

3.2 Delenie skamenelín

Skameneliny rozdeľujeme na dve základné skupiny:

- a) pravé skameneliny
- b) skameneliny v širšom slova zmysle

Pravé skameneliny sú také organizmy, ktorým sa zachovala časť alebo všetka organická hmota. Do tejto skupiny patria všetky fosílie, u ktorých sa zachovala aspoň časť pôvodných mäkkých tkanív tela. Pomerne často sa zachovávajú tvrdé časti ako sú schránky, kosti a zuby organizmov, no len veľmi zriedka sa zachovávajú časti mäkké. K výnimočne dobre zachovaným pravým skamenelinám patria pozostatky organizmov zachované v jantári, fosfatizované telá drobných kôrovcov vo vápencoch a fosfatických konkréciách, múmie vzniknuté vysušením, telá zachované v humídnych kyselinách, v ľade, v solných ložiskách alebo v rope.

Ako **múmie** označujeme v paleontológii také fosílie, ktoré vznikli rýchlym vysušením tiel uhynutých živočíchov napr. v púšťach, kde sú vysoké teploty. Múmie často vznikajú aj v jaskyniach, kde je sucho a neustále prúdenie vzduchu.

Objekty, u ktorých sa zachovalo telo aj s mäkkými tkanivami iným spôsobom ako vysušením – napr. zamrznutím v ľade, konzerváciou solnými roztokmi, živicami, naftou, humídnyimi kyselinami a pod., označujeme ako **pseudomúmie**. Najznámejšie pseudomúmie sú nálezy mamutov zamrznutých v ľade na Sibíri a v Kanade.

Mamut objavený na rieke Berezovce v r. 1902 uhynul pred niekoľko tisíc rokmi. Bol ľadom tak dobre zakonzervovaný, že psi konzumovali jeho mäso ako čerstvé. Dobre zachované telo tejto skameneliny umožnilo študovať aj obsah žalúdka, zloženie krvi, srsti atd. Rovnako dobre sa zachovalo i mláďa mamuta, ktoré bolo v r. 1978 objavené vo východosibírskom ľade. Veľmi dobre sa tiež zachovali pozostatky mladopleistocenných srsnatých nosorožcov na severnom predpolí Karpát, ktoré boli konzervované v íloch nasiaknutých roztokom kuchynskej soli (NaCl) a ropou. V asfaltových uloženiach bolo objavené množstvo výborne zachovaných stavovcov na lokalitách Rancho la Brea pri Los Angeles (USA) a Binagadi pri meste Baku (Azerbajdžan).

3.3 Skameneliny v širšom slova zmysle

Do tejto skupiny patria také skameneliny, ktoré počas fosilizácie alebo po nej prišli o všetky organické zvyšky pôvodného tela. Organická hmota bola nahradená anorganickým materiálom a zostal tak viac menej dokonalý odtlačok pôvodného tvaru organizmu, poprípade

odtlačok vonkajšej alebo vnútornej skulptúry schránky organizmu. Do tejto skupiny patria rovnako všetky tvarovo zachované stopy po životnej činnosti fosílnych organizmov.

Najbežnejším typom skamenelín v širšom slova zmysle sú kamenné jadrá. Tie vznikajú najčastejšie vtedy, ak vnikne mäkký sediment, napr. bahno alebo jemný piesok, do schránok živočíchov, ktorých mäkké časti už zmizli (podľahli rozkladu, vyhniili a pod.). Sediment vniká do schránok buď prirodzenými otvormi, ako je napríklad ústie ulity, medzera medzi lastúrami alebo cez iný otvor lastúrnika.



Obr. 3 Kamenné jadro ulitníka.

Často však vniká sediment do schránok i otvormi vzniknutými mechanicky, napr.: prelomením schránok, zlomením kosti, prerazením panciera, atď. Materiál, ktorý vnikol do vnútra schránky, po určitom čase stvrdne a zachováva tvar dutiny, ktorú vyplnil - vzniká **kamenné jadro**. Kamenné jadro sa zachová často aj vtedy, keď sa schránka počas fosilizačných procesov celkom rozpustí.

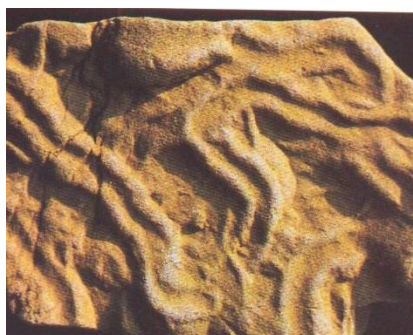
3.3.1 Odtlačky

Vznikajú otláčením vonkajšieho povrchu tela organizmu alebo jeho časti do mäkkého sedimentu. Otlacky spravidla zachovávajú dosť verný vzhl'ad vonkajšieho povrchu, a to i v takých prípadoch, keď hmota tela bola úplne odstránená. Po vylúhovaní zvyšku organizmu môže zostať dutina, do ktorej po vniknutí sedimentu vzniká zvláštna forma otlacku. Takéto **otlacky** nazývame **výliatky**. Na otlackoch fosílnych organizmov rozoznávame pozitív a negatív. Negatív predstavuje proti otláčok.

V niektorých horninách, napríklad vo vápencoch, sa často stáva, že po vylúhovaní rebrovaných schránok lastúrnikov alebo hlavonožcov príde k takému stlačeniu horniny, že dutina po schránke úplne zmizne. Skulptúra, ktorá bola na otlacku vonkajšieho povrchu sa potom otláči na kamenné jadro. Vzniká tak tzv. **skulptúrne jadro**, kde na pozitíve vidíme štruktúru vonkajšieho povrchu (rebrá, valy, ryhy apod.), ako aj znaky vnútornej strany schránky, napr. svalové otlacky.

3.3.2 Ichnofosílie (bioglyfy)

Za skameneliny v širšom slova zmysle považujeme i prejavy životnej činnosti organizmov, ktoré nazývame **ichnofosílie** alebo **bioglyfy**. Sú to hlavne rôzne stopy po lezení organizmov, jamky, ryhy po vlečení chvosta a podobne. Štúdiom ichnofosílií sa zaoberá samostatný odbor nazývaný paleoichnológia (grécky palaiós = starý, ichnos = stopa). Svojím biogénnym pôvodom sa tieto nerovnosti líšia od nerovností, ktoré vznikli mechanicky na vrstevných plochách sedimentov, napr. tečením bahna, premiestnením alebo vlečením rôznych objektov po dne („mechanoglyfy“) v dôsledku prúdenia vody.



Obr. 4 Mechanoglyfy v pieskovci

3.3.3 Za skameneliny nepovažujeme:

Pseudofosílie - konkrécie

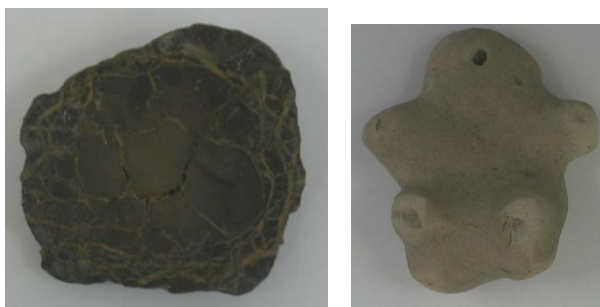
- dendrity

Artefakty

3.3.3.1 Pseudofosílie

Týmto názvom označujeme všetky výtvary anorganickej prírody, ktoré môžu byť omylom považované za skameneliny. Patri tu konkrécie a dendrity.

Konkrécie vznikajú vylúčením anorganických látok behom diagenetických pochodov, často okolo hnijúcich zvyškov. Majú odlišné zloženie ako ostatná hornina, často sú tvrdšie. Môžu mať najrôznejšie tvary, najčastejšie sú to guľaté tvary, ale môžu pripomínať napr. hlavy živočíchov, tela článkonožcov, veľké pretiahnuté kosti, kvety rastlín, trsy koralov, tvary pripomínajúce rôzne predmety (bábiky) či vajcia.



Obr. 5 Konkrécie.

Dendridy sú tmavé až čierne povlaky na vrstevných plochách alebo puklinách, ktoré majú machovitý alebo kríčkovitý tvar. Sú často omylom považované za otláčky fosílnych rastlín, najmä machov. V skutočnosti dendridy tvoria kostrovité kryštály oxidov alebo hydroxidov železa a mangánu, ktoré prenikajú do mikroskopických puklín hornín a kryštalizujú tam.



Obr. 6 Dendridy.

3.3.3.2 Artefakty

Pod týmto názvom rozumieme výrobky zámerne zhotovené paleolitickým alebo neolitickým človekom. Spravidla sú to opracované kamene alebo rôzne nástroje z odolného horninového materiálu, ktoré používal predhistorický človek pri svojej práci alebo iných činnostiach.



Obr. 7 Artefakty.

3.4 Podmienky potrebné pre vznik skamenelín

Ak sa majú odumreté organizmy zachovať ako skameneliny (fosílie) musia nastať také podmienky, ktoré umožnia priebeh fosilizačných procesov:

1. Odumreté telo musí byť čo najskôr zakryté sedimentom, ktorý zabraňuje rozkladným nekrologickým procesom. Zastavia sa biochemické procesy ako je tlenie a hnitie. Taktiež sa zabráni vplyvu atmosféry a hydrosféry a súčasne aj mechanickému poškodeniu. Priaznivejšie podmienky pre vznik skamenelín sú v morskom prostredí. Menej priaznivé podmienky na vznik skamenelín sú na súši. Na súši vznikajú skameneliny hlavne na púšti, pri výbuchu sopky, kedy sú rýchlo prekryté jemným sopečným prachom a popolom, v jaskyniach kde zvyšky tiel sú obaľované sintrom, v roklinách kde uniká oxid uhličitý, v travertínových jazerách a iných prirodzených pascách.
2. Vznik skamenelín je závislý aj od fyzikálneho charakteru sedimentu, ktorý prekryje organický zvyšok. Najvhodnejšie sú jemnozrnné sedimenty, ktoré sú nepriepustné pre vodu. Menej priaznivé sú hrubozrnné sedimenty, ktoré môžu zvyšky organizmu ďalej rozdrviť.
3. Na zachovanie organických zvyškov má veľký vplyv aj vhodné chemické zloženie usadenín zakrývajúcich telo organizmu. Ak je chemizmus organickej schránky rovnaký ako chemizmus sedimentu, nastávajú priaznivé podmienky pre jeho zachovanie. Naopak vápenaté schránky organizmov v rašeliniskách bývajú znehodnotené a rozpustené humídnyimi kyselinami.
4. Dôležitý je aj samotný organizmus a jeho fyziologická stavba. Čím väčší a mohutnejší je organizmus, tým je väčšia pravdepodobnosť jeho zachovania. Drobné organizmy so slabou kostrou či schránkou rýchlejšie podľahnú rozkladným procesom ako veľké organizmy (slony), ktoré majú mohutné kosti. Takisto rastliny s mohutným kmeňom alebo tvrdé plody rastlín oveľa dlhšie odolávajú nepriaznivým procesom a majú väčšiu šancu zachovať sa ako skameneliny.
5. Pre vznik skamenelín je veľmi dôležitá teplota a tlak prostredia a kolujúce minerálne roztoky v horninovom prostredí. Pri silnejšej metamorfóze bývajú aj zachované skameneliny zničené a rozpustené.
6. Veľmi dôležitý je aj priebeh diagenézy (spevnenia) sedimentu.

3.4.1 Podmienky fosilizácie

Ak sa odumretý živočích alebo rastlina majú zachovať na dlhé veky v zemskej kôre ako skamenelina, musí nastať množstvo priaznivých okolností, ktoré zabezpečí ich zachovanie. Tieto okolnosti predstavuje veľké množstvo často zložitých procesov označovaných súborným pojmom fosilizácia. Z množstva skamenelín, ktoré nachádzame v zemskej kôre vyplýva, že priaznivé podmienky pre fosilizáciu sú zriedkavé.

Organický zvyšok, ktorý po odumretí ostane na zemskom povrchu, podlieha najrôznejším vplyvom prostredia. Organická hmota sa začína rozkladať v dôsledku pôsobenia abiotických faktorov ako je teplo, svetlo, vlhkosť a pôsobením rôznych organizmov, ktoré rozkladu napomáhajú. Sú to rôzne mikroorganizmy, hmyz, dravé vtáky a iné dravce živiace sa odumretými telami. Okrem toho odumreté telo podlieha aj ďalším biochemickým a rozkladným procesom ako je hnitie a tlenie.

Rozklad odumretého organizmu prebieha v rôznych častiach Zeme rôzne. Najrýchlejšie tento proces prebieha v tropických oblastiach, kde vlhko a teplo urýchľujú nekrologicko - biochemické procesy. Najpomalšie rozkladné procesy prebiehajú v polárnych oblastiach, kde chlad spomaľuje biochemické reakcie. V takomto prostredí odumreté telá organizmov zostávajú aj tisícročia v pomerne dobrom stave. V oblastiach s výdatnými dažďami dochádza aj k silnému mechanickému rozrušovaniu. Podobne nepriaznivé podmienky pre zachovanie organických tel sú aj v oblastiach vysokých pohorí, v oblastiach stepí alebo v lesných oblastiach. Tu sa obyčajne odumreté telá stávajú potravou rôznych iných živočíchov. Veľmi deštruktívnu úlohu majú aj rôzne chemické činidlá, ktoré vlastne napomáhajú rozkladu a vylúhovaniu organickej hmoty.

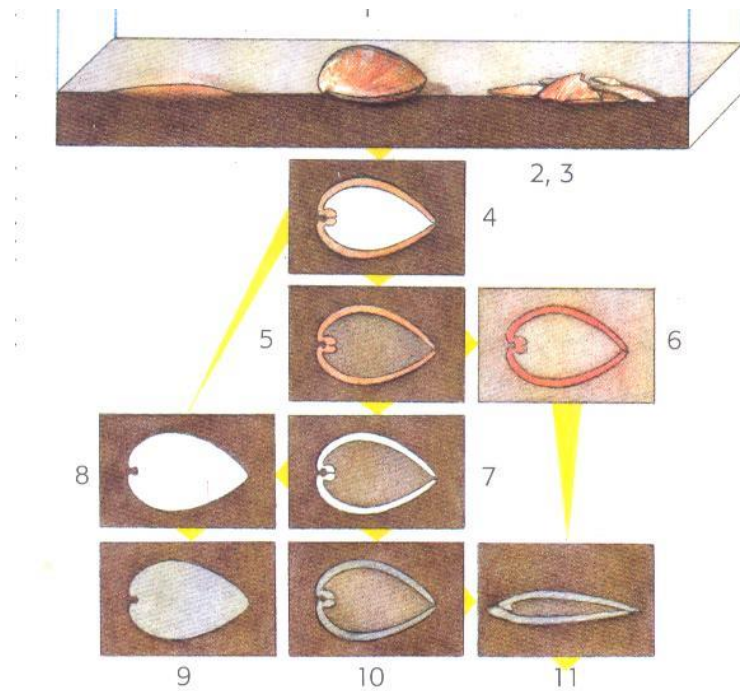
3.4.2 Fosilizačný proces

Skamenenie alebo fosilizácia je na našej planéte taká výnimočná udalosť, že počet organizmov zachovaných ako skameneliny môže v skutočnosti predstavovať oveľa menej ako 1% foriem organizmov, ktoré v skutočnosti obývali a obývajú Zem. Ak sa organizmus dostane do priaznivých podmienok v zemskej kôre, tak podlieha pozvoľne zmenám, ktoré vedú k jeho skameneniu.

Keď zanikne živý organizmus, postupne sa rozložia a zmiznú ústrojné látky tvoriace mäkké časti tela. Aj pevné časti organizmov podliehajú postupnému rozkladu, stávajú sa

pórovité a krehké a ak sú prekryté sedimentom, bývajú napájané rôznymi minerálnymi roztokmi.

Mäkké časti mŕtveho tela organizmu v krátkej dobe po odumretí podliehajú tleniu alebo hnitiu. Oba tieto procesy sú katalyzované enzýmami, ktoré vznikli ako produkty rozpadu rozkladajúcej sa organickej hmoty. Tieto procesy môžu prebiehať aj za pôsobenia baktérií, ktoré nazývame saprofity.



Obr. 8 Schéma znázorňujúca možnosti zachovania lastúrnika. 1. lastúrnik bezprostredne po uhynutí, 2. a.3. chemické narušenie schránky, 4.mechanické porušenie schránky, 5. rozpustenie schránky, 6. dutina schránky dodatočne vyplnená sedimentom – vznik skulptúrneho jadra, 7. dutina schránky dodatočne vyplnená sedimentom, 8. vznik kamenného jadra, 9. rozpustenie lastúr a druhotne vyplnená dutina sedimentom, 10. pôvodná hmota lastúry impregnovaná minerálnymi roztokmi, 11.defotmovanie tvaru schránky tlakom a teplotou.

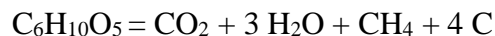
Tlenie je oxidačný dej (aeróbný), ktorý prebieha za prítomnosti voľného kyslíka a príslušných katalyzátorov. Je to vlastne pozvoľné „spaľovanie“ organického tela, ktoré končí úplným rozkladom organických látok na jednoduché zlúčeniny až základné stavebné prvky (uhlík (C), síra (S), vodík (H), dusík (N), fosfor (P)). Tieto prvky potom začínajú reagovať s okolitým prostredím a vytvárajú nové anorganické zlúčeniny.

Hnitie je v podstate enzýmová redukcia organického zvyšku, ktorá prebieha bez prístupu kyslíka (anaeróbný proces). Ku hnitiu dochádza pri stúpajúcej mocnosti nadložia sedimentu. Ak je organizmus prekrytý len tenkou vrstvou sedimentu, tak dochádza k tleniu a hnitiu súčasne. Obidva procesy urýchľuje zvyšovanie teploty a vlhkosti. Pri hnití pôsobia aj

ďalšie činitele. Hnitie spomaľujú vyššie koncentrácie soli, vysušovanie, vysoký obsah humídnych kyselín a iné.

Bitumenizácia. Vlastný rozklad tkanív začína štiepením najzložitejších organických zlúčenín. Bielkoviny sa hydrolyzujú proteáznyimi baktériami na aminokyseliny, ktoré sa ďalej štiepia špecifickými enzýmami na rôzne jednoduchšie látky ako je oxid uhličitý, amoniak, oxikyseliny, zlúčeniny indolu, sírovodík, uhľovodíky (najmä metán), ktoré unikajú do okolia ako plyny. Pozvoľne vznikajú tzv. bitúmeny (živice) a z nich makromolekulárne uhlíkové zlúčeniny alifatické i aromatické, známe ako zemné vosky (ozokerit), ropa, asfalty a parafíny. Živice majú od kondenzovaných arómatov prevažne tmavú farbu a sú rozpustné v organických lipofilných rozpúšťadlách. Počas procesov rozkladu nadobúdajú organické zvyšky sivohnedú, tmavohnedú až čiernu farbu a pozvoľne strácajú svoj pôvodný tvar. Celý tento proces označujeme ako bitumenizácia. Takto vznikajú z nahromadených organických pozostatkov ložiská kaustobiolitov (ropy, uhlia a zemného plynu).

Karbonizácia (zuoľňatenie) prebieha pri premene rastlinných tiel za neprítomnosti vzduchu. Je to zložitý proces, ktorým sa celulóza ($C_6H_{10}O_5$)_n ($n = 8 \cdot 10^3$ až $1,2 \cdot 10^4$) a iné sacharidy postupne rozkladajú podľa celkovej rovnice:



Tento proces nazývame zuoľňatenie (karbonizácia). Jeho výsledným produktom je oxid uhličitý, voda, ale aj metán (CH₄) a amorfný uhlík (C). Uhlík je príčinou čierneho sfarbenia zuoľňatených organických pozostatkov. Týmto spôsobom vznikli z nahromadených rastlinných tiel rozsiahle uhoľné ložiská. Rovnaký proces prebieha aj u ojedinelých rastlinných častí (listov, kvetov, plodov, vetvičiek, a podobne.), avšak vrstvička uhlia, ktorá v tomto prípade vzniká z tak nepatrnej časti rastliny zapadnutej do bahna, je veľmi tenká. Napriek tomu je svojou tmavou farbou nápadná a na vrstevných plochách niektorých hornín dobre zreteľná.

Popri bitumenizácii a zuoľňatení možno u organických pozostatkov pozorovať ešte mnoho iných premien, ktoré vedú k úplnej zmene a neskôr až ku skameneniu organických pozostatkov. Tak napríklad analýzou tvrdých častí tiel morských živočíchov sa zistilo, že okrem organických zlúčenín obsahujú tieto pozostatky väčšinou zlúčeniny niekoľkých stále sa opakujúcich prvkov, hlavne vápnika (Ca), horčíka (Mg), železa (Fe), kremíka (Si), síry (S)

a fosforu (P). Ide o pomerne stále zlúčeniny, ktorých množstvom je priebeh fosilizácie často ovplyvňovaný.

Diagenéza predstavuje súbor všetkých chemických a fyzikálnych, ale aj biologických zmien v nespevnených sedimentoch, ktoré vedú k jeho premene na pevnú sedimentárnu horninu.

Celý diagenetický proces prebieha pri nízkych teplotách, bez minerálnych zmien jednotlivých úlomkov.

Proces diagenézy ovplyvňujú nasledovné faktory:

- zloženie sedimentu,
- charakter sedimentačného prostredia,
- chemické zloženie vôd a roztokov,
- teplota a tlak prostredia

Vo všeobecnosti nemá ani jeden z vymenovaných faktorov dominantné postavenie, no ich pôsobenie (resp. intenzita) je v rôznych fázach diagenetických zmien rôzna. Napr. sedimentačné prostredie a aktivita pórových vôd má vplyv na prvotné štádium diagenetických zmien, teplota a tlak ovplyvňujú diagenetický proces počas celého jeho trvania. Mechanické diagenetické procesy prevládajú v hĺbke pochovania do 1 500 m, pričom materský sediment je prevažne úlomkového charakteru (piesky, štrky, prachové častice). Pri usadeninách biochemického pôvodu (napr. vápencové bahná) prevládajú chemické diagenetické procesy.

Fosilizácia je zložitý geologicko-fyzikálno-chemický proces, ktorý vedie k úplnému alebo čiastočnému zachovaniu tiel organizmov, takým spôsobom, že sa zachová pôvodný tvar organického zvyšku a pritom všetka organická hmota sa zmení na anorganickú.

3.4.3 Fosilizačné minerály

Fosilizačné minerály sú minerály, ktoré sa podieľajú na procese fosilizácie tak, že **penikajú** (impregnujú) alebo **obaľujú** (inkrustujú) organické zvyšky. Aj pevné časti organizmov podliehajú postupnému rozkladu, stávajú sa pórovité a krehké a ak sú prekryté sedimentom, bývajú napájané rôznymi minerálnymi roztokmi. Minerál prinesený roztokom kryštalizuje

v póroch a *impregnuje* organické zvyšky. Krehký organický zvyšok znovu spevnie – petrifikuje sa, čiže skamenie. Ak minerálna látka obaluje organický zvyšok len na povrchu, hovoríme o *inkrustácii*.

Najdôležitejší a najbežnejší petrifikačno-fosilizačný minerál je uhličitan vápenatý (CaCO_3) v kalcitovej modifikácii, zriedkavo sa pri petrifikácii vyskytuje aj ako aragonit. Z ostatných uhličitanov sa ako petrifikačno-fosilizačný minerál vyskytuje ešte dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, ankerit $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mn},\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$, siderit FeCO_3 , malachit $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$, ceruzit PbCO_3 , sadrovec $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, baryt BaSO_4 , anglezit PbSO_4 .

Fosforečnany, ktoré sa nachádzajú v kostiach a zuboch aj u živých zvierat, sa pri fosilizácii najčastejšie vyskytujú ako fosforečnan vápenatý $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. V amorfnom stave sa ako petrifikačný minerál vyskytuje aj fosforit (je to súbor viacerých minerálov fosforu), ktorý napríklad inkrustoval svaly rýb a jašterov v solenhofenských litografických vápencoch. Pomerne častý petrifikačný minerál je fosforečnan vivianit $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8(\text{H}_2\text{O})$, ktorý vzniká v horninách s obsahom železa (Fe).

Z oxidov a hydroxidov je najvýznamnejší fosilizačný minerál kremeň (SiO_2), ktorý sa v prírode vyskytuje ako amorfný, skrytokryštalický alebo kryštalický. Pochádza najčastejšie z organizmov, ktoré majú schránky alebo kostry budované z SiO_2 . Kremeň môže pochádzať aj z anorganických zdrojov. Koloidná kyselina kremičitá sa vyzráža na povrchu schránky odumretých živočíchov alebo preniká cez póry schránky alebo kostry do vnútra organizmu. Iné oxidy sú zriedkavejšie a ako fosilizačný minerál sa vyskytuje najmä psilomelán $(\text{Ba},\text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$, kassiterit SnO_2 , siderit FeCO_3 , hematit Fe_2O_3 a limonit $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Z fosilizačných sírníkov je najviac zastúpený pyrit FeS_2 , menej častý je chalkopyrit CuFeS_2 , bornit Cu_5FeS_4 , galenit PbS , ale vyskytuje sa aj rumelka HgS . Pomerne častejšie sa vyskytujú skameneliny fosilizované pyritom FeS_2 (disulfid železnatý) ako skameneliny ostatných sírníkov. Sdrovec fosilizuje organické zvyšky ak sa vo vápenatom prostredí vyskytuje kyselina sírová (H_2SO_4).

Z prvkov je najčastejší fosilizačný minerál uhlík (C), ktorý najčastejšie fosilizuje rastlinné zvyšky, živočíšne zvyšky inkrustuje meď (Cu), alebo striebro (Ag), niekedy sa vyskytuje aj síra (S).

Skamenelé organizmy z morského dna bývajú fosilizované glaukonitom alebo aj inými silikátmi ako je chamozit a turingit. V oblastiach postihnutých dynamickou metamorfózou sa ako fosilizačné minerály vyskytujú aj granát a chlority.

3.4.4 Premeny spôsobené vplyvom sedimentárneho prostredia.

Usadeniny obklopujúce odumretého živočicha obsahujú množstvo organických látok a takmer vždy obsahujú vodu, ktorá prináša rozpustené minerálne (anorganické) látky. Pôvodne sypké, voľne sedimenty sú týmito látkami postupne spevňované v pevnú masu. Súhrn dejov a reakcií meniacich pôvodne nespevnený sediment na pevnú tvrdú hmotu (horninu, kameň), označujeme ako diagenéza. Z uvedeného je zrejmé, že jednou zo základných podmienok pre spevnenie horniny je jej úplné presiaknutie vodou obsahujúcou určité množstvo minerálnych solí.

Atmosférické zrážky prinášajú zo vzduchu jednak voľný kyslík a kyselinu uhličitú. V pôde narážajú tieto látky na rôzne rozpustné soli, reagujú s nimi, a tak vznikajú nové chemické zlúčeniny uplatňujúce sa pri fosilizácii. V morskom prostredí je dôležitá prítomnosť chloridov a síranov, v sladkej vode je zas dôležitý obsah kyseliny kremičitej, oxidov a hydroxidov železa, mangánu, atď. Tieto látky ľahko migrujú a tvoria rôzne nové zlúčeniny, ktoré sa opäť rozpadajú. S anorganickými látkami prichádzajú do styku aj látky vzniknuté rozkladom organických tel nachádzajúcich sa v sedimente, ktoré sa rovnako zúčastňujú na tvorení niektorých látok dôležitých pri fosilizačných procesoch.

Najjednoduchšia premena organického zvyšku spôsobená vonkajšími vplyvmi je *vylúhovanie*.

Ako príklad nám poslúžia zmeny schránok mäkkýšov pochovaných v sedimentoch. Pôvodná vonkajšia organická vrstva schránok (periostraktum) pri vylúhovaní úplne zmizne, rozloží sa a produkty rozkladu sú odplavené. Niekedy z nej môže zostať jemná karbonizovaná blanka. Zmiznutím periostraka, ktoré je nositeľom farebných pigmentov a odplavením všetkých organických látok konchiolínu, schránka pozvoľna bledne a vplyvom rôznych látok, hlavne humídnych kyselín, je pozvoľne rozpúšťaná, stenčuje sa až napokon úplne zbelie. Hovoríme, že kriedovatie. Vidíme, že výsledkom tohto procesu je jednak strata farieb, jednak vytvorenie drobných jamiek a iných stôp na povrchu schránky, svedčiacich o pozvoľnom rozpúšťaní základnej hmoty. V tomto stupni premeny je schránka značne krehká, mäkká, lámavá a silne pórovitá a ak nie je včas nasýtená nejakou minerálnou soľou, napr. uhličitanom vápenatým, rozpadne sa behom krátkej doby na drobné úlomky a napokon zmizne a nezachová sa ako skamenelina.

Podobný proces prebieha u kostí. Pozvoľna z nich zmizne tuk, glejovina a všetky organické látky, až z nich napokon ostane len ľahká, porézna, vybielená anorganická hmota. Tento stav kostí zodpovedá zhruba silne vysušenému drevu, ktoré, ak má možnosť, dychtivo nasáva vodu. Anorganické pozostatky odumretých tel rôznych živočíchov vybielených a silne poréznych sú potom ľahko napájané rôznymi minerálnymi roztokmi presakujúcich z okolitých sedimentov. Najbežnejšími roztokmi pôsobiacich pri postupnej fosilizácii porézneho zvyšku sú roztoky uhličitanu vápenatého, kyseliny kremičitej a niektorých zlúčenín železa. Avšak tieto roztoky minerálnych solí nemusia vždy pochádzať z okolitých sedimentov, ale môžu vzniknúť tiež pri rozklade odumretých tel. Podľa chemického zloženia látky, ktorá je príčinou fosilizácie označujeme proces spevňovania porézneho zvyšku ako kalcifikácia (vápenatenie), fosfatizácia, silicifikácia (prekremenenie) alebo pyritizácia (kyzovatenie).

Ku **kalcifikácii** dochádza všade tam, kde sa vo vhodnom prostredí vylučuje a usadzuje vznikajúci uhličitan vápenatý CaCO_3 . Ako vieme, tento uhličitan je v prírode veľmi hojný. Jeho rozpustnosť vo vode sa zväčšuje s prítomnosťou oxidu uhličitého CO_2 . Vzniká pomerne nestály kyslý uhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, ktorý sa pri zmene fyzikálnych alebo chemických pomerov prostredia (zmena teploty, unikanie CO_2 atď.) sa mení v stálu modifikáciu CaCO_3 , ktorá potom preniká organický zvyšok, spevňuje ho a tým fosilizuje.

Podobne dochádza v priaznivom prostredí k **fosfatizácii**. Odumreté telá a organické zvyšky, ktoré sa nachádzajú vo vhodnom prostredí sú buď obalené alebo preniknuté amorfným fosforitom, najčastejšie fosforečnanom vápenatým ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Takto je odumretý zvyšok chránený pred rozkladnými procesmi. Najväčšiu šancu zachovať sa má odumretý organizmus najmä keď je fosilizovaný vo vhodnom prostredí bezprostredne po odumretí. Pri fosilizačných procesoch miznú úplne bez stopy všetky rohovinovité časti živočíchov (panciere, perie, chlpy, kopytá,). Tieto časti organizmov sa zachovávajú iba ak sa dostanú do prostredia, v ktorom budú spevnené uhličitanom alebo fosforečnanom vápenatým.

Silicifikácia je v prírode častým javom. Pri miešaní sa kyseliny kremičitej so spodnými vodami môžu byť vápenaté schránky rôznych organizmov silicifikované. Rovnako u rastlinných zvyškov dochádza často k ich úplnému presiaknutiu kolujúcimi roztokmi kyseliny kremičitej.

Krehký pórovitý zvyšok sa zmení na pevnú, pomerne ťažkú skamenelinu pôsobením roztokov rôznych anorganických látok rozpustených v spodných vodách. Tie vnikajú do všetkých pórov a rozpustené soli tam kryštalizujú ako minerály. Tak sa pozvoľna pozostatok

odumretého organizmu zmení na pevnú skamenelinu, naberá na hmotnosti a niekedy sa aj nepatrne zväčší. Takmer vždy získava odolnosť voči rôznym deštrukčným pochodom. Tento typ premeny, ktorý je hojne rozšírený, označujeme ako **mineralizácia**.

Vo všetkých práve spomenutých pochodoch vystupuje ako dôležitý činiteľ doba trvania – teda čas, pri ktorom sú aj najmenšie výsledky všetkých reakcií tak násobené, že sa nám javia ako jediný mohutný proces premeny organického zvyšku.

Roztoky zúčastňujúce sa fosilizačných procesov najintenzívnejšie pôsobia v pórovitých horninách. Napríklad piesky sú spevňované oveľa rýchlejšie ako íly a hlíny, ktoré nemajú póry. To naznačuje, že pórovitosť sedimentu ako aj organického zvyšku je dôležitým činiteľom pri diagenetických procesoch. Ak zvyšok organizmu leží dlhšiu dobu v zemi je krehký a stratil svoje organické látky, priťahuje a nasáva kolujúce minerálne roztoky, ktorými je postupne premenený na skamenelinu. Aj v prípade, keď fosilizačný proces prebehne až do konca a zvyšky odumretého jedinca skamenejú, často sa stane, že rôznymi ďalšími procesmi prebiehajúcimi v zemskej kôre je táto fosília veľmi poškodená a nakoniec zničená.

Preto je potrebné na skamenelinu hľadiet' ako na vzácny prírodný objekt, ako na dôležitý doklad dávneho života, ktorý vznikol kedysi v dávnej minulosti zeme a zachoval sa až do našich dní len zhodou mimoriadne priaznivých okolností

3.4.5 Fosilizácia látok tvoriacich pevné časti organizmov

Látky tvoriace kostry, schránky, oporné systémy alebo ochranné pokrývky rôznych organizmov sa navzájom líšia svojim chemickým zložením i štruktúrou. Patria k nim rôzne organické i anorganické substancie, ktorých fosilizácia prebieha odlišne. Z organických látok sú to predovšetkým chitín, celulóza, lignín, sporopoleniny, rôzne proteíny a kutín, z anorganických látok je to uhličitan vápenatý CaCO_3 , fosforečnan vápenatý $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, oxid kremičitý SiO_2 a síran strontnatý SrSO_4 .

3.4.5.1 Organické látky živočíšne

Chitín je pevná pružná látka nerozpustná ani vo vode ani v organických rozpúšťadlách. Na organizmoch je vylučovaný z buniek pokožky tela, ktoré sa označuje ako chitínový epitel. Svojou chemickou podstatou je polysacharid, ktorý sa nachádza v organizme mnohých bezstavovcov – hlavne hmyzu. Nachádza sa aj v niektorých hubách a morských živočíchoch, ako napr. v kraboch. Chitín je prírodný fibrín, je netoxický a nemá vedľajšie účinky. Jeho molekula a štruktúra je veľmi podobná celulóze. Je to látka charakteristická pre článkonožce.

Tvorí hlavnú súčasť pancierov kôrovcov (vyskytuje sa pomerne čistý v pancieroch rakov, krabov a atď.), kde je však ešte spevnený uhličitanom vápenatým. Živočíchov, hlavne mladé občas zvliekajú pevné chitínové panciere, ktoré tiež nachádzame skamenelé. Tieto odhodené časti chitínových pancierov označujeme ako exuvie. Počas fosilizácie sa chitín redukuje až na uhlík, ktorý spôsobuje karbonizáciu niektorých fosílií (napr. graptolitov).

Chitín nachádzame aj vo vnútri tiel, napr. u hmyzu je na konci zažívacej trubice a vo vzdušniciach, tvorí kostry niektorých druhov machoviek, je na tele niektorých baktérií a preniká i bunkové blany niektorých rastlinných húb a plesní.

Poznámka: V pôde, kam sa chitín dostáva z tiel rôznych živočíchov, je voľne rozkladaný na chitosamin niektorými baktériami (*Bacillus chitinivorus*), ktoré vylučujú enzým chitínázu. Chitín je tiež rozpúšťaný niektorými aktinomycetami hlavne druhom *Streptothyrx odorifera*. U niektorých organizmov nachádzame kostry z látok, ktoré sa svojimi vlastnosťami chinínu dost' podobajú, ale svojim chemickým zložením sa od neho líšia. Zatiaľ čo je chinín aminopolysacharid, teda látka blízka cukrom, sú nižšie popísané látky proteíny (bielkoviny), patriace do skupiny skleroproteínov. Chemicky je to aminopolysacharid polyacetylglukozamin ($C_{16}H_{26}O_{10}N_2$)_n, (n = 800).

Skleroproteíny sú to vláknité podporné bielkoviny, ktoré nie sú nikdy súčasťou buniek ani telesných tekutín, ale sa vyskytujú len v interceluárnej hmote a sú základom rôznych podporných tkanív. Pri štiepení poskytujú tie isté štiepne produkty ako vlastné proteíny, líšia sa však hlavne nerozpustnosťou vo vode a v soľných roztokoch, sú rezistentné voči chemickým činidlom a proteolytickým enzýmom.

Do skupiny skleroproteínov patria teda látky, ktoré tvoria čiastočne alebo úplne kostry rôznych organizmov:

Akanthin proteín blízky keratínom. Tvorí rohovitú časť kostry niektorých mrežovcov.

Gorgonín proteín, ktorý aj s inými organickými zlúčeninami tvorí podstatu kostier koralov, označované ako „rohovité korály“.

Keratín je hlavnou súčasťou pokožky (epidermy) a epidermálnych útvarov u zvierat (vlasy, rohy, nechty, perie, atď.). Jeho zloženie sa mení podľa druhu tkaniva a podľa veku individua. Typické kreatíny sa vyznačujú vysokým obsahom síry (napr. kreatín ľudských vlasov má až 5,34% síry).

Kolagény proteíny tvoriace hlavnú zložku vlákien väzivového tkaniva u živočíchov.

Konchiolin (konchin) je proteín tvoriaci základ (matricu) schránok väčšina mäkkýšov. Jeho makroštruktúru možno sledovať po rozpustení vápnitej hmoty schránok. Tvorí taktiež vonkajšiu vrstvu schránok mäkkýšov nazývanou periostrakum. Vytvára tenké doštičky

(lamely) medzi vrstvičkami aragonitu vo vnútri perleťovej vrstvy väčšiny mäkkýšov. Je to organická matrica perleti. Medzi týmito vrstvičkami z rôznych látok dochádza k interferenčným javom, ktoré sú príčinou krásnych farieb perleti.

Spongín je proteín rohovitej povahy, obsahujúci veľmi značné percento jódu. Nachádzame ho v podporných tkanivách morských húb. S gorgonínom a s ďalšími bielkovinami patrí medzi tzv. skletiny, ktoré sa vyskytujú v podporných tkanivách bezstavovcov.

Tektín je proteín blízky keratínu, tvorí „rohovité“ časti schránok niektorých dierkocov.

Všetky uvedené skleroproteíny pri fosilizačných pochodoch buď úplne zmiznú, alebo sú rôznym spôsobom karbonizované.

Zatiaľ čo sú u živočíchov ako podporné látky veľmi rozšírené chitín a proteíny, tvoria u rastlín podporné tkanivá celulóza a lignín.

3.4.5.1 Organické látky rastlinné

Celulóza $(C_6H_{10}O_5)_n$ ($n = 3-9 \cdot 10^3$) a hemicelulózy sú to makromolekulárne zlúčeniny skladajúce sa z väčšieho počtu jednoduchých cukrov, patriace k polysacharidom. U živočíchov sa celulóza vyskytuje len výnimočne. Celulóza nie je rozpustná ani vo vode, ani v organických rozpúšťadlách. Za prístupu vzduchu je však rozrušovaná mikroorganizmami, vybavenými enzýmami celulózami, ktoré celulózu hydrolyzujú až na glukózu. Za neprítomnosti vzduchu podliehajú celulózy ľahko karbonizačným pochodom a vzniká z nich uhlie. Z jednotlivých častí stromov, ktoré zapadli do usadenín, sú buď karbonizované, alebo organická hmota úplne vymizne a zostane po nich iba otláčok. Otláčky listov bývajú sfarbené buď hydroxidom železitým, alebo tenkou vrstvičkou iného minerálu. Pletivá obsahujúce viac vody sú pri fosilizácii buď skarbonizované, alebo (najmä vodnatejšie pletivá) sú impregnované oxidom kremičitým, poprípade inými minerálmi (napr. sulfid železa), ktoré boli prinesené minerálnymi roztokmi.

Lignín je to súbor polymérnych zlúčenín o rôznych molekulárnych hmotnostiach. V rastlinných tkanivách je viazaný v komplexe s celulózou a pôsobí ako spevňujúci materiál.

Sporopoleniny sú o skupina látok obsiahnutých v membráne peľov a spór. Sú to polyméry, ktoré odolávajú mikrobiálnemu napadaniu.

Kutín je tvorený skupinou makromolekulárnych zlúčenín, ktoré sú súčasťou rastlinnej epidermy. Spolu s voskami chránia rastliny pred nadmerným výparom vody a pred infekciou. Pevná vrstvička kutínu sa nazývaná kutikula. Kutikula sa fosílne zachováva ľahšie ako ostatné štruktúry listu a je možné na nej študovať napr. stavbu prieduchov.

3.5 Stopy po živote fosílného tvorstva

Okrem skutočných zvyškov fosílného tvorstva nachádzame v horninových súboroch často iba stopy po ich životnej činnosti.

Medzi stopy po životnej činnosti organizmov patria:

- stopy po pohybe,
- stopy po vrtavej činnosti,
- výliatky po obydlíach, chodbách a norách živočíchov,
- stopy po hryzení,
- zvyšky potravy alebo iné objekty v telesných dutinách (urolity, gastrolity, skamenelé embryá, skamenelé perly, ...),
- skamenelé vajcia, skamenelé exkrementy (koprolity),
- skamenelé živice,
- patologické javy,
- stopy po súbojoch zvierat,
- fosílné dôkazy parazitizmu alebo symbiózy,
- výliatky telesných dutín.

3.5.1 Stopy po pohybe

Otlačky stôp fosílnych stavovcov.

K najpočetnejším stopám po životnej činnosti organizmov patria šľapaje prehistorických živočíchov, ktoré sa zachovali v sedimentoch. Štúdiom fosílnych stôp sa zaoberá ichnológia. Základy ichnológie sa datujú roku 1835.



Obr. 9 Otlačky stôp fosílnych stavovcov.

Nie je vždy úplne jasné akému zvieratú dané stopy patria, ale skúmanie týchto stôp dopĺňa poznatky o tvare končatín, o spôsobe pohybu, o rozmeroch suchozemských živočíchov a i. Šľapaje živočíchov nachádzame v horninách od karbónu. Vzácné sú nálezy šľapají pleistocénneho človeka, ktoré sa zachovali v na povrchu jaskynných hlín v južnom Francúzsku, Austrálii a inde.

3.5.2 Stopy po lezení fosílnych lastúrníkov a ulitníkov

Problematické a dlho diskutované sú stopy po lezení fosílnych ulitníkov. Na základe štúdia spôsobu života recentných ulitníkov boli niektoré hieroglyfy označené ako stopy po lezení ulitníkov. Vzácné sa nachádzajú aj stopy po lezení lastúrníkov. Známý prípad je zo solenhofenských litografických vápencov. Lastúrník, ktorý stopu vytvoril, zahynul na konci svojej cesty a zachoval sa ako skamenelina spolu s ňou.

Stopy po pohybe fosílného hmyzu

Najznámejšie nálezisko týchto stôp sú červené pieskovce spodného permu v Nemecku. V týchto pieskovcoch rozoznávame asi 20 druhov stôp po lezení hmyzu. Zachovali sa stopy podobné behu dnešného potápnika, stopy po lezení pakobylky, stopy po lezení švábov.

Stopy po pohybe fosílnych červov

Stopy po pohybe fosílnych červov sa vyskytujú vzácne a nachádzame ich už kambrických horninách. Časté sú stopy po lezení červov vo flyšových horninách. Pravdepodobne ide o štetinaté červy, ktoré žili a vyhľadávali potravu na dne bahenných flyšových morí.

3.5.2 Stopy po vrtavej činnosti organizmov

U recentných druhov lastúrnikov poznáme vrtavú činnosť lastúrnikov rodu *Lithodomus*, *Teredo*, tiež vrtavé ježovky, hubky a iné.

Veľa prípadov podobných činnosti vrtavých živočíchov nachádzame v horninách, ktoré vznikli v kriedových alebo treťohorných moriach. Známe sú stopy po vrtaní lastúrnikov rodu *Lithodomus* z vápencov v Devínskej Novej Vsi.

Okrem vrtavej činnosti živočíchov nachádzame aj stopy po vrtaní rastlín. Najčastejšie sú to chodbičky po vrtaní rias a plesní.

3.5.3 Stopy po obydlíach a stavbách fosílnych živočíchov

Stopy po obydlíach a stavbách fosílnych živočíchov sa zachovávajú zriedkavo. Z pozorovania dnešných živočíchov vieme, že už bezstavovce si vytvárajú v sedimente svoje nory a obydlia. Podobne aj v geologickej minulosti si najmä červy, ramenonožce ale aj húsenice a pavúky vytvárali chodbičky, v ktorých žili. Tieto fosílné stavby sú zachované v horninách od prvohôr. K vzácnym nálezom patrí skamenelé hniezdo termitov v kmeni stromu, zachované v pleistocénnych sedimentoch v Rakúsku.

Nory fosílnych hlodavcov sa zachovali aj moravských sprašových sedimentoch v okolí Brna. Pravdepodobne ide o noru pleistocénneho škrečka. Stopy po fosílnych norách svišťov sa zachovali v pleistocénnych sedimentoch v Rakúsku.

Za najväčšie paleogénne vzácnosti tohto druhu sa považujú pozostatky skamenelých hniezd alebo hniezdiš fosílnych vtákov. Najznámejšie je fosílné vtáčie hniezdo, ktoré sa zachovalo vo vrchnomiocénnych vápencoch pri Nordlingene v Nemecku. Ide o hniezdo vodného vtáka (možno to bola kačka).

3.5.4 Zvyšky potravy zachované ako stopy po životnej činnosti organizmov

V množstve fosílnych dôkazov o životnej činnosti organizmov nachádzame v telových dutinách aj zachované zvyšky potravy. Známe sú zvyšky ukoristeného plaza v tráviacom trakte

dravých rýb zachovaných v solenhofenských vápencoch, zvyšky hlavonožcov sa našli v telesných dutinách ichtyosaurov. Časté sú pozostatky fosílnych rýb v žalúdkoch skamenelých žralokov. Ako fosílna sa zachovala aj rastlinná potrava v žalúdkoch sibírskych mamutov, ktoré boli zakonzervované v ľade. V ústnej dutine a medzi zubných priestoroch srstnatého nosorožca sa zachovali pozostatky trávy, lišajníky a vetvičky stromov. Severoamerické mastodonty sa tiež zachovali aj s potravou v žalúdku, ktorú tvorili trávy a vetvičky stromov.

Okrem potravy boli v telesných dutinách skamenelých živočíchov nájdené aj opracované kamene zvané **gastrolity**. Najhojnejšie nálezy gastrolitov sú známe z kostier plesiosaurov zo severoamerickej kriedy, anglickej kriedy a nemeckej jury. Sú to kamene najrôznejších veľkostí. Predpokladá sa, že tieto kamene slúžili zvieratú na lepšie spracovanie potravy v žalúdku.

Bežné sú fosílné nálezy exkrementov živočíchov, označované ako **koprolity**. Koprolity sa zachovávajú od rôznych zvierat, ale najznámejšie sú rybie koprolity, koprolity obojživelníkov a plazov, ale nachádzame aj skamenelé výkaly cicavcov. K jedinečným nálezom koprolitov patria výkaly neolitického človeka, ktoré sa zachovali v jaskyni Domica pri Rožňave.

3.5.5 Fosílna vajcia a embrya

Nie je zriedkavosťou, že v prírode nachádzame skamenelé vajcia. Najčastejšie sú to vajcia treťohorných vtákov. Nálezy vajec treťohorných vtákov nepatria k vzácnym nálezom. Je však pomerne ťažké určiť akému vtákovi patria. Najstaršie vajce popísal roku 1939 A.S. Romer a L.I. Price z permokarbónskeho súvrstvia v Texase. Vajce je veľkosti 59 x 36 mm a jeho vek sa odhaduje na viac ako 225 miliónov rokov.



Obr. 10. Vajcia dinosaurov.

3.5.6 Iné vzácne skameneliny

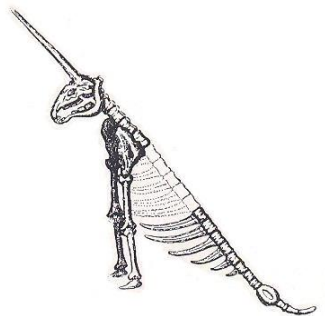
K vzácnym nálezom v minulosti patrili vajcia dinosaurov. Najhojnejšie nálezy dinosaurích vajec sú v Mongolsku. Vajcorodé dinosaury tam ukladali svoje vajcia do piesčitých sedimentov kriedy. Nálezy vajec sú rôznej veľkosti, zachovávajú sa celé hniezda skamenelých vajec, nachádzame však aj skamenelé vajcia s polovyliahnutými mláďatami. V posledných desaťročiach sú nálezy dinosaurích vajec pomerne časté. Skamenelé dinosaurie vajcia sa našli vo Francúzsku, Číne a Indii, kde v roku 2007 objavili viac ako 100 dinosaurích vajec. Dinosaurie vajce staré 80 miliónov rokov, ktoré sa našlo v Číne na púšti Gobi v roku 2000, má veľkosť rugbyovej lopty. Na röntgenového snímku vajca je vidieť dinosaurie embryo, pravdepodobne ide o embryo dinosaura s vtáčou panvou.

Veľmi vzácne sa nachádzajú skameneliny embryí iných saurov. Z liasových hornín Nemecka a Anglicka je zachovalých niekoľko desiatok skamenelín ichtyosaurov s embryom v tele. Ako skameneliny sa zachovali aj larválne štádia permských stegocephalov, niektorých fosílnych žiab. Nálezy skamenelých juvenilných štádií trilobitov popísal J. Barrande.

V zemských vrstvách sa našli skamenelé kosti so stopami po zuboch dravcov a skameneliny potvrdzujúce súboj fosílnych zvierat. Pomerne časté sú nálezy zvrátených častí chitínového panciera, skamenelé perly, skamenelá živica (jantár), skamenelý kaučuk alebo iné zaujímavosti.

3.6 Rekonštrukcie fosílnych organizmov

Fosílna tvorivosť sa zachovala neúplne. Nálezy úplných kostier živočíchov, prípadne otláčky mäkkých častí tela sú paleontologickou vzácnosťou. Oveľa častejšie sú nálezy ojedinelých skamenelých kostí, alebo nálezy množstva kostí rôznych druhov zvierat, otláčky tiel alebo lastúr, otláčky samostatných listov, prípadne otláčky stôp fosílnych zvierat. Z úplných skamenelých kostier, ale aj z neúplných nálezov sa v minulosti ale aj dnes rekonštruujú fosílna. Rekonštrukcia fosílnych organizmov, tiel alebo kostier sa robí na základe porovnávacej anatómie, porovnávacej a funkčnej morfológie, ekológie a ekogenézy. Chýbajúce časti sa dopĺňajú podľa kostier príbuzných žijúcich organizmov, a robí sa to so zreteľom na anatomickú stavbu nájdených pozostatkov s prihliadnutím na stavbu tela fosílnych alebo žijúcich organizmov.



Obr. 11. Prvá rekonštrukcia bájneho jednorožca zostavená roku 1663 Ottom von Guericke.

Rekonštrukcie sú často veľmi zdĺhavé a náročné. Oveľa jednoduchšie sa rekonštruuje živočích, ktorého skamenelé pozostatky sú skoro úplne, alebo ak sa nájdu aj otlacky mäkkých častí tela, zvyšky panciera alebo pokožky skamenelého živočícha či rastliny.

Osvedčený princíp, ktorý sa používa pri rekonštrukcii organizmov, prostredia a procesov prebiehajúcich v minulosti je aktualizmus, ktorý zaviedol do paleontológie J. Hutton (1788). Princíp aktualizmu predpokladá, že procesy a deje v historickej minulosti Zeme mali rovnaký priebeh ako majú podobné procesy v súčasnosti. Musíme však brať do úvahy fakt, že v minulosti sa mohli odohrať aj deje, ktoré dnes nemôžeme pozorovať.

3.6.1 Obrazové rekonštrukcie

Prvé rekonštrukcie prehistorickej fauny a flóry boli vlastne kresby alebo maľby čiže obrazy alebo obrázky. Pri obrazových rekonštrukciách sa kladie dôraz na vonkajší vzhľad zvierat'a. Dôležitú úlohu pri takýchto rekonštrukciách zohráva správne zloženie nájdených kostí. Často sa stáva, že sa na jednom nálezisku sa našli kosti rôznych druhov zvierat, z ktorých vtedajší paleontológovia zložili jednu kostru, čo viedlo k mylnej rekonštrukcii. Vznikali tak ďalšie omyly. Niektoré omyly sa po čase opravili na základe nových - úplnejších nálezov.

Napriek niektorým omylom sú mnohé obrazové rekonštrukcie veľmi pekné a vedecky hodnotné. Preslávili viacerých autorov. Známý je Američan H. F. Osborn, ktorému kreslil CH. R. Knight, Nemeč G. Heilmann a u nás sú najviac rozšírené obrazy akademického maliara Zdenka Buriana, vytvorené pod vedením univerzitného profesora Jozefa Augustu (Záruba, Burian 1997).

Po kresbách a obrazoch sa postupne začali zhotovovať diorámy. Diorámy predstavovali celé biotopy rôznych geologických období, od prvohorných morí po paleolitického pralovca

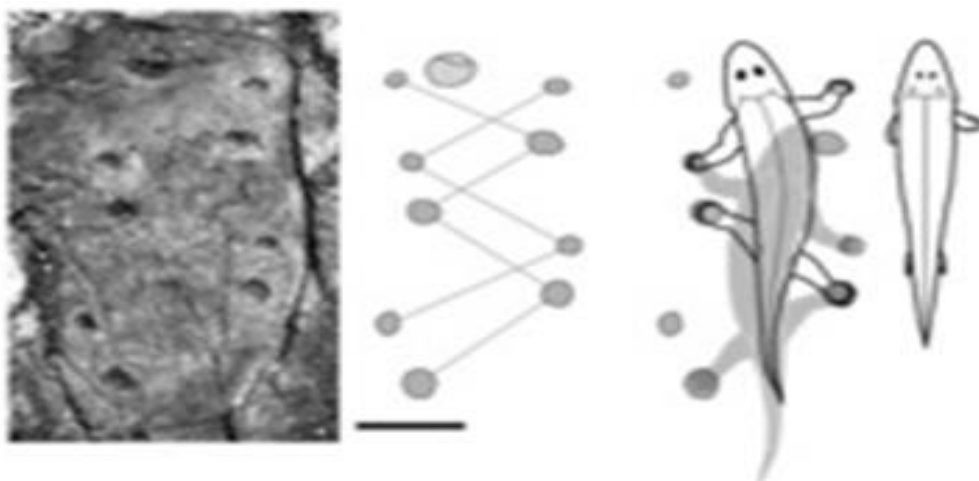
v súboji s jaskynným medveďom. Takéto diorámy boli pýchou mnohých múzeí v Európe, ale i v zámorí. Nachádzajú sa aj v Slovenskom národnom múzeu.



Obr. 12 Obrazová rekonštrukcia (Z. Burian: Stratený svet.)

3.6.2 Rekonštrukcie zo stôp

Kosti nie sú jediné pozostatky fosílnych organizmov, ktoré môžu skamenieť. Za priaznivých okolností môže skamenieť prakticky všetko, čo je organického pôvodu. Okrem kostí, nachádzajú sa skamenelé zuby, perie, časti kože, šľapaje, plody, listy, korene, ale aj celé kmene stromov, hniezda s polovyliahnutými mláďatami dinosaurov a iné. Aj z týchto pozostatkov sa robia rekonštrukcie. Sú oveľa zdĺhavejšie a náročnejšie ako pri nálezoch kostier alebo schránok.



Obr.13 Rekonštrukcia fosílného jaštera starého 400 miliónov rokov zo zachovalých stôp.

Stopy sú veľmi častým pozostatkom po životnej činnosti prehistorických živočíchov. Skamenelé stopy prehistorických zvierat pôsobia fascinujúco a nútia svojich objaviteľov identifikovať ich pôvodcu. Identifikovať fosílnu zviera z jeho stôp je veľmi ťažké a trvá to často mnoho rokov. V nasledujúcom príklade sa tento problém riešil viac ako sto rokov .

Poznámka: V nemeckom kameňolome pri Hildburghausene sa roku 1835 našli v červených pieskovcoch spodného triasu stopy neznámeho zvierat'a. Otlačky boli o niečo väčšie ako otlačky ľudskej ruky. Dohady o tom, aké zviera tadiaľ prechádzalo pred 250 miliónmi rokov, sa pokúšalo odhaliť viacero významných vedcov. F. Voigt tvrdil, že ide o veleopa, nejakého predchodcu človeka. Avšak známy polyhistor Alexander von Humboldt ho zavrátil tým, že opice žijú v trópech a nie v suchých oblastiach. Ďalší bádatelia sa domnievali, že išlo o veľkého vačnatca, alebo o veľkú ropuchu a možno snáď medveďa. Začalo sa veriť, že je to cicavec a neznáme zviera dostalo pomenovanie *Chirotherium* (odvodené od gréckeho slova cheiros, čo v preklade znamená ruka a therium – cicavec). Domnienka však nebola správna, lebo dnes vieme, že cicavce sa objavili na Zemi až o 50 miliónov rokov neskôr. Mýlil sa aj vynikajúci geológ Ch. Lyell, keď vyhlásil, že ide o veľkého obojživelníka. Odvážil sa ho aj nakresliť ako veľkého jaštera, ktorý pri chôdzi kládol pravú nohu naľavo od ľavej. Až v roku 1925 sa objavil niekto, kto tieto záhady rozlúštil. Bol to profesor W. Soergel. Prišiel na to, že to, čo jeho predchodcovia na stopách pokladali za „palec“, pretože k otlačkom stôp akosi automaticky prikladali svoju ruku, je vlastne „malíček“ a stopy patria veľ'jašterovi. Soergel našiel aj náznaky pazúrov, ktoré jašter nosil zatiahnuté tak, ako ich nosia dnešné dravce. A navyše, na najlepšie zachovalých otlačkoch stôp zistil, že sa skladajú z viacerých kusov, čo je dôsledkom šupinovitej kože. Všimol si aj, že domnelá „noha“ je otlačená oveľa hlbšie ako domnelá „ruka“ čo svedčí o tom, že „noha“ niesla celú váhu tela a „ruka“ sa pri chôdzi len zľahka dotýkala zeme. Zviera muselo mať masívny chvost, ktorý vyvažoval telo pri pohybe. Krk nemohol byť dlhý, pretože hlava mala zrejme veľkú váhu, ako to býva u všetkých dravých plazov. *Chirotherium* bol dva metre dlhý predchodca zatiaľ neznámej skupiny dinosaurov. Pohyboval sa vzpriamene na dvoch „nohách“, „ruka“ sa len zľahka dotýkala zeme. Dnes tieto stopy paleontológovia spájajú s kostrami plazov rodu *Ticinosuchus*, ktoré sa našli v triasových sedimentoch južného Švajčiarska.

3.6.3 Počítačové rekonštrukcie

Nálezy kostier veľkých jašterov sa sporadicky objavovali od 15. storočia. V 19. storočí bolo objavených mnoho skamenelých kostí veľkých jašterov. Pretože boli obrovské a vzbudzovali hrôzu, roku 1841 anglický prírodovedec Richard Owen vymyslel pre túto skupinu vyhynutých živočíchov názov „dinosaurus“, čo v preklade znamená „strašný jašter“.

Posledné desaťročia minulého storočia boli na nálezy kostier dinosaurov veľmi bohaté. Objavili sa nové náleziská, doplnili sa niektoré chýbajúce časti kostier starších nálezov a doplnili sa aj nálezy o nové druhy dinosaurov. S novými nálezmi sa postupne menili aj názory na vzhľad, chovanie a život dinosaurov.

Spolu s novými poznatkami z paleontológie sa v tom čase rozvíjala aj počítačová technika. Tento fakt priniesol nové možnosti rekonštrukcii vyhynutých živočíchov. Počítačovou technikou sa aj z neúplných nálezov skamenelých kostier podarilo vytvoriť oveľa jednoduchšie, ale o to presvedčivejšie rekonštrukcie vyhynutých zvierat vrátane dinosaurov. Trojrozmerný obraz, ktorý vytvoril počítačový program poskytoval výbornú predstavu o výzore nájdeného živočícha. Vrcholom týchto rekonštrukcii bolo oživenie – animácia dinosaurov. Animáciou sa dali obrovské, niekoľko tonové monštra do pohybu a táto novinka zaujala nielen svojich autorov, ale aj širokú škálu populácie. Dokonalé počítačové rekonštrukcie dinosaurov obleteli celý svet vo filmovej podobe a vstúpili takmer do každej domácnosti cez televíznu obrazovku alebo populárnu knihu o dinosauroch.

4 Systematika

Systematika je veda, ktorá skúma druhy a druhovú diverzitu organizmov a vzťahy medzi živými organizmami (pomocou výskumu žijúcich ale aj zachovaných skamenelých foriem). Predmetom klasifikácie v paleontológii sú skameneliny. Paleontologická systematika študuje zaradenie skamenelín do hierarchického systému

Pomocné vedy systematiky sú:

- Klasifikácia
- Teoretická taxonómia
- Nomenklatúra

Systematika jako vedecká disciplína pozostáva z:

- taxonómie
- fylogenetiky
- evolučnej biológie

Systematika sa zaoberá praktickým zaradením organizmov do skupín na základe ich určitých vlastností a vzťahov, charakterizuje vytvorené skupiny a usporadúva ich do sústavy. Skupiny organizmov môžeme zoradiť vedľa seba (lineárna klasifikácia), alebo ich môžeme usporiadať tak, že budú tvoriť skupiny charakterizované určitou spoločnou vlastnosťou z morfológického alebo funkčného hľadiska. Takéto skupiny sa ďalej združujú na základe toho istého princípu spoločných vlastností (hierarchická klasifikácia) do skupín. Hierarchická klasifikácia je vlastne zoradenie organizmov do podradených a nadradených jednotiek.

Teoretická taxonómia: organizmy zoradené podľa určitých znakov a vzťahov.

Teoretická taxonómia sa v priebehu dejín vyvíjala a aj v súčasnosti existujú rôzne názory na taxonomické kritériá.

Poznáme niekoľko typov klasifikácií.

- **Typologická systematika** - vychádzala z postulátu, že úlohou klasifikácie je odкрыť poriadok existujúci v prírode nezávisle od človeka (stvorený Bohom) a redukovat' tak veľký počet organizmov na **archetypy** (základné vzory prírody). Jej význačnými zástupcami boli Linné a Cuvier.

- **Fenetická systematika** - na rozdiel od typológie ako základ zdôrazňuje stupeň celkovej podobnosti. Použitie iných kritérií ako stupeň podobnosti apriórne zavrhuje.
- **Fylogenetická systematika** - klasifikácia výhradne na vývojových vzťahoch organizmov. Jej základným postulátom je prijatie názoru, že všetky organizmy majú spoločný fylogenetický pôvod. Tvorba systematických skupín je založená na ich kmeňovej príbuznosti, teda na fylogénéze. Fylogenetickú príbuznosť nachádzame v spoločných a odlišných **homologických** (rovnocenných) znakoch. Zmeny, ku ktorým dochádza počas vývoja kmeňa nazývame **anagenéza**. Bez anagenetických zmien by skupiny organizmov (akokoľvek dlho izolované skupiny organizmov) boli stále rovnaké. Diverzita organizmov vzniká hlavne na základe štiepenia vývojových vetiev (**kladogenéza**). Vo fylogenetickej systematike nemajú všetky znaky rovnaký význam (váha znaku).
- **Umelá systematika** - pri paleontologických výskumoch sa používa tiež umelá systematika. Od fylogenetickej systematiky sa odlišuje tým, že organizmy (skameneliny) sú zoradené do systému podľa vonkajších zhodných znakov.

Zoznam používaných klasifikačných kategórií

Ríša (regnum)

Kmeň (phylum)

Oddelenie (divisio)

Trieda(classis)

Rad (ordo)

Čeľaď (familia)

Rod (genus)

druh(species)

Základnou taxonomickou jednotkou je **biologický druh**.

Poznámka: 1. ucelený systém živej prírody, vytvoril v prvej polovici 18. storočia švédsky prírodovedec Carl von Linné (1707-1778). Jeho najväčším prínosom bolo zavedenie binomickej nomenklatúry - dvojslovného pomenovania organizmov (výnimku tvoria vírusy). Základným pravidlom nomenklatúry je zákon prvenstva (priority) uznávaný od dôb Linného, rešpektujúci pôvodné pomenovanie istého taxónu.

Do dnešných čias neexistuje žiadna všeobecne uznávaná systematika, ktorá by vyhovovala biológom aj paleontológom.

5 Tafonómia

Tafonómia je vedný odbor, ktorý analyzuje procesy prebiehajúce počas prechodu organickej hmoty z biosféry do litosféry. Termín tafonómia pochádza z gréckych slov *taphos*, (v preklade hrob, pohreb, pochovávanie) a výrazu *nomos* (znamená zákon).

Tafonómia je dôležitá samostatná poddisciplína paleontológie, ktorá skúma vznik a spôsob zachovania skamenelín. Snaží sa o pochopenie procesov, ktoré vedú k pochovaniu organizmu v sedimente, pretože tieto procesy majú význam pre paleobiologické a paleoekologické interpretácie.

Pojem tafonómia prvý vyslovil ruský paleontológ Ivan A. Jefremov v roku 1940. Tafonómiu ponímal ako subdisciplínu zaraďovanú do paleontológie a ako vedný odbor zaoberajúci sa pozostatkami, časťami a produktmi organizmov, ktoré tvorili biosféru a dnes sú z nich skameneliny.

Predmetom tafonómie je štúdium histórie postmortálnych procesov. Stanovenie chronologickej postupnosti procesov, ktoré sa udiali pred pochovaním, počas a po pochovaní mŕtvych organických zvyškov v hrobe alebo sedimente, rozklad organických látok, diagenéza sedimentu a petrifikácia organického zvyšku.

5.1 Tafonomický cyklus

Začiatok tafonomického cyklu je v **biocenóze**, pretože tafonómia skúma procesy prechodu živého spoločenstva na spoločenstvo fosílné, skamenelé.

Biocenóza je spoločenstvo živých organizmov, v ktorom dochádza k rozhodnutiu, či mať bude organizmus šancu stať sa skamenelinou. V biocenóze je väčšina organizmov súčasťou potravy iných organizmov.

Nekrocenóza je spoločenstvo odumretých organizmov. Tvorí ho veľké množstvo odumretých tiel organizmov alebo jednotlivých častí organických tiel a zvyškov, ktoré sa oddelili od jedinca ešte počas života. Sú to napríklad šupiny plazov a rýb, perie vtákov, zvlečené kože hadov alebo panciere rakov, časti plodov, listy, zuby alebo celé končatiny. Nekrocenózu tvoria zvyšky organizmov, ktoré žili súčasne na určitom mieste, v nekrocenóze chýbajú organizmy skonzumované predátormi.

Nekrocenóza obsahuje menej organizmov ako biocenóza.

Tanatocenóza je nahromadenie organických zvyškov rôznych nekrocenóz na jednom mieste sedimentačného priestoru. Organické zvyšky vyskytujúce sa v tanatocenóze nemuseli žiť v jednej biocenóze.

Tafocenóza sú organizmy tanatocenózy pochované v sedimente. Oproti tanatocenóze je tafocenóza ochudobnená o organické zvyšky, ktoré boli zničené rozkladom alebo o zvyšky, ktoré nemajú predpoklady k fosilizácii, pretože neobsahujú pevné časti ako sú kosti alebo lastúry. Často sa stáva, že súčasťou tafocenózy sa stanú aj staršie skameneliny, ktoré vyvetrali zo starších sedimentov a transportom boli prinesené do tafocenózy. Týka sa to najčastejšie mikrofosílií. Staršie skameneliny majú väčší predpoklad zachovať sa, pretože už boli fosilizované v čase, keď tafocenóza vznikala.

Nasleduje **diagenéza** – spevňovanie sedimentov obsahujúcich tafocenózu a to najčastejšie tlakom nadložných vrstiev a pôsobením ďalších faktorov. V priebehu diagenetických procesov sa tafocenóza mení na **oryktocenózu** a znovu dochádza k úbytku spoločenstva organizmov v dôsledku mechanického zničenia.

Oryktocenóza je komplex všetkých skamenelých zvyškov organizmov, ktoré sa nachádzajú v hornine a ktoré môžeme na lokalite zbierať. Do oryktocenózy patria aj stopy po životnej činnosti organizmov, ktoré označujeme **ichnocenóza**.

5.2 Faktory ovplyvňujúce výslednú oryktocenózu:

Oryktocenózu ovplyvňuje množstvo faktorov rôzneho významu, ktoré sú v širokej škále od veľmi významných faktorov až po faktory zanedbateľné.

Hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú výslednú oryktocenózu sú:

1. proces rozkladu
2. deštrukčné tafonomické procesy
3. diagenéza a metamorfóza

5.3 Proces rozkladu

Je to základný faktor, od ktorého závisí stav a zachovanie skamenelín. Pôsobí nepriaznivo na organické zvyšky. Účelom rozkladných procesov je proces recyklácie

organickéj hmoty na jednotlivé chemické prvky. Rozkladný proces sa zastaví petrifikáciou organických zvyškov – vznikom skameneliny.

5.4 Faktory ovplyvňujúce rozklad

Selektívny rozklad začína od najvzdialenejších a najtenších časti tela organizmu. Rozhodujúci vplyv na zachovanie fosílie má rýchlosť rozkladu, čím skôr je organizmus zakrytý sedimentom, tým pomalšie prebieha rozklad. Veľmi rýchlo zakryté bývajú organické zvyšky v jantári, v sopečných oblastiach (Pompeje), v oblastiach častých zosuvov pôdy alebo bahnotokov, kde sú telá zachované veľmi dobre. Rýchlosť rozkladu závisí od rýchlosti pochovania organizmu v sedimente a od prostredia, v ktorom je organizmus pochovaný. Faktory prostredia sú významné faktory ovplyvňujúce zachovanie organizmov. Ide hlavne o teplotu, pH a geochémiu prostredia.

Teplota prostredia je závislá od ročného obdobia a od zemepisnej šírky, od typu prostredia (oceán, lagúna, pevnina, jaskyňa, púšť, tundra). Vyššia teplota urýchľuje bakteriálny rozklad, nižšia teplota ho naopak spomaľuje. Extrémne vysoká teplota na púšti alebo prostredie so suchou klímou spôsobuje vysušenie tela organizmu. Prostredie s extrémne nízkou teplotou spôsobuje dokonalé zachovanie organických tiel. Výskum zamrznutých mamutov v sibírskom ľade potvrdil konzumovateľnosť ich mäsa.

pH. Kyslé alebo zásadité reakcie prostredia sú v prírode zriedkavé. Najbežnejšie sú prostredia s neutrálnym pH. Vysoké pH rozleptáva organizmy (sírne jazierka, niektoré termálne pramene), ideálne pre konzervovanie organických pozostatkov je prostredie s pH = 4 (močiare, rašeliniská,...).

Geochémia prostredia. Od chemizmu prostredia v nezanedbateľnej miere závisí zachovanie organických zvyškov.

5.5 Deštrukčné tafonomické procesy

Tieto procesy môžu prebiehať v priebehu tafonomického cyklu aj pred jeho začiatkom. **Artikulacia** je stupeň rozkladu, keď sa kostry mŕtvych tiel nerozpadnú na jednotlivé časti. **Disartikulácia** rozčlankovanie mŕtveho tela organizmu v miestach, kde je kostra spojená mäkkými tkanivami. Takéto rozdelenie kostry obyčajne nastáva krátko po smrti jedinca.

Dôvodom rozpadu tela sú biochemické reakcie, ktoré prebiehajú v mŕtvom tele, fyzikálne vplyvy prostredia (gravitácia, prúdenie vody,...) alebo iné živé organizmy (požierači mŕtvol, vŕtavé organizmy,...). K spomaleniu týchto procesov dochádza v pokojnom prostredí alebo ak v nekrocenóze sú organizmy s pevnými spojmi kostry alebo lastúr.

Fragmentácia je proces rozlámania kosti alebo lastúr. K fragmentácii dochádza fyzikálnymi alebo biotickými vplyvmi. Rozlamanie kosti alebo lastúr môže nastať za života jedinca napríklad v súboji s predátorom. Po smrti jedinca môže nastať rozlamanie kosti pri transporte, v príbojovej zóne alebo ho môžu rozlámať požieračmi mŕtvol.

Abrázia je obrusovanie a ohadzovanie pevných pozostatkov (kosti, ulity, zuby,...) abráznym materiálom (piesok, voda, štrk,...). Abrázia môže prebiehať vo vodnom aj suchozemskom prostredí. Závisí od rýchlosti presúvania abrázneho materiálu a doby trvania abrázie. Abrázia spôsobuje odreniny, rýhy a zaobl'ovanie ostrých hrán. **Transport** má dôležitú úlohu pri deštrukčných tafonomických procesoch. V procese rozkladu organizmov rozoznávame transport pred vznikom tanatocenózy alebo v čase, keď už tanatocenóza existuje. Pre rozklad organizmu je dôležitejší transport pred vznikom tanatocenózy, ktorý rozptýli pozostatky organizmov z pôvodného miesta výskytu do nových oblastí.

5.6 Diagenéza a metamorfóza

Diagenéza je proces spevňovania sedimentu. Princíp diagenézy spočíva v neustálom ukladaní vrstiev sedimentov na seba. Tiaž sedimentu tlačí na spodné vrstvy a vzniká tlak, ktorý spevní sediment. Spolu so sedimentom sú spevňované aj fosílie a organické zvyšky, ktoré sa v sedimente nachádzajú. Pri veľkom tlaku bývajú skameneliny deformované. Veľkosť tlaku je dôležitým indikátorom tafonomických procesov a základom rekonštrukcie.

Zvyšovaním tlaku a teploty dochádza k ďalším zmenám v sedimente – k metamorfóze. Metamorfóza je premena hornín tlakom, teplom alebo chemickými látkami pôsobiacimi v zemskej kôre. Stupňujúca sa metamorfóza deformuje a ničí skameneliny.

5.7 Význam a uplatnenie tafonómie

Tafonómia študuje procesy pochovávanía organických zvyškov a vznik skamenelín vo všetkých smeroch. Na základe získaných informácií sa zostavujú paleoekologické rekonštrukcie a priebeh dejov v geologickej minulosti.

Tafonómia sa uplatňuje aj v iných prírodných vedách, ktoré nesúvisia s paleontológiou. Sú to archeológia, kriminalistika.

6 PALEOEKOLÓGIA

Štúdiom vzťahov medzi žijúcimi organizmami a ich prostredím sa zaoberá vedný odbor ekológia. Súčasná ekológia sleduje štruktúru a funkciu populácií a spoločenstiev, ich dynamiku, kolobeh látok a tok energie ekosystémov.

Paleoekológia študuje spôsob života organizmov v minulých geologických dobách, zaoberá sa vzťahmi medzi organizmami a prostredím v geologickej minulosti Zeme. Pretože porozumenie príčinných vzťahov medzi jednotlivými javmi v minulosti je kľúčom k poznaniu budúcnosti, je paleoekológia kvartéru a terciéru zároveň stále významnejším a dôležitejším zdrojom informácií pre predpovedanie ďalšieho vývoja globálnych ekologických problémov súčasnosti. Zatiaľ čo v minulosti bola paleoekológia zameraná prevažne na rekonštrukciu prostredia, v ktorom organizmy v minulých geologických dobách, dnes skôr prevláda snaha o porozumenie ekologických vzťahov v populáciách a spoločenstvách a ich evolúciu. Vzhľadom k zložitosti týchto vzťahov sa v paleoekológii v posledných rokoch stále viac využívajú matematické a štatistické metódy spracovania údajov. Mohutným podnetom pre štúdium kvantitatívnych paleoekologických charakteristík je súčasný rozvoj výpočtovej techniky.

6.1 Definícia a základné princípy paleoekológia

Paleoekológia sa zaoberá štúdiom vzájomných vzťahov medzi organizmami, ich prostredím v minulých geologických dobách a zároveň skúma evolúciu týchto vzťahov. Je to pomerne mladý odbor paleontológie, ktorý sa stále rozvíja a tým, že v sebe zlučuje a usporadúva poznatky množstva geologických aj biologických disciplín, je veľmi dôležitým článkom celkového poznania geologickej histórie našej planéty a aj vzniku a vývoja života na Zemi.

Predmetom paleoekológie je rekonštrukcia fosílnych prostredí, fosílnych ekosystémov a objasnenie vzájomných vzťahov medzi prehistorickými organizmami (fosíliami) a prostredím, v ktorom žili.

Paleoekológia sa v závislosti na metodike a zložitosti štúdia obvykle delí na dva pododborny:

1. **paleoautekológiu**
2. **paleosynekológiu**

Paleoautekológia študuje ekológiu fosílnych organizmov na úrovni indivíduí a populácií jedného druhu zo snahou objasniť ich chovanie, reakcie a vzťahy k podmienkam okolitého prostredia a k ostatnej faune a flóre.

Paleosynekológia skúma komplexné fosílné spoločenstvá (faunu i flóru) ako celky so všetkými vzťahmi, ktoré majú organizmy medzi sebou a aj ich vzťah k ich životnému prostrediu.

Najbližšie vzťahy má paleoekológia k ekológii. Deliacim faktorom je medzi nimi len časová hranica. Základy oboch vied aj používanie terminológie sú však rovnaké. Ostatné rozdiely, i keď sa zdajú byť značné, spočívajú len v metodike. Je to pochopiteľné, obe vedy pracujú kvantitatívne i kvalitatívne často veľmi odlišným materiálom.

Paleoekologický výskum je zložitejší, pretože paleoekológia pracuje so skamenelinami, ktoré sú často zle zachované a najčastejšie bez mäkkých častí tela. Okrem toho je paleontologický záznam väčšinou neúplný a chýba v ňom veľa druhov tvoriacich pôvodné spoločenstvá. Problémy vznikajú aj pri odlíšení druhov premiestnených z iných prostredí. Paleoekologická interpretácia objavených fosílií je ďalej komplikovaná tým, že mnohé druhy sú vyhynuté a takmer nič o ich spôsobe živote nevieme a spolu s nimi zanikli aj prostredia, v ktorých žili. Anorganické (chemické a fyzikálne) faktory fosílnych prostredí nie sú takmer nikdy priamo určiteľné.

Paleoekológia je súčasťou paleontológie a je dôležitá pre získanie celkového obrazu života na Zemi v minulých geologických dobách. Aj z čiastkových paleontologických odborov, ako je taxonómia, paleobiografia, paleoklimatológia a iné, sú paleoekologické poznatky dôležité. Poznatky paleoekológie sú dôležité pri rekonštrukciách života na Zemi.

Priamym zdrojom údajov o životných prostrediach, ktoré na Zemi existovali v minulosti sú sedimenty a sedimentárne horniny. Paleoekológia preto úzko spolupracuje aj s inými odborními geologických vied ako je litológia, sedimentológia, náuka o faciách a geochemia. Spomínané vedy často využívajú výsledky paleoekologického výskumu.

Z paleoekologického hľadiska sú veľmi dôležité údaje o rozmiestnení morí a kontinentov v geologickej minulosti Zeme ako aj polohy pólův a podnebie na Zemi. V tomto ohľade môže paleoekológia veľa vypovedať o genéze ložísk nerastných surovín

sedimentárneho pôvodu. Paleoeologické poznatky sa dajú potom využiť na vyhľadávanie vyhládanie ložísk uhl'ovodíkov, čiastočne tiež pre ložiská ílov, solí, železa, medi, olova, zinku, zlata a pod.

Výsledky získané paleoekológiou sú využívané aj v ďalších odboroch. Predovšetkým je to evolučná teória, ktorá skúma vývoj organizmov, prostredie, v ktorom žili, ale aj dôvod vyhynutia jednotlivých druhov organizmov prípadne ich morfológické zmeny a prispôsobenie sa novým podmienkam. Paleoeologické poznatky využívajú aj tieto vedy: paleobiogeografia, paleogeografia, paleoklimatológia, stratigrafia, tektonika. Paleoeologické metódy umožňujú aj určovanie celkového veku hornín, zisťovanie počtu dní v roku a tým aj tým aj rýchlosť otáčania sa Zeme okolo svojej osi.

Blízke odbory – sedimentológia, litológia, geochémia.

6. 2 Základné princípy paleoekológie

Základným princípom paleoekológie je **princíp aktualizmu** (uniformitarismus), ktorý hovorí, že dáta získané z ekológie je možné použiť pre vytvorenie záverov paleoekológie. Na základe ekológie žijúcich foriem môžeme teda odvodiť spôsob života žijúcich skupín organizmov s ich príbuznými fosílnymi organizmami. Princíp aktualizmu však nemožno aplikovať bezmyšlienkovito vo všetkých prípadoch.

Možnosť využitia aktualizmu v paleoekológii sa postupne znižuje s pribúdajúcim geologickým vekom sledovaných druhov a prostredí (čím staršie organizmy skúmame, tým menej môžeme ich morfológiu a spôsob života porovnávať s dnešnými).

Princíp mnohostrannosti riešenia je potrebné v paleoekológii uplatňovať hlavne z hľadiska hľadania nezávislých dôkazov potvrdzujúcich zistených faktov.

Princíp adaptácie na prostredie skúma za či pri zmene prostredia organizmus z prostredia mizne alebo sa prispôsobí novým podmienkam. Zmena druhového zloženia môže signalizovať zmenu niektorého z faktorov prostredia.

Princíp ekologického obmedzenia. Každý organizmus má svoje rozšírenie obmedzené prostredím, na ktoré je prispôsobený. Z rozšírenia druhu môžeme dedukovať rozlohu daného prostredia.

Organizmy sa prispôsobujú životu v určitom prostredí aj morfológickými znakmi alebo orgánmi, ktoré v danom prostredí využívajú k prežitiu. **Princíp prispôsobenia sa spôsobu**

života je pre paleoekológiu veľmi užitočný, pretože z morfológie jednotlivých orgánov môžeme zistiť ich funkciu a spôsob života.

Princíp závislosti na ostatných organizmoch vychádza z toho, že každý organizmus je priamo, alebo nepriamo závislý na iných organizmoch, premnoženie škodcov, často signalizuje nedostatok predátorov a pod.

6. 3 Systémy organizmov a ich prostredie

Žiadny organizmus nemôže existovať sám bez iných organizmov alebo bez svojho životného prostredia, s ktorým tvorí nerozlučnú jednotu. Pre ľubovoľný prirodzený komplex organizmov a ich životného prostredia sa v ekológii používa všeobecný termín **ekosystém**. **Základnou funkčnou jednotkou biosféry je ekosystém**. Ekosystémy sa skladajú zo živých organizmov - biotická zložka (biocenóza) a neživého, anorganického prostredia - abiotická zložka (ekotop).

6.3.1 Ekosystémy (biosystémy)

Ekosystém je termodynamický otvorený systém, ktorý na jednej strane energiu prijíma – slnečné žiarenie, minerálne látky a pod. a na druhej strane energiu vydáva vyžarovaním a biochemickými procesmi. Tok energie ekosystémom v ňom podmieňuje zachovanie dynamickej rovnováhy ekosystému. Jednotlivé ekosystémy môžeme zoskupovať do dvoch základných organizačných úrovní predstavovaných biosférou a ekosystémami.

Všetky organizmy na Zemi a ich životné prostredie tvoria biosféru (globálny ekosystém). Biosféra priestorovo siaha do približne trojkilometrovej hĺbky zemskej kôry, kde boli ešte nájdené anaeróbne baktérie, až k hornej hranici troposféry (asi 8-10 km na pólach a 16-18 km v rovníkových oblastiach), kam sú zanášané mikroorganizmy (vírusy, baktérie, riasy), peľové zrníčka a spóry. Trvale obývaný priestor biosféry je menší, zhruba do hĺbky, kam dosahujú korene rastlín, do niekoľko desiatok metrov nad zemským povrchom.

Ekosystémy sú vymedzené definovateľným tokom **energie, kolobehom látok a trofickými reťazcami**. Jednotlivé ekosystémy sú relatívne samostatné a majú značne variabilnú veľkosť. Ich hranice obyčajne nie sú ostré, ale sú umelo stanovené človekom v závislosti na mierke, v akom je príroda študovaná. Príkladmi ekosystémov môže byť napríklad les, jazero, pole, útes, alebo zátoka.

Abiotickou zložkou ekosystému, je jeho prostredie, tvorí biotop, charakterizovaný súhrnom určitých abiotických faktorov (substrátom, teplotou, vlhkosťou atď.). Súbor všetkých organizmov obývajúcich určitý biotop, teda živá zložka ekosystému, sa nazýva **biocenóza**.

Podľa iných hľadísk možno biosféru deliť na niekoľko územných rozsiahlych jednotiek - **biómov**. Sú to biosystémy charakterizované rovnakými klimatickými pomermi a prevládajúcim typom vegetácie a živočíchov. Biomy zahŕňajú v podstate ekosystémy určitej geografickej zóny.

Na **súši** rozoznávame nasledujúce **biómy**:

- bióm tropického dažďového pralesa,
- bióm púšte,
- bióm polopúšte,
- bióm stepi,
- bióm listnatého lesa mierneho pásma,
- bióm ihličnatého lesa,
- bióm tundry,
- bióm stáleho snehu a ľadu.

Delenie **oceánov** na biómy nie je doteraz ustálené. Moria a oceány sa obvykle delia na bióm:

- šelfových oblastí,
- otvoreného oceánu.

Existujú však i názory, že celý oceán je jediným biómom.

Menší rozsah ako bióm má **geobiocenóza** (niektorými autormi sa zrovnáva so značne všeobecne definovaným ekosystémom). Geobiocenóza sa skladá z **biocenózy** (*fyto* + *zooceno*) a **ekotopu** (prostredie). V takto definovanej geobiocenóze je možné považovať za premenlivú zložku biocenózu, ekotop je zložkou relatívne stabilnou.

6.3.2 Ekologická nika

Funkcia jedinca v ekosystéme je súbor jeho aktivít a vzťahov k ostatným členom spoločenstva a k abiotickému prostrediu sa nazýva **ekologická nika**. (Názov „nika“ je prevzatý z architektúry, kde označuje výklenok v stene, v ktorom je umiestnená socha.) Ekologická nika

je teda súbor všetkých činiteľov prostredia, ktoré potrebujú živé organizmy k svojej existencii. Ekologickú niku možno charakterizovať tiež ako súhrn adaptácií organizmov v danom prostredí. Pojem niky je tesne spojený s otázkami vnútrodruhovej a medzidruhovej konkurencie, otázkami využívania zdrojov a problémov vzniku nových druhov.

1. Funkcia jedinca v ekosystéme, súbor jeho aktivít a vzťahov k ostatným členom spoločenstva
2. suma adaptácií organizmu

6.4 Životné prostredie organizmov

Aj v paleoekológii je prírodné prostredie súbor všetkých podmienok, ktoré umožňujú organizmu na určitom mieste žiť, vyvíjať a rozmnožovať sa. Jednotlivé prostredia existujúce na Zemi boli a sú určované súhrnom fyzikálnych, chemických a biologických činiteľov. Typologické delenie prostredia je však z praktických dôvodov často založené len na jednej skupine faktorov, väčšinou na fyzikálnych faktoroch. Pretože tieto faktory nie sú jediné a nemusia byť vždy najdôležitejšie.

Všetky prostredia na Zemi sa delia na dve veľké skupiny, a to na prostredie **morské** (marínne) a prostredie **pevninské** (kontinentálne).

Prostredie morské sa delí na dve veľké skupiny, na prostredie obsiahnuté vo voľnej vode, alebo tiež prostredie **pelagické** (pelagiál)

prostredie **bentické** (bentál) (prostredie pokrývajúce morské dno)

Pretože väčšina fyzikálnych a chemických faktorov sa v morskej vode výrazne nemení, je ďalšie rozdelenie založené na hĺbke a na morfológii oceánskeho dna.

Palegiál je v biogeografii oblasť širého mora, ktorú delíme na prostredie **neritické** (neritik) zahrňujúce masu vody nad kontinentálnym šelfom

prostredie **oceánske** (oceanik), ktoré je tvorené vrstvou vody nad kontinentálnym svahom a oceánskym dnom s priekopami a hĺbinami.

Oceanik sa delí ešte podľa hĺbky na epipelagiál (0-200m), mezopelagiál (200-1 000m), batypelagiál (1 000 – 4 000m) a abysopelagiál (4 000 m a viac).

bentál (prostredie morského dna) sa obyčajne delí na:
litoriál, ktorý pokrýva kontinentálny šelf (0 -200m),
batyál, pokrývajúci kontinentálny svah (200-4 000 m),
abysál, zodpovedajúci dnám hlboko morských paniev
hadál, ktorý zahŕňa dná oceánskych priekop

Hlavná masa živej hmoty je v moriach sústredená na plytkovodné prostredie, preto sa pre oblasť kontinentálnych šelfov používajú viaceré členení. Podľa jedného z nich možno litoriál deliť ešte na *supralitoriál*, tj. súš od miesta, kam zasahuje príliv až do miesta dostreku vln, *meditoriál*, zaujímavé dno medzi hladinou prílivu a odlivu a *sublitoriál*, ktorý pokrýva stále ponorené dno mora od hladiny odlivu až k hornej hrane kontinentálneho svahu.

Pevninské prostredia sú oveľa viacej rôznorodejšie a početnejšie ako prostredia morské. Je to dané väčšou premenlivosťou abiotických (vlhkosť, teplo, svetlo) i biotických činiteľov na súši v porovnaní s morským prostredím oceánov, kde sú fyzikálne i chemické podmienky oveľa stálejšie. V paleoekológii má takéto podrobné delenie, aké používajú ekológovia, len malý význam. Na pevninách sa totiž mnoho typov prostredia nachádza v oblastiach, kde neprebíha sedimentácia vôbec alebo kde sú sedimenty veľmi rýchlo erodované (horské oblasti, horské toky riek) a tak sa tam nenachádzajú skameneliny.

Pevninské prostredia sa delia na dve základné skupiny:

na prostredia **vodné** (akvatické),

prostredia **suchozemské** (terestrické) (*jaskynné a puklinové* prostredie)

Z ďalšieho podrobného delenia využíva peleoekológia len rozdelenie vodných prostredí na: prostredie **fluviálne** (potoky a rieky)

prostredie **lakustrinne** (jazerá)

prostredie **poludálne** (bažiny a močiare).

Niektorí paleoekológovia (Ager, 1963) odporúčajú rozlišovať ešte skupinu prostredia jaskynného (jaskynné uloženiny a puklinové výplne). V ekológii sú tieto prostredia málo významné. Pre paleoekológiu je však ich význam veľký, pretože veľká časť kvartérnych a terciérnych suchozemských živočíchov je známa práve z jaskynných a puklinových uloženín. Určitá časť fosílií objavených v jaskyniach alebo puklinách pochádza z iných suchozemských prostredí, predovšetkým stepných a lesných. V lesných a stepných prostrediach však nedochádza k zachovaniu organizmov a vzniku skamenelín. Živočíchy zachované ako

skameneliny v jaskyniach alebo puklinách tu hľadali úkryt alebo do jaskyne spadli, a preto že tu sú výborne podmienky pre zachovanie skamenelín, ich telá boli pomerne rýchlo prekryté sintrovom alebo iným sedimentom a zachovali sa.

6.5 Ekologické faktory

Jednotlivé objektívne existujúce zložky vytvárajúce vo svojom súhrne určité prostredie nazývame **ekologické faktory**. Ekologické faktory sa delia na abiotické a biotické.

1. **abiotické faktory** – odrážajú fyzikálne a chemické vlastnosti jednotlivých prostredí (klimatické podmienky, teplo, vlhkosť, slnečné žiarenie)

– fyzikálne

- substrát
- vlhkosť vzduchu, zrážky
- tlak
- hustota a viskozita vody

– chemické

- obsah kyslíka
- obsah oxidu uhličitého
- salinita

2. **biotické faktory** – sa prejavujú ako rôzne vzťahy medzi organizmami biotické

Ekologické faktory pôsobia vždy v celom komplexe. Pri paleoekologických rekonštrukciách prostredia je niekedy problematické zistiť, ktoré z ekologických faktorov sú určujúce. Medzi ekologické faktory nepočítame fyzicko-geografické údaje, ako je napr. zemepisná šírka, nadmorská výška alebo hĺbka. Tieto faktory určujú umiestnenie študovaného objektu na zemskom povrchu, teda lokalitu, ale nemajú priamy vplyv na organizmy.

Každý organizmus má vlastné požiadavky na prostredie. Požiadavky organizmu na životné prostredie predstavujú faktory hlavné, vedľajšie, doplnkové, náhradné. Organizmy znášajú výkyvy tých jednotlivých faktorov po určitú hranicu, ak sa jednotlivé faktory veľmi menia – zmiznú organizmy. Schopnosť organizmov znášať tieto výkyvy sa nazýva **tolerancia**. Tolerancia organizmov je k rôznym faktorom rôzna.

Veľkosť alebo intenzita ekologických faktorov nie je na všetkých miestach zemského povrchu rovnaká. Mení sa i v priebehu času. Rozdiel v hodnote určitého faktoru medzi dvoma miestami alebo časovými úsekmi označujeme ako gradient daného faktoru.

Ekologické faktory pôsobia na organizmy a ich súbory mnohostranne. Tým, že eliminujú výskyt druhov v prostredí, kde nie sú žiadne priaznivé podmienky pre osídlenie, pôsobia na zemepisné rozšírenie druhov. Majú taktiež vplyv na rozmnožovanie, vývojové cykly, úmrtnosť a migráciu organizmov, čo sa premieta do hustoty populácií. Periodicky sa opakujúce nepriaznivé obdobia podmieňujú vznik rôznych adaptácií, umožňujúcich organizmu prežitie týchto období, napr. rôzne formy kľudových štádií (hybernácia, cysty,...).

6.6 Ekologická valencia

Výskyt a úspešná existencia organizmov v určitom prostredí závisí na množstve podmienok. Absencia, zlá prosperita alebo neschopnosť rozmnožovať sa môže byť vyvolaná kvalitatívnym alebo kvantitatívnym nedostatkom, ale i prebytkom v rámci ktoréhokoľvek z ekologických faktorov, najmä keď sa približuje hranici, ktorú organizmus dokáže ešte tolerovať.

Schopnosť organizmov znášať určité rozpätie ľubovoľného faktoru sa nazýva **tolerancia**.

Poznámka: Už v 18-tom storočí si bádatelia všimli, že hranicu rozšírenia určitého organizmu určuje ten ekologický faktor, ktorý je prítomný v minimálnej hodnote alebo koncentrácii. Každý jeho ďalší úbytok totiž vedie k tomu, že organizmus, ktorý ho v danom prostredí k životu potrebuje, tu už nemôže žiť. Táto závislosť sa niekedy označuje ako **Liebigov zákon minima** (pôvodne definovaný ako závislosť medzi množstvom živín a rastom rastlín).

Liebigov zákon: *Skutočnosť, že rovnako ako pôsobí minimálna koncentrácia ako aj maximálna koncentrácia alebo intenzita ekologických faktorov, viedla neskôr ku formulácii princípu tolerancie, podľa ktorej každý organizmus toleruje určité rozpätie jednotlivých faktorov. Interval medzi minimálnou a maximálnou tolerovanou hodnotou ekologického faktoru sa nazýva **ekologickou valenciou faktorov** a tou je vymedzená **tolerancia druhu**.*

(Liebigov zákon skrátene: „rozšírenie organizmu limituje ten ekologický faktor, ktorý je prítomný v minimálnej hodnote, alebo koncentrácii“)

Hodnota faktorov, v ktorej organizmus najlepšie prosperuje, vyznačuje jeho optimálne životné podmienky (optimum). **Optimum** sa nemusí vždy nachádzať uprostred ekologickej

valencie, ale môže byť i dosť výrazne posunuté k jednému z okrajov, predstavujúcich letálne hranice.

Tolerancia nie je u všetkých jedincov toho istého druhu rovnaká. Nároky sa menia aj v priebehu života.

6.6.1 Typy tolerancie

- steno – vlastnosť druhu tolerovať úzke rozpätie (stenovalentné)
- eury – vlastnosť druhu tolerovať široké rozpätie (euryvalentné)

Poznámka: Larvy mnohých druhov organizmov žijú v celkom odlišnom prostredí ako dospelé jedince (hmyz, korály, mäkkýše, ostnokožce, obojživelníci, a pod.). Tolerancia druhov môže byť pozmenená taktiež interakciou rôznych ekologických faktorov. Napr. tolerancia suchozemských živočíchov voči extrémnym teplotám sa mení s vlhkosťou vzduchu a rýchlosťou jeho prúdenia. Iným príkladom môžu byť rastliny, ktoré majú pri zatienení menšiu potrebu zinku ako pri plnom osvetlení. Obsah zinku v pôde teda môže byť nižší ako vyžadujú rastliny na plnom slnečnom svetle.

Prítomnosť a prosperita organizmov je závislá na celom súbore podmienok. Každý ekologický faktor, ktorý sa blíži k hranici tolerancie alebo ju prekračuje, sa nazýva **medzný** alebo **limitujúci** faktor.

6.7 Abiotické ekologické faktory

Abiotické ekologické faktory (ekologické indikátory) možno deliť na faktory:
fyzikálne (teplota, svetlo, prúdenie vody,...)
chemické (salinita, pH, obsah kyslíka, ...).

Väčšina abiotických ekologických faktorov sa v paleoekológii nedá priamo merať. Existujú geochemické a sedimentologické metódy, ktoré nám môžu ponúknuť o nich aspoň približné informácie. Teplotu vody, v ktorej žili morské organizmy s karbonátovými schránkami, možno približne stanoviť z pomeru izotopov kyslíka v nich obsiahnutých. Salinitu možno u ílových hornín približne zistiť podľa množstva bóru v ílových mineráloch alebo podľa obsahu solí v pórových vodách sedimentu. Rýchlosť prúdenia vody možno odvodzovať napríklad zo zrnitosti a usporiadania sedimentárnych častíc.

6.7.1 Substrát

Substrát je podklad, na ktorom alebo v ktorom organizmus žije. Môže slúžiť aj ako zdroj potravy. Substrát patrí k jedným z mála ekologických faktorov, ktoré možno v paleontológii priamo študovať. Kvalitu substrátu je vhodné popisovať podľa bežných petrografických a sedimentologických kritérií. Dôležité sú najmä veľkosť zrn, ich vytriedenie, farba, textúrne znaky (čeriny, gradačné zvrstvenie apod.), mineralogické zloženie, pomer organickej a anorganickej hmoty alebo chemické zloženie.

Kvalita substrátu zásadným spôsobom ovplyvňuje prítomnosť rôznych skupín bentóznej fauny i flóry, a to ako svojimi vlastnosťami chemickými (obsahom CaCO_3 , SiO_2 , organických látok, stopových prvkov apod.), tak i vlastnosťami fyzikálnymi (ako je tvrdosť zrnitosť, farba a iné). Je zrejmé, že iný typ dna vyhovuje organizmom, ktoré sa prichytávajú k podkladu (ustrice, machovky, koraly, apod.) a potrebujú teda aspoň malú pevnú plochu (ide väčšinou o organizmy získavajúce potravu filtrovaním vody, ktorým anorganické látky prekážajú), a iné nároky majú požírači substrátu, ktoré vďaka svojmu hrabavému spôsobu života vyžadujú mäkké dno s vyšším obsahom organických látok.

Pevný substrát býva najmä v oblasti litorálu, kde je tvorený skalnatým dnom, napr. z vyvretých hornín alebo starších, už diageneticky spevnených sedimentov.

Substrátom suchozemských rastlín je spravidla pôda. Súhrn fyzikálnych, chemických a biotických podmienok pôdy označujeme ako edafické faktory. Pôda vzniká zvetrávaním materských hornín. Zloženie a fyzikálne vlastnosti pôdy ovplyvňujú charakter pôdy. Rastlinné druhy sú svojim výskytom viazané na určité prostredia dané aj inými vlastnosťami pôdy. Druhy úzko adaptované svojim metabolizmom na chemické a fyzikálne vlastnosti substrátu tak, že tieto podmienky pre svoju existenciu nutne potrebujú, môžu byť využité napr. pri vyhľadávaní ložísk nerastných surovín. Takéto druhy nazývame **fytoindikátory**.

Na vzniku pôd sa ďalej významne podieľajú klimatické podmienky a organizmy. Jednotlivé biómy sú charakterizované určitým typom pôdy. Napríklad pre ihličnaté lesy mierneho pásma sú charakteristické podzolové pôdy, pre listnaté lesy hnedozeme a pre trávnaté spoločenstvá čiernozeme.

6.7.2 Svetlo

Svetlo je ekologický faktor, ktoré v paleoekológii nemôžeme zmerať. Pretože je nutnou podmienkou fotosyntézy, na ktorej produktoch potom závisí život prakticky všetkých organizmov, musí sa pri paleoekologických úvahách zohľadňovať. Podľa hĺbky, kam svetlo vo

vode preniká, vymedzuje **fotickú** (eufotickú) alebo presvetlenú zónu a **afotickú** zónu, takmer alebo úplne bez svetla. Približná hranica medzi týmito zónami je v čistej vode v oceánoch asi v hĺbke 100 m.

Poznámka: V sladkovodných nádržiach s vysokým obsahom anorganických častíc a planktonických organizmov je hĺbka, do ktorej preniká svetlo oveľa menšia (5 – 10 m). Hĺbka prenikania svetla je pre jednotlivé farebné zložky bieleho svetla rôzna a závisí aj na čistote vody, jej vlnení, uhle dopadu svetla, atd. Najhlbšie preniká svetlo modré (cca 400 m), prenikanie infračerveného a ultrafialového svetla je niekoľko centimetrov až metrov.

Periodické zmeny v množstve svetla, tzv. fotoperiodicita, daná rotáciou Zeme (deň a noc), sklonom zemskej osi a obehom Zeme okolo Slnka (ročné doby). Tieto periodické zmeny významne ovplyvňujú biologické rytmy, ako sú rozmnožovanie alebo životná aktivita.

V paleoekológii možno rozlíšiť fotickú a afotickú zónu podľa pomeru autotrofných a heterotrofných organizmov alebo podľa prítomnosti či absencie slepých druhov. Pri interpretáciách je však potrebné počítať s tým, že slepé druhy môžu byť i hrabavé formy žijúce vo fotickej zóne. Afotickú zónu indikujú taktiež svetelné orgány u rýb, známych napr. z oligocenného menilitového súvrstvia na Morave. Farebné vzory na schránkach majú len živočíchy žijúce v dosahu svetla.

Zvláštnym prípadom afotického prostredia sú kontinentálne a podmorské jaskyne.

6.7.3 Teplota.

Teplota je jedným z najdôležitejších ekologických faktorov. Ovplyvňuje organizmy priamo (rýchlosť plazmatických, nervových a hormonálnych procesov, stereochemické vlastnosti bielkovín pozmeňujúcich ich enzymatickú aktivitu), alebo nepriamo (napr. zmeny fyzikálnych vlastností telesnej vody pri zamrznutí, viskozita, rozpustnosť a pod.).

Poznámka: Život sa prejavuje v takom rozsahu teplôt, pri ktorých môžu ešte existovať komplexné organické zlúčeniny, t.j. zhruba od -270°C do $+200^{\circ}\text{C}$. Pre posudzovanie teplotnej závislosti organizmov je dôležité udávať nielen priemernú ročnú teplotu miesta kde žijú, ale i maximálny rozsah jej kolísania.

Podľa tepelných podmienok môžeme povrch Zeme rozdeliť na niekoľko teplotných (klimatických) pásiem: polárne, subpolárne, mierne, subtropické a tropické. Malá tepelná kapacita vzduchu spôsobuje, že na súši výrazne kolíše teplota nielen v priebehu dňa, ale aj v priebehu roka. Voda má tepelnú kapacitu mnohonásobne vyššiu ako vzduch, preto teplota povrchových vrstiev oceánov kolíše denne rádovo v desatinách stupňov Celzia. V plytkých pobrežných pásmach a zálivoch je toto denné kolísanie trochu vyššie. Sezónne zmeny teploty povrchových vrstiev morí sú ovplyvnené morskými prúdmi, prevládajúcimi smermi vetrov, slnečným žiarením a pod. Ani toto kolísanie nie je na otvorených oceánoch výrazné.

V polárnych oblastiach je to 2-3 °C, v pásmach pasátov 4-6° C, v rovníkovom pásme len 1-2 °C. Len v okrajových moriach a pri pobreží býva ročné kolísanie teploty vyššie. Napr. Baltské more môže presiahnuť i 15°C. Rovnako tak v jazerách je kolísanie teploty značné. Menšie nádrže môžu v zime zamrznúť až ku dnu.

Teplota vody oceánskeho pelagiálu smerom do hĺbky klesá. Od hĺbky približne 2 km sa pohybuje teplota vody vo všetkých súčasných oceánoch v úzkom rozmedzí 0-2°C. Oblasť hlbinných vôd s teplotou pod 10°C sa nazýva psychrosféra. Jej existencia je známa od vrchného eocénu. V období, keď neboli polárne oblasti zaľadnené, bola teplota hlbinných vôd vyššia. V hlbokomorských priekopách a blízko vulkanických centier môže byť teplota vody lokálne zvýšená. Príkladom môžu byť tzv. čierne komíny na stredoocéánskych chrbtoch. Sú to výrony termálnych vôd zafarbených do čierne sírnymi kovu. Žijú v nich chemotrofné baktérie v teplotách až 200°C. Na tieto baktérie sú viazané špecifické spoločenstvá organizmov.

Priamo závislá na teplote vody je jej viskozita a hustota. Viskozita vody je pri 0°C dvakrát vyššia ako pri 25°C, takže planktonické organizmy klesajú v 25°C teplej vode dvakrát rýchlejšie ako pri teplote 0°C. Zmena hustoty vody s teplotou je významným faktorom predovšetkým v sladkovodných nádržiach, pretože hustota morskej vody je oveľa viac závislá na obsahu rozpustených solí. Prehrievaním horných vrstiev vody slnečným žiarením dochádza ku vzniku ľahšej vrstvy, teplejšej vody pri povrchu.

Teplota má vplyv na mineralogické zloženie a morfológiu schránok morských bezstavovcových organizmov. V teplých vodách je vylučovaný na tvorbu schránok skôr aragonit, v chladných prevláda kalcit. Pokiaľ je v trópoch a subtrópoch vylučovaný kalcit, tak má vyšší obsah horčíka (Mg) ako v chladnejších vodách.

Zaujímavým príkladom vplyvu teploty na morfológiu je zmena pomeru pravotočivých a ľavotočivých schránok u niektorých planktonických dierkocov.

Paleoteploty a ich zmeny môžu byť študované geochemickými metódami (izotopová paleotermometria), sledovaním výskytu stenotermných organizmov (biohermných korálov a pod.), alebo sledovaním diverzity spoločenstiev, ktoré sa zvyšuje s teplotou prostredia.

6.7.4 Tlak

Hydrostatický tlak vody rastie s hĺbkou na každých 100m o MP. Pretože voda i telesné tekutiny sú takmer nestlačiteľné, výrazne sa neuplatňuje hydrostatický tlak ako ekologický faktor. Vonkajší zvýšený tlak sa vyrovná vnútorným tlakom telesných tekutín a pokiaľ dochádza ku zmene tlaku pozvoľna, znášajú túto zmenu živočíchy niekedy aj v značnom rozsahu. Výnimkou sú organizmy s dutinami vyplnenými plynmi (napr. ryby s plynovým

mechúrom), ktoré sú prispôsobené životu v určitých hĺbkach a zle znášajú ich rýchle zmeny tlaku. Veľkým zmenám hydrostatického tlaku sú prispôsobené napr. vorvane, ktoré sa môžu za potravou potápať až 2000 m.

Poznámka: Podľa mechanickej odolnosti priehradok oddeľujúcich plynové komôrky v schránkach fosílnych hlavonožcov, sa dá vypočítať hydrostatický tlak vody, ktorému schránky odolávali. Z toho možno usúdiť maximálnu hĺbku, v ktorej jednotlivé druhy mohli žiť.

Hydrostatický tlak sa uplatňuje predovšetkým tak, že ovplyvňuje fyziologické procesy organizmov. Zmeny priestorového usporiadania molekúl bielkovín spôsobené zemanmi tlaku vedú k inaktivácii enzýmov, podobne ako pri pôsobení extrémnych teplôt. Nepriamo tlak ovplyvňuje rozpustnosť plynov (O_2 , CO_2) vo vode.

Na pevnine nie je tlak vzhľadom k nízkej hustote atmosféry príliš významným činiteľom. Fyziologické vysokohorské adaptácie a zmeny v morfológii tiel organizmov (napr. pórovitosť vajec vtákov) sú spôsobované skôr nedostatkom kyslíka.

6.7.5 Obsah kyslíka

Voľný kyslík je nevyhnutný pre existenciu všetkých organizmov okrem anaeróbných baktérií. V atmosfére je ho dnes 21 objemových percent. Nebolo tomu tak vždy, v rannom proterozoiku bola atmosféra Zeme redukčná a obsah O_2 sa vďaka metabolizmu zelených rastlín len pomaly zvyšoval až na dnešnú úroveň. V súčasnej dobe produkujú suchozemské rastliny približne 2/3 množstva fotosynteticky uvoľňovaného kyslíka, zvyšok produkcie O_2 pripadá na morské rastliny (prevažne fytoplanktón).

Zatiaľ čo množstvo kyslíka sa v atmosfére horizontálne nemení, je jeho obsah vo vode veľmi premenlivý.

Rozpustnosť kyslíka je závislá aj na ďalších faktoroch:

- so stúpajúcou teplotou a salinitou klesá,
- so zväčšujúcim tlakom stúpa,
- smerom do hĺbky obsah kyslíka klesá.

Do vody sa kyslík dostáva asimilačnou činnosťou rastlín, ale aj rozpúšťaním vzduchu. Najvyšší obsah kyslíka (2-7 ml v 1l vody) je vo fotickej zóne a v povrchových vrstvách vody, kam zasahujú vplyvy vlnenia. Množstvo kyslíka kolíše so sezónnymi zmenami fotosyntetickej asimilácie. Na úbytku jeho množstva sa v afotickej zóne podieľajú organizmy svojim dýchaním, ale aj rozkladné procesy odumretej organickej hmoty klesajúcej z vrchných vrstiev vody. V období eutrofizácie (zvýšenie prísunu živín) dochádza k zväčšeniu primárnej

produkcie a celkovému nárastu biomasy vo fotickej zóne. Tým sa zväčšuje i množstvo organickej hmoty klesajúcej ku dnu. Pri oxidácii odumretej organickej hmoty môže dôjsť ku spotrebovanie aj všetkého kyslíka. Tak vznikajú v oblastiach vysokej produktivity miesta so zníženým obsahom kyslíka – tzv. vrstva oxidického minima. Oxidické minimum býva v moriach a oceánoch blízko brehov v hĺbke okolo 500m.

Vodné masy so znížením množstvom rozpusteného kyslíka (anoxické) bežne vznikajú taktiež v prípadoch, keď je obmedzená cirkulácia vody. Je to napr. vtedy, keď horizontálne prúdenie vody je negatívne ovplyvnené morfológiou dna. Konvenčnému (vertikálnemu) prúdeniu môže brániť stratifikácia (zvrstvenie) vodného stĺpca. V jazerných prostrediach je to teplotná stratifikácia, v moriach častejšie rozvrstvenie termohalinné. Hustotná stratifikácia vzniká obyčajne v oddelených okrajových moriach (napr. v Čiernom mori, v Baltickom mori) alebo v úzkych dlhých zálivoch (v niektorých fjordoch), kde vrstva menej slanej, menej hustej vody pokrýva vodu slanšiu, hustejšiu.

Priame merania obsahu kyslíka vo fosílnych prostrediach je možné len vo výnimočných prípadoch. Zloženie fosílny atmosféry bolo študované v hlbokých vrstvách arktického ľadu alebo v bublinách uzavretých vo fosílnych živiciach. Stupeň prekysličenia prostredia možno vyvodit' z petrografických charakteristík sedimentov (farba, obsah sírníkov, obsah organickej hmoty apod.) a z fosílny obsahu vrstiev, pretože nároky jednotlivých organizmov na množstvo kyslíka sa odlišujú.

Obsah kyslíka vyšší ako 0,3ml/l (obvykle nad 1,0ml/l) umožňuje existenciu bohatej fauny s vápnitými schránkami, **bioturbácia je intenzívna**. Množstvo dostupného kyslíka má vplyv na energetickú bilanciu organizmov. Jeho zníženie môže viesť k redukcii veľkosti, hrúbky, a skulptúry schránok, ktorých tvorba je energeticky náročná. Niektoré aeróbne organizmy môžu prežiť určitú obmedzenú dobu i v anaeróbnom prostredí. Príkladom môžu byť niektoré lastúrniky, ktorí prežívajú anatoxické obdobie vznikajúce v dobe sezónneho premnoženie fytoplanktónu.

Všeobecne možno povedať, že znížené množstvo kyslíka lepšie znášajú jednobunkové organizmy a organizmy bez schránok než mnohobunkové a formy so schránkami.

6.7.6 Obsah oxidu uhličitého (CO₂)

Oxid uhličitý, ako zdroj uhlíka pre fotosyntetizujúce organizmy, ovplyvňuje svojim množstvom ich bioprodukcii a pre rastliny je jedným z najdôležitejších faktorov. V atmosfére dochádza k rýchlemu vyrovnávaniu obsahu CO₂. Pre suchozemské rastliny nie je oxid uhličitý

faktorom, ktorý by obmedzoval intenzitu fotosyntézy. Je však zaujímavé, že najvyššiu produktivitu dosahujú rastliny pri trojnásobnej koncentrácii CO_2 .

Do vody sa dostáva oxid uhličitý buď rozpustením z atmosféry, alebo ako produkt katabolizmu či mineralizácie odumretej organickej hmoty. Pretože je spotrebovaný pri fotosyntéze, znižuje sa jeho množstvo behom dňa vo fotickej zóne (hlbka do, ktorej preniká svetlo). Smerom do hĺbky sa jeho obsah zvyšuje. Obsah oxidu uhličitého zvyšuje kyslosť vody a v dôsledku toho sa zvyšuje aj rozpustnosť CaCO_3 . To sťažuje organizmom sekréciu vápnitých schránok poprípade sa ich hotové schránky rozpúšťajú. S pribúdajúcou hĺbkou možno v mori rozlíšiť 3 rôzne úrovne nasýtenia uhličitanom vápenatým. **Lyzoklína** je hĺbka, v ktorej dochádza k náhlemu zvýšeniu rozpustnosti CaCO_3 . Nad lyzoklínou sú vápenaté schránky dobre zachované, pod ňou javia stopy rozpustenia.

Kritická karbonátová hĺbka je úroveň, pod ktorou sa CaCO_3 podieľa na zložení hlbokovodných sedimentov menej ako 10 percentami.

Karbonátová kompenzačná hĺbka (v angličtine skracovaná ako CCD) vyznačuje v hlbokomorských prostrediach úroveň, pod ktorú sa zachovávajú sedimenty len bez karbonátov. V rôznych oblastiach oceánu je táto hĺbka rôzna. O karbonátovej kompenzačnej hĺbke je účelné hovoriť len v hlbokomorských častiach oceánov.

Poznámka: Rôzne modifikácie CaCO_3 majú rôznu rozpustnosť. Podľa toho sa líši ich kompenzačné hĺbky. Najhlbšie leží kalcitová kompenzačná hĺbka v severnom rovníkovom Atlantiku (až 5,4 km), v Tichom oceáne sa pohybuje medzi 4-5 km a v polárnych oblastiach je 3-3,5 km hlboko. Aragonitová kompenzačná hĺbka je vzhľadom k väčšej rozpustnosti aragonitu menšia, kolíše medzi 500 m v Tichom oceáne a 2500 m v Atlantiku. Pod karbonátovou kompenzačnou hĺbkou nežijú napr. dierkavce s vápnitými schránkami, žijú tu len druhy, ktoré si tmelia schránky z cudzorodých zrní, najčastejšie piesočných (aglutinované foraminifery).

6.7.7 Hustota a viskozita vody

Hustota a viskozita vody sú ekologické faktory meniace sa s teplotou a salinitou vody. Oba faktory majú vplyv na tvar a stavbu tela vodných živočíchov a tvar a stavbu ich pohybových orgánov.

V teplejších vodách s menšou mernou hmotnosťou vody a menšou viskozitou sa musia planktonické organizmy viacej brániť klesaniu než v chladných vodách. Napr. planktónické dierkavce žijúce v trópoch majú tenšiu, morfológicky členitejšiu schránku s väčšími pórmami a dlhšími výbežkami a ihlicami.

6.7.8 Zakalenie vody

Jeho stupeň závisí na množstve častíc vznášajúcich sa vo vode. Zakalenie vody obmedzuje prenikanie svetla do hĺbky, a tým aj výskyt fytoplanktónu. To predstavuje zreteľný úbytok potravy pre množstvo živočíšnych skupín, hlavne filtrátorov, a v dôsledku toho i vyšších trofických úrovní. Okrem nedostatku potravy škodia filtrátorom (požieračom suspenzie) taktiež pohybujúce sa častice piesku, ktoré sú pre nich nestráviteľné a zraňujú ich jemné tkanivá. Pre tráviaci systém niektorých ramenonožcov je vysoký podiel anorganických častíc v suspenzii príliš veľkou záťažou, a preto sa v takomto prostredí obvykle nevyskytujú. V zakalených vodách žijú hojnejšie len rôzne červy (v sedimentoch tohto prostredia sa často vyskytujú ich stopy), niektoré lastúrniky, z ramenonožcov je to rod *Lingula* a iné organizmy.

6.7.9 Prúdenie a turbulencia prostredia

Morská voda je v stálom kolobehu. Teplotný gradient medzi pólmi a rovníkom vyvoláva silné prúdenie vzduchu, ktoré spolu so zemskou rotáciou vytvára stále vodné prúdy. Okrem povrchových prúdov riadených vetrom existujú aj hlbinné prúdy vyvolané rozdielmi v teplote a salinite vodných mas. Táto cirkulácia vody je taká účinná, že stagnácia oceánskych vôd je v hĺbkach oceánov pomerne zriedkavým javom. Systém veľkých oceánskych prúdov významným spôsobom ovplyvňuje migráciu a rozšírenie organizmov.

Turbulencie alebo vírenie vody vznikajú pôsobením vetra. Na hladine sa účinky vetra prejavujú vlnením. Turbulencia vody zasahuje dno od supralitorálu až po hĺbku okolo 40m. Za veľkých búrok alebo tsunami zasahuje vírenie vody aj do väčších hĺbok. Turbulencia vody je rovnako ako prúdenie vody dôležitým faktorom zaisťujúcim prísun potravy a kyslíka a tiež odnos vylučovaných škodlivých látok. K nepriaznivým vplyvom turbulencie patrí pohyb (vírenie) sedimentu. To znemožňuje uchytenie sesilného bentosu a pochováva drobnú bentóznú faunu. Môže spôsobovať rozvírenie častíc sedimentu do suspenzie a vzniká zakalená voda. Zabraňuje sa alebo veľmi obmedzuje výskyt požieračov suspenzie, ktorí síce vyhľadávajú turbulentné vody, ale tam kde je pevné skalnaté alebo aspoň hrubé piesočnaté dno. Okrem výskytu špecifického živočícha indikuje turbulentnú zónu spoľahlivo litológia. Litologické znaky turbulentných morských sedimentov majú psamitické sedimenty (transgresné pieskovce a zlepenec), je tu výskyt čerín a hrubé schránky bentosu, alebo prevaha pripevnených, zakotvených a vrtavých foriem.

6.7.10 Salinita

Salinita čiže slanosť morskej vody udáva, aký obsah solí je rozpustený vo vode. Množstvo soli sa udáva v promile (‰). Priemerný obsah solí v morskej vode je 35‰, čo znamená, že na 1000 dielov vody pripadá 35 dielov soli. Normálna sladká voda ma menej ako 0,5‰ rozpustených solí. Zatiaľ čo v sladkých vodách prevláda CaCO_3 , v moriach NaCl a sírany. Možno to vysvetliť tým, že uhličitany prinášané do morí riekami sú spotrebované organizmami na tvorbu schránok a po ich smrti sú schránky ukladané do sedimentu. NaCl dosiahla dnešnej koncentrácie za dlhé geologické obdobia. Prírastok je však taký pomalý, že sa salinita oceánov behom fanerozoika (od prvohôr po dnes) výrazne nezmenila.

Voda s obsahom solí nižším než v morskej vode a vyšším, než má sladká voda, sa nazýva **brakická**. Brakická voda sa vyskytuje obyčajne tam, kde sa mieša sladká a slaná voda (ústie rieky Temža, Amazon,) a v moriach, ktoré sú vysladzované (Kaspické more, Baltské more,).

Salinita vody má veľký vplyv na rozšírenie organizmov hlavne pre svoj vysoký osmotický tlak. Medzi sladkovodnými a morskými živočíchmi sú značné rozdiely vo stavbe telesného pokryvu a osmoregulačných orgánov (obličky), ktoré sú zapojené do procesu výmeny iónov. Mnoho živočíšnych foriem sa preto vyskytuje výhradne v normálnej slanej vode. Sú to napríklad hlavonožce, ramenonožce, väčšina ostnokožcov, väčšina foraminifér, atd. Iné formy majú väčšiu odolnosť proti zmenám salinity a vyskytujú sa i v brakických vodách.

6.8 Vzájomné vzťahy organizmov

Organizmy môžu žiť jednotlivo, izolovane (solitérne organizmy) alebo v kolóniách (kolóniové organizmy). Skupinu jedincov toho istého druhu tvoria society (napr. pár, stádo alebo krdeľ,). Združovanie (sociabilita) je vyvolaná vnútornými pudmi a inštinkami. Society môžu byť reprodukčné (napr. rodina, hniezdiaca kolónia a pod.) alebo nereprodukčné (roj, hybernujúca skupina a i.).

Vnútrodruhové vzťahy:

- solitárne
- stádovité
- kolóniové
- párové

- teritoriálne

Akčný priestor hájený jedincom, párom alebo skupinou proti ostatným príslušníkom rovnakého druhu sa nazýva **teritórium**. V období hájenia teritória sa prejavuje druhovo špecifické teritoriálne chovanie. V dobe premnoženia populácie prechádza teritoriálne chovanie v silný antagonizmus. Medzi jedincami začína boj o potravu, úkryt a priestor. Stres zvyšuje úmrtnosť v populácii. Konkurencia sa prejaví i pri normálnej početnosti, ak je niektorá životná potreba nedostatočne pokrytá. Stupňuje sa tým túlavosť a jedinci migrujú na menej vhodne obsadené stanoviská.

6.9 Medzidruhové (interšpecifické) vzťahy.

Populácie jednotlivých druhov v určitom prostredí sú vzájomné späté celou sieťou vzťahov. Tieto vzťahy sa behom vývoja a evolúcie ekosystémov menia, stávajú sa stále zložitejšími, pribúdajú kladné vzťahy a záporné vzťahy sa skôr redukujú. Novo vznikajúce ekosystémy majú naopak vyššie percento záporných medzidruhových vzťahov.

Komplex medzidruhových vzťahov tvorí veľmi zložitú sieť a často pôsobí nepriamo cez niekoľko medzistupňov (napr. početné stavy populácie sibírskeho tigra závisia na veľkosti úrody orieškov borovice kórejskej, ktorá je potravou divokých prasiat – hlavná korisťou tigrov). Z toho dôvodu je niekedy problematické stanoviť mieru vzájomnej závislosti druhov alebo odhadnúť celkový dopad zmien v ekosystéme, napr. pri vyhubení alebo introdukcii nových druhov.

Interšpecifické vzťahy sa delia do 8 základných skupín podľa vzájomnej prospešnosti:

- neutralizmus
- komenzalizmus
- protokooperácia
- mutualizmus
- amenzalizmus
- kompetícia
- parazitizmus
- predácia

Neutralizmus

Populácia sa navzájom nijako neovplyvňujú. Neutralizmus je tam, kde ekologické niky dvoch alebo viacerých druhov sú diametrálne odlišné. Vzhľadom k tomu, že vzťahy v ekosystémoch sú veľmi zložité a existuje mnoho medzistupňov, ktorým zatiaľ dobre nerozumieme, je možné, že takýto vzťah ani neexistuje.

Neutralizmus je akosi východiskovou teoretickou kategóriou, z ktorej sa odvodzujú vzťahy kladné (synergické či symbiotické) a záporné (antagonistické alebo antibiotické).

Komenzializmus

Vzájomné spolužitie je výhodné pre populáciu jedného z partnerov (komezála), ktorý z neho má (väčšinou potravinový) prospech. Druhá populácia (hostiteľ) nie je nijako, ani kladne ani záporne, dotknutá. Vzťah môže prebiehať v najrôznejšej intenzite od veľmi voľného až po trvalé väzby.

Poznámka: Komenzializmus môže prechádzať tak do protokooperácie, tak do parazitizmu (niekedy len individuálnych prípadoch). Príkladom môžu byť balamusy (fúzonôžky), ktoré sa prichytávajú na veľryby. Pri ich premnožení veľryby odchádzajú do studených vôd, kde balamusy hynú.

Protokooperácia

Obe populácie majú so vzájomného spolužitia prospech, ale nie sú na sebe závislé. Vzťah môže byť opäť len voľný dočasný (zimné združovanie rôznych druhov vtákov do krdľov) alebo trvalejší (tzv. aliancie), napr. rak pustovník a sasanka alebo pštrosy s veľkými kopytníkmi na savane.

Mutualizmus

Dve alebo viacero populácií sa v uspokojovaní svojich potrieb podporujú vzájomne tak, že žiadna nemôže v prirodzených podmienkach prežiť bez druhej. Patria tu vzťahy medzi niektorými rastlinami a ich opeľovačmi, alebo medzi hrochom a jeho čistiacími rybkami. Príkladom je aj spolužitie huby a riasy v lišajníkoch.

Amenzializmus (antibióza, allelopatia)

Jedna populácia (inhibitor) obmedzuje vylučovanými metabolitmi (inhibitory – napr. fytocidmi alebo antibiotikami) druhú populáciu (amenzál) v raste či rozmnožovaní alebo jej dokonca môže privodiť smrť. Sama však nie je nijako obmedzovaná alebo dotknutá. Tento vzťah je známy najmä u mikroorganizmov (baktérie, huby), ktoré sa vylučovaním allelopatických látok bránia proti súťaženiu (kompetícii) Vo vodných ekosystémoch môžu byť príkladom tzv. vodné kvety - premnoženie siníc, pri ktorom ich vylučované sekrety otrávia

vodu a spôsobia hromadné uhynutie ostatných organizmov. (Tento jav je v moriach nazývaný červený príliv.

Kompetície (konkurencia, súťaženie)

Populácia dvoch alebo viacej druhov sa navzájom negatívne ovplyvňuje čerpaním rovnakých životných potrieb z toho istého priestoru. Pri kompetícii má hlavný význam rozsah prekrývania ekologických nik zúčastnených druhov. Jedinci druhu pri tom nemusia byť v priamom kontakte. Môžu napríklad využívať rovnaký potravinový zdroj v rôznu dennú dobu. Ide hlavne o potravinové niky, priestorové, úkrytové a časové. Kompetícia vedie buď to k tomu, že populácie oboch druhov trpia nedostatkom, alebo jedna druhú vytlačí zo spoločného priestoru, prípadne ich dlhodobé spolužitie vedie k takej diferenciácii ich nik, že im umožní žiť v rovnakom priestore. Kompetícia je teda jedným z prejavov darvinovského „boja o život

Parazitizmus

Jedna populácia (paraziti, cudzopasníci) napadá druhú (hostiteľ'a) a získava z nej pre seba potravu takým spôsobom, ktorý je pre hostiteľ'a škodlivý, nevedie však k jeho okamžitému zániku. Na povrchu tela hostiteľ'a žijú ektoparazity, vo vnútri tela endoparazity. Parazitizmus môže byť príležitostný čiže fakultatívny, prejavuje sa napr. u niektorých pijavíc, alebo nezbytný (obligatórny), keď cudzopasník nemôže bez svojho hostiteľ'a žiť. Obligatórny parazity bývajú často vysoko špecializovaný a majú tendenciu rozvíjať rozmnožovacie ústroje a redukovať zmyslové a pohybové orgány. Niektoré parazity opotrebujú k svojmu vývoju viac druhov (medzihostiteľ). Existujú dokonca aj parazity parazitov (hyperparazity). Zvláštnym druhom parazitizmu je patogénia, keď mikroskopický cudzopasník (prvky, víri, baktérie, atď.) vyvolávajú v tele hostiteľ'a rôzne infekčné ochorenia. Výskum fosílnych parazitov je obmedzený na prípady, keď sa pôsobenie parazita prejavuje zmenou tvrdých častí hostiteľ'a (háľky na listoch treťohorných stromov, alebo „nádory“ po myzostomátnych červoch na stonkách ľalioviek a koralitoch rodu *Heliolites*).

Predátorstvo

Jedna populácia (predátori) napadá inú populáciu (korisť) a pre potravu ju aj hneď zabíja. Predátori sú obyčajne väčší a rýchlejší ako korisť a sú len zriedka obmedzený na jeden druh koristi. Populácia predátora a jeho hlavnej koristi sú na sebe závislé, najmä čo sa týka populačnej hustoty, ktorá sa časom cyklicky mení. V rámci vzťahov medzi predátorom a korisťou sa u oboch populácií vyvinulo mnoho špecifických prispôbení. Predátor má dobre

vyvinuté zmyslové orgány a stereoskopické videnie, dravé prispôsobenie ústnych orgánov a končatín alebo chápadiel. Korisť má umiestnenie očí po stranách hlavy, aby videla široké okolie, má vysokú plodnosť, krycie sfarbenie a chovanie, chemickú ochranu, mechanická ochrana (trne, panciere) a pod. Predátorstvo je asi najrozšírenejším vzťahom medzi organizmami v prírode.

6.10 Chemická interakcia medzi organizmami

Organizmy vylučujú do prostredia množstvo organických látok, ktorými ovplyvňujú jedincov rovnakého druhu v rámci biocenózy.

Vnútrodruhové interakcie:

- Autotoxíny
- Feromóny

Látky s vnútrodruhovými chemickými vplyvmi sú autotoxíny a feromóny. **Autotoxíny** sú produktmi metabolizmu, ktoré sú toxické alebo brzdiace (inhibujúce) pre jedincov tej populácie, ktorá ju produkuje. Sú to prostriedky vnútrodruhovej kompetície. Významné sú autoinhibítory, ktoré bránia tomu, aby hustota populácie nedosiahla pre druh škodlivej hustoty (napr. látky obmedzujúce tvorbu semien vyšších rastlín alebo ich klíčivosť). **Feromóny** sú látky, ktoré sprostredkujú informácie slúžiace k vyhľadávaniu jedincov opačného pohlavia, k navodeniu sexuálneho chovania, alebo poplašné či obranné signály, či vyznačeniu teritória alebo chodníčkov.

Medzidruhové interakcie (allelochemické):

- Allomóny
- Kairomóny –
- Sinomóny
- Inhibítory

Chemické látky s medzidruhovými vplyvmi sa označujú súhrnne ako látky allelochemické. Podľa účinku ich rozdelíme na allomóny, kairomóny, sinomóny a inhibítory. **Allomóny** poskytujú organizmu, ktorý ich produkuje výhody. Patria sem látky, ktoré odpudzujú, uľahčujú útek (napr. farba vypúšťaná sépiami), brzdi alebo vytláča iné konkurenčné

druhy, otravujú korisť, modifikujú rast iného druhu alebo látky priťahujúce korisť k predátorovi. **Kairomóny** poskytujú výhody organizmu, ktorý ich prína. Sú to napríklad látky informujúce o umiestnení potravy, látky upozorňujúce na jedovatosť alebo hormóny ovplyvňujúce priaznivý rast prijímacieho organizmu. **Sinomóny** sú vhodné tak pre produkujúci, tak pre primajúci organizmus (napr. vôňa či zápach kvetov rastlín). **Inhibítory** brzdia rast ostatných druhov alebo otravujú okolie bez výhody pre producenta. Patria sem napr. bakteriálne toxíny alebo toxíny vylučované sinicami.

6.11 Potrava

K tomu, aby jednotlivé organizmy mohli udržiavať stabilné vnútorné prostredie, rásť a rozmnožovať sa, musia získavať energiu a materiál. Zdrojom energie i materiálu je u živočíchov potrava, ktorú získavajú z okolitého prostredia. Obvykle sa za ňu nepovažuje kyslík, či voda, takže pojem potrava možno zúžiť na látky organické (rastlinné i živočíšne), živé, mŕtve alebo sa rozkladajúce. Anorganické látky získavané rastlinami z vonkajšieho prostredia, nutné pre fyziologický rast a rozmnožovanie nazývame živiny.

Druh, akosť a výživná hodnota potravy má základný význam pre život organizmov. Ovplyvňuje chovanie a rozmnožovanie živočíchov (napr. perloočky sa pri dostatku potravy množia partenogeneticky, pri jej nedostatku pohlavne). Požiadavky na množstvo potravy môžu byť u rôznych živočíchov rôzne, a to i pri ich rovnakej veľkosti. Mladší jedinci majú relatívne väčšiu spotrebu potravy než starší. Homoioterní stavovce regulujúci si telesnú teplotu potrebujú relatívne viacej potravy ako poikilotermové. Významné je i zloženie potravy. Živočíchovia dávajú väčšinou prednosť určitému typu potravy. Preferovaná potrava sa v priebehu ontogenézy niekedy výrazne mení. K zmenám potravy vedú aj mimoriadne udalosti, ako dlhotrvajúce suchá, dažde apod. Organizmy potom prechádzajú z prednostnej potravy na potravu núdzovú. Nedostatok preferovanej potravy môže vyvolať fyziologické a morfológické prispôsobenia sa, takže zmena potravy má aj evolučný význam.

Podľa toho, v akej podobe získavajú organizmy zo svojho okolia uhlík potrebný k výstavbe svojich tel, ich rozdeľujeme na:

- **autotrofné** (producenti) - fototrofné a chemotrofné
- **heterotrofné** (konzumeti) - biofágy : fytofágy
zoofágy nekrofágy
- **mixotrofné**

Heterotrofné organizmy podľa typu potravy:

- bylinožravce (herbivora)
- mäsožravce (karnivora)
- nekrofágy (mrchožrúti)
- všežravce (omnivora)

Organizmy podľa spôsobu získavania potravy:

- požírači substrátu
- požírači suspenzie (filtrátori)
- Podľa veľkosti získavanej potravy:
 - mikrofágy
 - makrofágy.

Autotrofné (producenty) organizmy – využívajú CO₂ - a **heterotrofné** (konzumenty) – ako zdroj uhlíka im slúžia organické zlúčeniny.

Podľa zdroja energie možno organizmy deliť na fototrofné (získavajú energiu zo svetla) a chemotrofné (získavajú energiu oxidáciou organických alebo anorganických zlúčenín). Pre baktérie všeobecne platí, že spôsob získavania energie a spôsob získavania uhlíka sú navzájom nezávislé. Preto môžu byť baktérie fotoautotrofné, chemoautotrofné i chemoheterotrofné.

Pre mnohobunkové organizmy, používame len pojmy **autotrofné** alebo **heterotrofné**, pretože u nich existuje medzi spôsobom získavania energie a spôsobom získavania uhlíka jednoznačná súvislosť. Baktérie a prvoky, ktoré môžu získavať uhlík oboma spôsobmi (autotrofnou fixáciou CO₂ alebo asimiláciou organickej látky) označujeme ako **mixotrofné** organizmy.

Heterotrofné organizmy rozdeľujeme ďalej podľa typu potravy a spôsobu jej získavania do niekoľko potravinových skupín. Líšia sa od seba predovšetkým vytváraním ústnych a zažívacích orgánov, diferenciaciou tráviacich, zažívacích a iných funkcií spojených s metabolizmom a takého chovania spojeného so získavaním potravy. Podľa toho, či konzumujú iné živé organizmy, alebo uhynuté organizmy alebo rozkladajúce sa telá, delia sa na **biofágy** a **nekrofágy**. Biofágy sa delia ďalej na fytofágy (kam patria bylinožravce a rastlinný cudzopasnici), a na zoofágy (kam patria dravci a živočíšny cudzopasnici).

Bylinožravce (herbivori) sa živia rastlinnou potravou. Patria tu živočíchy najrôznejších veľkostí. Môžu byť špecializované na určité druhy rastlín alebo na ich určité časti.

Poznámka: Ako príklad poslúžia slony a losy požierajúce vetvy s listím, medvedík koala vysoko špecializovaný na listy eukaliptov, kolibríky sajúce nektár z kvetov alebo hlodavce živiace sa orechmi a zrnom. Veľmi vyhraneným potravinovými špecialistami sú väčšinou bylinožravé druhy hmyzu.

Mäsožravce (karnivori) sa živia mäsom iných živočíchov, ktoré lovia a zabíjajú. Často sú špecializované na lov určitých skupín. Napríklad vorvane sa živia prednostne hlavonožcami, vydry a kormorány lovia ryby, tigre preferujú divoké prasatá. Špecializácia môže byť veľmi výrazná. Napr. pavúky *Mastophora* lovia výhradne samčekov dvoch druhov nočných motýľov. Existujú aj špecialisti, ktorý svoju korisť nezabíjajú, ale živia sa jej krvou – napr. upíry. Zvláštnym prípadom mäsožravosti je kanibalizmus, kedy sa vzájomne požierajú jedinci toho istého druhu.

Nekrodágovia (požierači mŕtvov) sa živia mŕtvymi telami alebo časťami tiel uhynutých živočíchov, ktoré doposiaľ nie sú v rozklade. Patria sem napríklad hyeny, supi, krabi alebo z chrobákov hrobáriky. Zvláštnou skupinou sú tzv. saprofágovia, ktorí pojedajú rozkladajúce sa a hnijúce telá živočíchov a rastlín.

Všežravce (omnifágovia, omnivori) sú živočíchy, ktoré konzumujú rastlinnú i živočíšnu potravu. Je to dosť heterogénna skupina, pretože sa v nej vyskytujú tak typy, ktoré vznikli z bylinožravcov, tak i typy vyvinuté z mäsožravcov. Zo známych zvierat sem patria napríklad medvede a primáty (aj ľudia).

Ďalších niekoľko skupín je vymedzených skôr podľa spôsobu získavania potravy a s predchádzajúcimi skupinami sa čiastočne prekrývajú.

Požierači substrátu konzumujú organický detrit, ktorý sa hromadí na povrchu alebo vo vnútri sedimentu. Niektorí z nich dávajú prednosť len určitému typu substrátu, iní nie sú v tomto smere špecializovaný. Organickú hmotu, ktorou sa požierači substrátu živia, buď pred skonzumovaním oddeľujú od ostatných anorganických častíc, alebo ju pojedajú bez výberu i so sedimentom. Medzi vyberajúcimi požieračmi substrátu patrí väčšina „upratovačov“ (metari, scavengers), ako sú niektoré kraby, trilobity, raje apod., ktorí zbierajú organické zvyšky na morskom dne. Druhú skupinu zastupujú holotúrie.

Požierači suspenzie (filtrátory) sa živia chytaním a filtrovaním organických čiaštočiek a mikroorganizmov vznášajúcich sa vo vode. Na tento účel majú vyvinuté špeciálne lapacie

zariadenia (lofofóry, chápadlá pokrytá slizom, vence ramien apod.). Často patria k sesilnému bentosu. Z morských organizmov možno menovať hubky, korály, machovky, ramenonožce, ľaliovky a zo stavovcov veľryby (kosticovce), ktoré sa živia prevažne planktonickými krylom, ktoré zachytávajú na svojich kosticiach.

Dôležitá skupina živočíchov sú tie, ktoré sa živia spásaním povlakov siníc, rias a mikroorganizmov a oškrabovaním z tvrdých podkladov. Výrazná redukcia stromatolitov v neskoršom prekambriu pravdepodobne súvisí so vznikom a rozvojom mnohobunkových organizmov živiacich sa týmto spôsobom.

Zaujímavou skupinou sú formy organizmov získavajúci živiny z okolia osmoticky najčastejšie celým povrchom tela. U mikróbov a rastlín je to základný a praktický jediný spôsob výživy. Z mnohobunkových živočíchov sa takto živia niektoré endoparazity.

6.12 Prispôsobenie organizmov prostrediu

Podľa prispôsobeniu sa rôznym prostrediam možno organizmy deliť do rôznych skupín.

Prehľad v paleoekológii najvyužívanejších termínov pre živočíchy.

- **Pelagos** – všetky organizmy žijúce vo vodnom stĺpci (nekton + plantón)
- **Planktón** – organizmy vznášajúce sa vo vode a schopné obmedzeného vlastného pohybu (fytoplanktón, zooplanktón)
- **Nektón** – aktívne plávajúce organizmy schopné dlhodobého cieleného pohybu vo vode (kalamáre, ryby, delfíny, žraloky apod.)
- **Bentos** – organizmy žijúce na dne alebo hrabajúce či vrtajúce sa v sedimentoch dna
 - vagilný bentos pohybuje sa po dne
 - sesilný bentos je presadnutý, pripevnený či nehybne ležiaci na dne alebo zahrabaný do substrátu.
 - nektobentos – je schopný aktívneho plávania, ale väčšinu života trávi na dne.
- **Infaua** – tiež endobionti – organizmy žijúce vo vnútri substrátu (zvláštnou skupinou je intersticiálna fauna, ktorá žije medzi zrnkami piesku)
- **Epifauna** – tiež epibionti – organizmy žijúce na povrchu substrátu
- **Edafon** – organizmy žijúce v pôde
- **Nekros** – odumreté telá unášané morským prúdom

Rastliny sa podľa toho, ako sú prispôsobené k prekonávaniu nepriaznivých podmienok, delia do šiestich skupín.:

- **Epifyty** – rastú na iných rastlinách, ale neparazitujú na nich, nemajú korene v pôde.
- **Fanerofyty** – rastliny väčšie vzrastu (stromy, kríky, liany), ktoré majú obnovovacie pupene v zime nad snehom, pred nepriaznivými podmienkami sú chránené len svojimi obalmi.
- **Chamaefyty** – rastliny menšieho vzrastu alebo poľahlé, ktoré majú obnovovacie pupene nízko nad povrchom pôdy, v zime bývajú chránené snehovou pokrývkou
- **Hemikryptofyty** – majú obnovovacie pupene uložené na samom povrchu pôdy, pred nepriaznivými podmienkami sú navyše chránené vrstvou živých a odumretých listov.
- **Kryptofyty** – pretrvávajú nepriaznivé obdobia v podzemných orgánoch, patria sem i vodné rastliny (hydrofyty), ktoré sú v zime ukryté pod vodou.
- **Terofyty** – jednoročné rastliny, nepriaznivé obdobia prežívajú v semenách alebo výtrusoch.

Prispôsobenie organizmov k prostrediu nazývame **adaptácia**. Adaptácie môžu byť morfológické, fyziologické alebo sa môžu prejavovať určitým chovaním (adaptácie etologické). Štúdium adaptívnej funkčnej morfológie má v paleoekológii značný význam pri zisťovaní charakteru prostredia, v ktorom organizmus žil.

Existujú tri metodologické prístupy ku štúdiu adaptívnej funkčnej morfológie fosílnych organizmov.

- 1) Ak fosília patrí k druhu, ktorý doposiaľ žije alebo jej blízky príbuzný, môžu byť vzťahy morfológie k funkcii pozorované priamo. Toto je metóda homológie užívaná porovnávaciu anatómiu a fyziológiu.

Poznámka: Funkcia určitého morfológického znaku môže byť na prvý pohľad zrejmá: napr. klinovitý tvar schránok hrabavých lastúrníkov uľahčujúce prenikanie do sedimentu, dlhé stonky ľalioviek udržiavajú kalich mimo dosah zvířených častíc sedimentov, alebo klepetá krabov slúžiacich k drveniu koristi. V iných prípadoch (a to i žijúcich druhov) funkcia bezprostredne zrejmá nie je. Porovnaním morfológie zubov fosílnych a recentných cicavcov umožňuje zistiť, akému druhu potravy boli prispôsobené (u jaskynných medveďov bolo zistené, že boli skôr všežravce ako výhradne mäsožravce).

- 2) Funkčný význam morfológických znakov u fosílií môže byť vysvetlený analógiou k morfológicky podobným znakom u recentných druhov, ktoré nie sú fosílnym druhom príbuzné.

Napr. hydrodynamický tvar tela rybojašterov je rovnaký ako u iných rýchlo plávajúcich stavovcov (žraloky, veľryby a ryby). Stáčanie tiel trilobitov má ochrannú funkciu rovnako ako u recentných suchozemských kôrovce. Trne u produktívnych ramenonožcov bráni zapadaniu do mäkkého substrátu, rovnako ako trne na schránkach recentných lastúrníkov rodu Spondylus.

- 3) Funkcia morfológického znaku môže byť určená nepriamo i štúdiom mechanických vlastností (modelovaním a pozorovaním recentných druhov).

6.13 Faktory vplývajúce na adaptáciu

Na adaptáciu organizmov majú značný vplyv niektoré abiotické faktory prostredia, v ktorom organizmus žije.

Svetlo

Znižujúcej sa intenzite svetla sa organizmy prispôbujú rôzne (v paleontológii môžeme zistiť napr. zväčšovanie očí). V úplnej temnote sú organizmy obyčajne slepé. Temavé prostredie vedie niekedy k vývoju svetelných orgánov, ktoré slúžia k druhovej špecifikácii a vzájomnému vyhľadávaniu pohlavne sa rozmnožujúcich živočíchov (svätojánske mušky, ryby, apod.) alebo k lákaniu koristi (ryba diabol morský).

Teplota

Fyziologicky sa prispôbujú organizmy zmenám vonkajšej teploty Homoiotermné (teplokrvné) živočíchy majú rôzne typy izolácie povrchu tela brániace stratám tepla (tuková vrstva, srst', perie). Srst' a perie sa však vo fosílnom zázname zachováva len veľmi vzácne. Na ich prítomnosť u cicavcovitých plazov možno usúdiť podľa drobných otvorov na kostiach horných čeľustí, kde prechádzali nervy k hmatovým chlpom.

Živočíchy so stálou telesnou teplotou majú termoregulačnú schopnosť, ktorú nazývame endotermia. Táto schopnosť v súčasnej dobe je známa u cicavcov a vtákov. Indikátorom poikilotermie („studenokrvnosti“) je prítomnosť koncentrácie svetlejších a tmavších prírastkových vrstvičiek na priečnom reze kosti. Vznikajú podobne ako letokruhy v dreve stromov v dôsledku rôznej intenzity metabolizmu meniaceho sa s teplotou v priebehu roka.

Poznámka: Niektoré homoiotermné živočíchy smerom do chladnejších oblastí plynule zväčšujú veľkosť tela (Bergmannovo pravidlo). Čím je živočích väčší, tým má vzhľadom k svojmu objemu tela menší povrch tela a tým menej energie potrebuje k udržaniu telesnej

teploty. K Bergmanovmu pravidlu sa obvykle priraduje Allenovo pravidlo, podľa ktorého majú niektoré homoiotermné živočíchy v chladnejších oblastiach kratšie uši, zobáky, chvosty, a končatiny než v oblastiach teplejších. Termoregulačné funkcie mohli mať aj vysoké kožovité hrebene na chrbtoch niektorých pelykosauridných plazov (*Edaphosaurus*, *Dimetrodon*), ktoré boli vystužené dlhými chrbtovitými výbežkami stavcov. Tiež morfológia listov krytosemenných rastlín je značne ovplyvnená zmenami klimatických podmienok. V teplých oblastiach majú rastliny prevažne veľké, celookrajové, hrubé listy, kým v chladných oblastiach sú listy často malé, tenké a majú hlboko vykrajované okraje.

Substrát

Prispôsobenie sa životu na pohyblivom alebo nespevnenom substráte je známe zmenou tvaru tela alebo kolónie. Kolónie silúrskych tabulárných koralov rodu *Favosites* sa rôznej únosnosti substrátu prispôbili tak, že na relatívne pevnom piesočnatom dne mali tvar guľovitý alebo bočníkovitý, na mäkkom potom doskovitý až pretiahnutý. Silúrsky ramenonožec *Atrypa reticularis* si na mäkkom substráte vytváral z rozšíreného okraja misiek akýsi límečok zabraňujúci prepadu bahna do vnútorného priestoru schránky. Iné ramenonožce, napríklad permokarmonský rod *Productus*, riešili rovnaký problém hustými trňmi vyrastajúcimi zo spodu misky a vytvárajúcimi akési lešenie pripomínajúce kolové stavby. Vyzdvihnutie do určitej úrovne nad povrch bahnitého dna ich zároveň chránilo, aby pri dýchaní a získavaní potravy nenasávali časti zvráteného sedimentu.

Pohyblivosti pieskov v prílivovej zóne čelia organizmy v nej zahrabané napr. spevňovaním stien svojich chodbičiek slizom, alebo ako rak rodu *Calloanassa*, ich vyzdvihovaním guľôčkami výkalov. Tieto tunely sa nazývajú *Ophiomorpha* a sú indikátorom vysoko energetických prostredí, ako morských, tak i sladkovodných (napr. riečnych).

Adaptácia na vlhkosť pomery stanovísk na súši

Tieto prispôsobenia u živočíchov spadajú skôr do oblastí fyziologických adaptácií (vylučovanie soli kyseliny močovej namiesto čpavku u vtákov). Morfológické zmeny súvisiace s týmito adaptáciami nie sú vo fosílnom zázname väčšinou sledovateľné (napr. zníženie počtu potných žliaz).

Omnoho výraznejšie sú morfológické prispôsobenia vyvinuté u rastlín, u ktorých sú také vďaka sklerotizácii tkanív a ich uhoľnatenie pri fosilizácii dobre rozlíšiteľné i na skamenelinách. Na kutikulách sú to hlavne prieduchy, ktoré môžu byť v suchom prostredí ponorené pod úroveň povrchu listov. U vodných rastlín s plávajúcimi listami sú na vrchnej strane, ktorá je v kontakte so vzduchom a na ponorených listoch úplne chýbajú. Vlhkosti stanoviska sa rastliny prispôbujú taktiež typom, hustotou a veľkosťou koreňového systému

a hĺbkou, do ktorej korene prenikajú k hladine spodných vôd. Okraje listov rastlín na vlhkých stanoviskách sú skôr pľovité, suchomilné ratliny majú skôr celookrajové listy. Pri nadbytku vzdušnej vlhkosti mávajú listy pretiahnuté konce do dlhých úzkych špičiek uľahčujúce odkvapkávanie vody.

Hustota a viskozita

Planktónne dierkavce žijúce v teplých vodách tropických morí, ktoré majú nižšiu hustotu, majú väčšiu pórovitosť schránok (väčší priemer schránok a ich väčšia koncentrácia) ako formy žijúce v chladných vodách polárnych oblastiach. Toto „odľahčenie“ schránok môže súvisieť s nižšou špecifickou hmotnosťou a tým i nižšou vztlakovou silou teplejšej vody. Uvedená morfológická adaptácia zaisťuje splývanie organizmu vo vodnom stĺpci.

Rôzna viskozita vodného a vzdušného prostredia sa prejavuje výrazne rôznym odporom prostredia, čo je hlavne významné u rýchlo sa pohybujúcich organizmov. Vo vode majú prúdnicové tvary tela takmer všetky plávajúce živočíchy, na súši ich majú len vtáci pri lete.

Prúdenie vody a turbulencia vody

V prílivovej zóne sa organizmy často zahrabávajú alebo zavrťávajú (ježovky, vrtavé lastúrniky, vrtavé hubky rodu *Cliona*,...), pevne sa prichytávajú (*Patella*) alebo pricementovávajú k podkladu (ustrice, červy rodu *Vermetus*, *Serpula*,...). Veľmi často si v takomto prostredí vytvárajú masívne schránky, odolávajúce účinkom vlnenia. U húbiek majú jedinci žijúci v pohybovanej (agitovanej) vode nepríliš pravidelné tvary, dokonca nadobúdajú podobu povlakov, v pokojnej vode majú krásny pohárikovitý tvar.

Taktiež životná orientácia organizmov je ovplyvňovaná vlnením a prúdením. Sesílny bentos sa pri slabom prúdení orientuje tak, aby zachytával čo najväčšie množstvo potravy, ktorú voda prináša. Napríklad vejáre rohovitých koralov (*gorgonií*) sú orientované kolmo ku smeru mierneho prúdenia. V silnejšom prúde, ktorý by mohol kostry poškodzovať, rastú vetvovité koralové prevažne vo smere proti prúdu. Kladú tak vode najmenší odpor a znižujú tým pravdepodobnosť rozlmania.

Obdobie nepriaznivých životných podmienok (napr. vysychanie vodných nádrží, príliš vysoké alebo nízke teploty, zmeny slanosti apod.) prežívajú mnohé organizmy v kľudových štádiách. Niektoré bezstavovce a nižšie rastliny tvoria cysty. U rastlín reprezentujú kľudové štádia napr. semená, korene, hl'uzy, pakorene alebo cibule. Mnohé stavovce upadajú v nepriaznivých obdobiach do stavu strnulosti (napr. hibernácia).

6.14 Využitie paleoekológie

Paleoekológia je aplikovaná paleontológia a jej využitie v praxi je mnohostranné.

Poznatky paleoekológie sa uplatňujú v nasledujúcich vedách:

- ložisková geológia (uhlie, uhľovodíky, železo, soľ, íl, olovo, zinok, meď...)
- evolučné vedy
- systematické biologické vedy
- paleobiogeografia
- paleoklimatológia a klimatológia
- stratigrafia
- eventostratigrafia (krátke udalosti zapísané vo vrstvách)

7 Paleobiogeografia

Paleobiogeografia je veda, ktorá sa zaoberá geografickým rozšírením prehistorických organizmov v histórii Zeme. Skúma zemepisné rozšírenie organizmov, zisťuje rozsah, príčiny a zákonitosti rozšírenia organizmov.

Podľa predmetu skúmania rozdeľujeme paleobiogeografiu na:

- *paleobiozoogeografiu*, ktorá sa zaoberá rozšírením živočíchov
- *paleobiofytogeografiu*, ktorej predmetom štúdia sú rastliny
- *paleochorológiu* - náuka o areáli
- *regionálnu paleobiogeografiu* (zoo, fyto), ktorá sa zaoberá členením sveta na celky podľa fauny a flóry, ktorá sa tam vyskytuje
-
- *kauzálnu biogeografiu* (zoo, fyto), ktorá skúma príčiny vzniku jednotlivých rozšírení organizmov

Metodika paleobiogeografie je podobná metodike paleoekológie, zameriava sa však najmä na priestorové vzťahy fosílnych faun a flór, na migráciu organizmov, klimatické závislosti a iné. Aplikácia týchto poznatkov prináša veľa údajov o rozložení súši, sedimentačných paniev, klimatickej zonálnosti a aj o iných činiteľoch, ktoré umožňujú paleogeografické rekonštrukcie.

Podľa rozšírenia fosílnych faun a flór rozlišuje paleobiogeografia paleobiogeografické celky - **paleobiogeografické provincie**. Paleobiogeografickú provinciu tvoria časti morí alebo súše s podobnou faunou a flórou.

Podľa veľkosti členíme biogeografické provincie na:

- ríše – (Recentné členenie je na 3 ríše: severnú, tropickú a južnú ríšu.)
- oblasti (región)
- podoblasti (subregión)
- provincie, subprovincie
- okrsky
- areály

Toto členenie sa v paleobiogeografii nevyužíva, pretože je ťažko uplatniteľné na geologickú minulosť. Paleobiogeografické provincie sa v paleobiogeografii označujú ako paleobiogeografické celky.

Biogeografia je hraničná vedná disciplína, ktorá skúma zemepisné rozšírenie organizmov, zisťuje ich rozsah, stav, príčiny a zákonitosti. Moderná biogeografia sa snaží pochopiť všetky zákonitosti geografickej variácie v prírode od genézy spoločenstiev a ekosystémov (elementov biologickej diverzity), ich zmien v závislosti od polohy na Zemi, zemepisnej šírky, hĺbky a nadmorskej výšky. Je to veda, ktorá sa snaží porozumieť a dokumentovať základy priestorovej a biologickej diverzity.

Objektom biogeografie je biosféra v tom najširšom slova zmysle. **Predmetom** štúdia biogeografie sú vlastnosti biosféry, jej vzťah nielen k ostatným sféram Zeme, ale aj zákonitosti fungovania vnútorných vzťahov v rámci biosfér.

Biogeografia využíva poznatky rôznych vedných odborov, ale hlavne biologických, geografických a geologických. Jej súčasťou je aj **paleobiogeografia**, ktorá sa zameriava na organizmy z minulých geologických dôb. Je to náuka o vývoji organizmov vo vzťahu k zemským vrstvám. Paleobiogeografiu ovplyvňujú pracovné možnosti a postupy paleontológie. Dlhé časové úseky v geologickej minulosti Zeme umožňujú paleobiogeografii sledovať vývoj areálov a biogeografických celkov.

Areál je územie, v ktorom sa vyskytujú jedinci určitého druhu alebo iného taxónu. Je to zemepisný pojem a jeho veľkosť závisí od stupňa prispôsobenia sa druhu rôznym životným podmienkam a od jeho schopnosti prekonať fyzické prekážky. Štruktúra areálu sa mení podľa plošného rozsahu rozšírenia druhu v celom areáli. Hranicu areálu tvorí línia ohraničujúca krajný výskyt skúmaného druhu. Uzavretý priestor v areáli, kde sa skúmaný druh nevyskytuje sa označuje pojmom areálová enkláva. Rozsah areálu nie je stabilný, ale v priebehu času sa mení v závislosti od zmien fyzikálnych faktorov. Areál môže byť súvislý (dobrý kontakt populácií) alebo nesúvislý (kontakt s dlhodobejšou izoláciou). V paleobiogeografii sa termín areál používa na označenie územia s výskytom zvyškov určitého taxónu.

Vývoj areálu

Pri zmene pôsobiacich faktorov sa areál mení, vyvíja. V prírode môžu nastať nasledovné situácie:

- zmenšovanie areálu
- zväčšovanie areálu
- premiestňovanie (translokácia, migrácia) areálu
- umožnenie vzniku nových druhov – špeciácia pri rozpade areálu

Pojmy, s ktorými pracuje biogeografia sú: areál, biotop, centrum vzniku, endemizmus, neoendemizmus, paleoendemizmus, geografický relik, biogeografická provincia, biogeografická oblasť, biom a fácie.

Biotop je miesto výskytu druhu, ktoré danému druhu najlepšie vyhovuje z hľadiska jeho životných potrieb (step, lužný les,...). Je to pojem ekologický.

Centrum vzniku je miesto pôvodného mikroareálu, kde druh vznikol. Pri ústupe druhu keď sa areál zmenšuje hovoríme o reliktnom (zvyškovom) areáli.

Endemizmus je jav, kedy sa určitý taxon viaže svojím výskytom k určitému areálu a mimo neho sa prirodzene nevyskytuje. Takýto druh sa označuje slovom endemit. Ak je výskyt určitého endemitu na ústupe ide o paleoendemizmus (regresívny endemizmus - relik), naopak ak sa endemitický taxon rozširuje ide o neoendemizmus (progresívny endemit). Schopnosť druhu šíriť sa na nové vhodné stanovišťa sa označuje pojmom vagilita.

Geografický relik je pozostatok kedysi hojného druhu na malom území.

Biogeografická provincia predstavuje súbor kontinentálnych alebo morských území, ktoré sa vyznačujú podobnou faunou a flórou.

Biom je veľká oblasť našej planéty, ktorej makroklimatické podmienky určujú typ spoločenstiev žijúcich v ňom. Je to rozsiahly ekosystém, ktorý je charakteristický určitým typom vegetácie (napr. tundra, savana, listnatý les).

Fácie do geológie zaviedol A. Gressly (1838), ktorý ich definoval ako súbor litologických a paleontologických črt určitej sedimentárnej horniny. Dnes fáciu definujeme ako súbor znakov ukazujúcich za akých podmienok sedimentárna hornina vznikla.

Faktory ovplyvňujúce geografické rozšírenie rastlín a živočíchov

Hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú zemepisné rozšírenie rastlín a živočíchov na súši sú:

1. evolučné procesy
 - fylogenetický proces, populácia sa adaptuje na prostredie a vznikom nových druhov dochádza k rozšíreniu do nových vyhovujúcich prostredí
 - ekologický proces, v ňom sa vyvíja nové spoločenstvo
 - biogeografický proces je proces, pri ktorom dochádza k zmenám na kontinentoch a v oceánoch
2. pohyby zemskej kôry, sú to hlavne pohyby litosferických dosiek, ktoré sa od seba vzdávajú alebo sa k sebe približujú a menia tak hranice vzniknutých ekosystémov,
3. diverzita prostredia, ekologické faktory sú ovplyvnené rozdielnou nadmorskou výškou, ktorá ovplyvňuje rozšírenie spoločenstiev organizmov
4. stabilita podmienok prostredia je rozhodujúci faktor, každá zmena niektorého ekologického faktoru spôsobuje migráciu alebo vymieranie druhov

8 Biostratigrafia

Geologické procesy prebiehajú na Zemi v určitom čase. Čas je v tomto prípade nevratná veličina, ktorá určuje postupnosť zmien v celom vesmíre. Údaje o čase v geologickej minulosti Zeme získavame zo zemských vrstiev. Úlohe času sa preto v geológii prikladá mimoriadny význam. Bez pochopenia rozsahu geologického času nie je možné správne interpretovať geologické procesy, ktoré formovali zemskú kôru.

Meranie času v geológii je problematické. Trvalo stáročia, kým vedci prišli na to ako zmerať geologický čas. Geologický čas sa zaznamenáva miliardy rokov vo vrstvách sedimentárnych hornín. Tento sedimentárny záznam však nikdy nie je úplný. Prejavujú sa dlhodobé i krátkodobé prerušenia spojené s vynorením, eróziou alebo pohybmi zemskej kôry, preto sa na určenie relatívneho veku zemských vrstiev stanovili princípy.

Vek jednotlivých geologických udalostí, ale aj vznik minerálov a hornín, vývoj života na Zemi môžeme vyjadriť ako:

1. skutočný celkový, rádiometrický (absolútny) vek vyjadrený počtom rokov
2. relatívny vek, ktorým určujeme, čo je staršie a čo je mladšie (časová korelácia)

8.1 Rádiometrické určovanie veku

K meraniu geologického času začiatkom 20. storočia významne prispel objav prirodzenej rádioaktivity. Krátko potom E. Rutherford zistil, že rádioaktívny rozpad jadra uránu a jeho premena na olovo poskytuje zvláštny geochronometer, ktorý spoľahlivo meria čas miliardy rokov. Rádioaktivita tak poskytla teoretický základ pre určovanie veku hornín a minerálov. Vďaka rádioaktívnemu rozpadu sa začal vyjadrovať vek hornín a minerálov v číselnej hodnote času a podarilo sa stanoviť vek Zeme a vesmíru.

Rádioaktívny rozpad patrí k najdôležitejším fyzikálnym metódam na určovanie skutočného veku minerálov a hornín. Na stanovenie skutočného veku rádiometrickými metódami sú vhodné len niektoré minerály a horniny. Použitie rádiometrických metód na datovanie je finančne náročné a často zaťažené až 10% chybou, preto sa v geologickej praxi najčastejšie určuje relatívny vek, čiže miesto skúmanej udalosti zaradenej v časovej postupnosti iných udalostí.

•

8.2 Určenie relatívneho veku

Na určovanie relatívneho veku sa využíva vývoj živých organizmov, ktorý je nevratný v čase. Relatívny vek hornín sa určuje na základe skamenelín, ktoré sa nachádzajú v zemských vrstvách. V tomto prípade využívame časovú koreláciu použitím dvoch stratigrafických zákonov (pravidiel).

- zákon superpozície
- zákon o rovnakých skamenelinách

***Zákon superpozície** (1. stratigrafický zákon) hovorí, že v slede sedimentov (súvrství), ktoré nie sú geologicky porušené, sa mladšia vrstva nachádza nad staršou. Na základe tohto princípu môžeme vidieť súvrstvie ako vertikálny časový záznam, ktorý zaznamenáva časový sled ukladania vrstiev sedimentov od najstaršieho po najmladší. Jeho autorom je Nicolaus Steno (1669). („vrstvy spodnejšie sú staršie ako vrstvy nad nimi“)*

***Zákon o rovnakých skamenelinách** je založený na zhode fosílií v sedimentoch. Zákon vychádza z rozšírenia organizmov v určitej časovej perióde na svete, ich výskyt, alebo naopak ich absencia môže poskytnúť informáciu o relatívnom veku vrstiev. Formuloval ho William Smith (1818) („vrstvy obsahujúce rovnaké skameneliny sú rovnako staré“)*

Biostratigrafia zahŕňa aj zvláštne odbory ako je dendrochronológia, eventostratigrafia, ekostratigrafia, ktoré pomáhajú stanoviť vek na základe počtu a hustoty letokruhov.

8.3 Skameneliny v biostratigrafii

Skameneliny, ktoré nachádzame v zemských vrstvách, nemajú pri určovaní relatívneho veku rovnaký význam. Pre datovanie majú najväčší význam skameneliny, ktoré sa rýchlo vyvíjali a dosahovali veľkého geografického rozšírenia. Takéto skameneliny nazývame **vedúce skameneliny**. Veľmi dobré vedúce skameneliny sú planktonické alebo nektonické morské organizmy. Pomerne dobre k tomuto účelu slúžia aj hojne rozšírené **mikrofosílie** (foraminifery, konodonty, peľové zrnká,...). Paleontologické poznatky sa tak pomocou biostratigrafie aplikujú do stratigrafie.

Biostratigrafická hodnota skamenelín závisí od nasledovných faktorov:

1. relatívne krátky časový rozsah
2. výskyt nezávislý. Type sedimentárnej horniny
3. veľké geografické rozšírenie
4. hojný od svojho vzniku až po vymretie
5. ľahké a jednoduché určenie

8.4 Biostratigrafická tabuľka (stratigrafická tabuľka)

Na základe vývoja života na zemi a zachovaných skamenelín bola zostavená časová škála postupného vývoja zemskej kôry v čase. Táto pomôcka na základe postupnosti vyjadruje vek Zeme a reprezentuje celú jej históriu od jej vzniku. Je rozdelená do niekoľkých časových úsekov (periód) počas, ktorých sa udiali veľké zmeny v biodiverzite Zeme,

Skupina – éra	Útvar – perióda	Oddiel – epocha	Čas v mil. rokov
Antropozoikum – štvrtohory	Holocén	Postglaciál	-0,01
	Pleistocén	Glaciál	-1,6
Kenozoikum – tretohory	Neogén	Pliocén	-5
		Miocén	-25
	Paleogén	Oligocén	-35
Mezozoikum – druhohory		Eocén	-55
		Paleocén	-65
	Krieda		-140
Paleozoikum – prvohory	Jura		-210
	Trias		-250
	Perm		-290
	Karbón		-360
	Devón		-410
Prekambrium	Silúr		-440
	Ordovik		-500
	Kambrium		-600
Prekambrium	Proterozoikum		-2000
	Archaikum		-4000

Obr. 14 Biostratigrafická tabuľka (stratigrafická tabuľka)

8.5 Éry vo vývoji Zeme

Celé obdobie vývoja Zeme rozdeľujeme z hľadiska života na:

- kryptozoikum

- fanerozoikum

Kryptozoikum je obdobie skrytého života, ktoré trvalo do konca proterozoika (starohory).

V rámci Fanerozoika, ktoré začína na začiatku prvohôr, môžeme pozorovať 3 veľké zmeny v biodiverzite. V tomto období začína zreteľný život na Zemi, ktorý sa zachoval vo fosílnom zázname v podobe veľkého množstva skamenelín.

Éry fanerozoika: _

- **Paleozoikum (prvohory)**
- **Mezozoikum (druhohory)**
- **Kenozoikum (tret'ohory)**

Paleozoikum, v preklade znamená „starý život“. Začína pred 544 miliónmi rokov. Vtedy sa objavujú na Zemi hlavné skupiny organizmov, z ktorých väčšina pokračujú do dnešných čias. Organizmy postupne prechádzajú z mora na súš, objavujú sa prvé suchozemské rastliny. Pralesy stromovitých prasličiek a papradí sú postupne nahradené nahosemennými rastlinami, vyvíja sa hmyz, ryby, veľké jaštery a dochádza k evolučným inováciám a prispôsobeniu sa životu na suchej zemi. Koncom prvohôr, v perme, dochádza k veľkému vymieraniu.

Mezozoikum - "stredný život". Po veľkom vymieraní v perme nastáva inovácia vo faune a flóre na Zemi. Z rastlín prevládajú ihličňany, nastupujú cicavce a z plazov sa vyvíjajú dinosaury. V moriach sa darí rybám, hlavonožcom, morským dinosaurom. V kriede sa objavujú kvitnúce rastliny, vtáky nové druhy hmyzu, moderné cicavce. Koncom druhohôr nastáva vymieranie, ktoré postihuje hlavne dinosaury.

Kenozoikum predstavuje "mladý (nový) život" na planéte Zem. Veľký rozmach zaznamenávajú cicavce, kvitnúce rastliny, kostnaté ryby a primáty. V kvartéri nastáva ochladenie a zaľadnenie veľkej časti planéty. Objavujú sa mamuty, jaskynné medvede, gigantické leňochody, mastodonty a iné obrovské zvieratá.

9 Paleogeografia

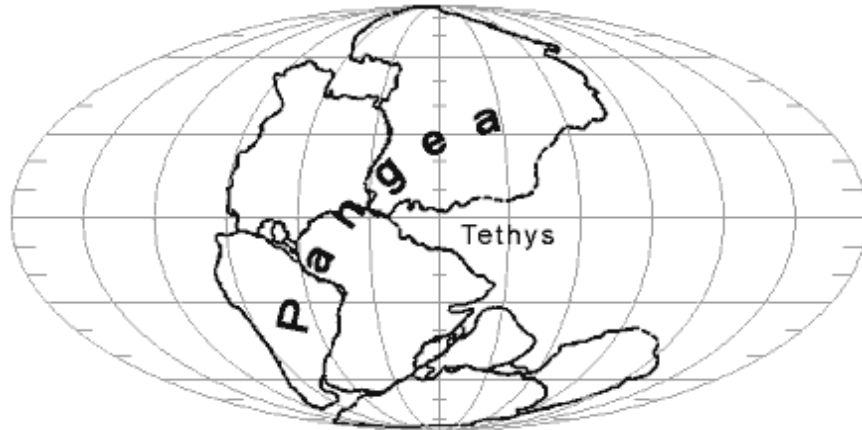
Poloha kontinentov a oceánov bola predmetom diskusii už v 19. storočí. V roku 1885 na základe skamenelých rastlín a glaciálnych sedimentov E. Suess navrhol super kontinent Gondvana, ktorý v minulosti tvorili dnešná Južná Amerika, Afrika a India. Roku 1915 Alfréd Wegener vo svojej knihe „**Pôvod kontinentov a oceánov**“ uviedol vážne argumenty existencie prakontinentu Pangea, ktorý tvorili dnešná Južná Amerika a Afrika. Teória však neposkytovala vysvetlenie mechanizmu pohybu a tak nebola braná vážne. Obrat nastal roku 1963, keď **Frederik Vine a Drumont Matthews** realizovali výskum oceánskeho dna na základe geofyziky. Vznikla nová teória, ktorá vysvetľuje pohyb kontinentov na rozširovaní oceánskeho dna.

Paleogeografia je vedné odvetvie, ktoré rekonštruje geografické pomery na Zemi v jednotlivých geologických obdobiach Zeme. Často je považovaná za súčasť historickej geológie a fyzickej geografie. Z údajov, ktoré paleogeografia zisťuje sú dôkazy o rozložení niekdajších pevnín, morí a oceánov, pohorí, rovín, močiarov, jazier, riek, sopiek, ale aj hĺbky morí, priebeh zlomových línií, priebeh podnebných pásiem, poloha pólův a ďalšie geografické pomery v určitom geologickom období Zeme.

Poznámka Dôkazy, ktoré potvrdzujú pohyb kontinentov, sú viaceré. Rovnaké skameneliny rastlín a živočíchov, ktoré sa na Zemi vyskytovali v prvohorách, nachádzame dnes v Južnej Amerike a v Afrike. Taktiež kontúry kontinentov Južnej Ameriky a Afriky do seba zapadajú tak, že je veľmi pravdepodobné, že v minulosti tvorili jeden celok. Niekoľko metrové sloje čierneho uhlia v Antarktíde naznačujú, že kedysi tento kontinent ležal v inom klimatickom pásme ako dnes.

9.1 Paleogeografické mapy

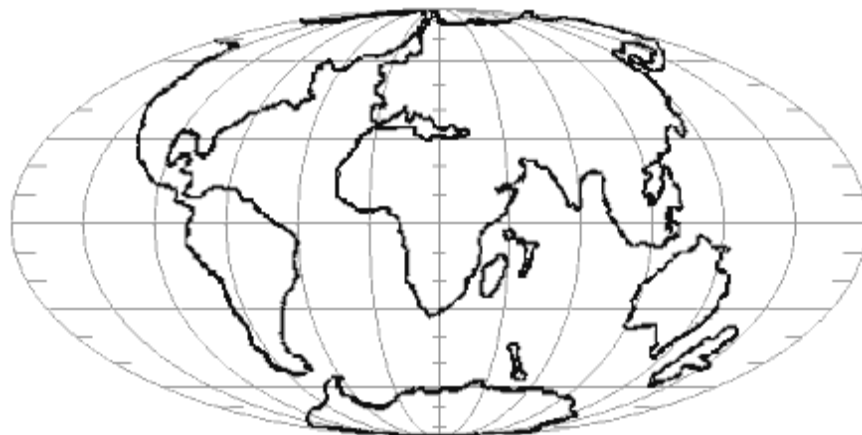
Výsledkom paleogeografických štúdií sú **paleogeografické mapy**. Paleogeografické mapy vytvárajú predstavu o vývoji, tvare a rozložení kontinentov a oceánov, znázorňujú geomorfologickú situáciu zemského povrchu v niektorom z geologických období. Takéto mapy sú celkom presne, ak sa konštruujú pre krátke geologické obdobia (perm, trias, krieda,...).



Obr. 15 Rozmiestnenie kontinentov pred 250 mil. rokov.



Obr.16 Rozmiestnenie kontinentov pred 150 mil. rokov.



Obr. 17 Rozmiestnenie kontinentov pred 20 mil. rokov.

9.2 Paleogeografické interpretácie

Paleogeografia ku svojim interpretáciám využíva údaje, ktoré poskytujú iné geologické disciplíny. Medzi hlavné vedy poskytujúce dáta pre paleogeografické interpretácie patri:

- *paleomagnetizmus*, ktorý študuje remanentný (zvyškový) magnetizmus nachádzajúci sa vo feromagnetických mineráloch niektorých hornín a na základe zistených údajov rekonštruuje rozloženie geomagnetického poľa a jeho zmeny
- *paleontológia* na základe nájdených skamenelín rekonštruuje prostredie suchozemské alebo morské
- *paleoklimatológia* skúma sedimentárne horniny, prírastkové čiary lastúrnikov a stromov
- *sedimentárna petrografia* poskytuje dáta paleogeografii podľa typu sedimentov a sedimentárnych štruktúr. Sedimentárne horniny sú na Zemi zastúpená najväčším objemom.
- *kinematická kontinuita* zabezpečuje, aby vytvorené modely kontinentov sa pohybovali kontinuitne v čase.

Dôkazom súše sú kontinentálne fácie (červené pieskovce, uhoľné sloje, skamenelé suchozemské rastliny), dôkazom mora sú početné skameneliny morských živočíchov (numulity, amonity a iné vedúce skameneliny), flyšové horniny, radiolarity, lumachelové vápence a iné.

9.3 Prehľad významných paleogeografických udalostí v histórii Zeme

1. Prehľad najdôležitejších paleobiogeografických udalostí globálneho dosahu a ich dôsledky v biocenóze Zeme

Udalosť a čas	Dôsledky na živé organizmy
Zmena metán-amoniakovej atmosféry na atmosféru N ₂ - CO ₂ na začiatku archaika (3800 Ma rokov)	Predpokladaný vznik života na Zemi
Najstaršie doložené zaľadnenie – staršie proterozoikum (2300 Ma rokov)	Dôsledky na vtedajšie organizmy nie sú známe
Zaľadnenie protopangey – mladšie proterozoikum (asi 750-650 Ma)	Koniec éry stromatolitov, postupný nástup fauny ediakarského typu
Vznik kyslíkatej atmosféry (viac ako 5% O ₂ dnešnej koncentrácie) začiatok kambria (570 Ma)	Objavenie sa mnohobunkových organizmov s pevnými schránkami a kostrami (schránky CaCO ₃ , Ca(PO ₄) ₂)
Zaľadnenie Gondvany – koniec ordoviku (410 Ma)	Kríza globálneho ekosystému, vymieranie, omladenie a pokles biogeografického diferenciacie
Prerušenie teplého cirkumekvatoriálneho morského prúdu v Prototethýde – na rozhraní staršieho a mladšieho karbónu	Oteplenie časti severnej pologule, kde nastal rozvoj biodiverzity
Zaľadnenie Gondvany v permokarbónu (maximum v mladšom karbónu)	Kríza globálneho ekosystému v kontinentálnom bicykle, dezertifikácia, vymieranie, rejuvenizácia (zmena vo vývoji rastlín), morský ekosystém je menej postihnutý
Veľká regresia mora koncom permu, obnaženie šelfov	Kríza globálneho ekosystému morskom biocykle, vymieranie, rejuvenizácia, pokles biogeografickej diferenciacie
Ochladenie na rozhraní triasu a jury.	Vymieranie, rejuvenizácia
Ochladenie na konci spodnej kriedy.	Vymieranie, rejuvenizácia na kontinente, koniec mezofytika
Etapovité ochladenie v priebehu mladšej kriedy – pred 65 Ma	Kríza globálneho ekosystému morskom biocykle, vymieranie, rejuvenizácia, pokles biogeografickej diferenciacie
Zaľadnenie Antarktídy – od mladšieho eocénu (začiatok pred 36 Ma) do dnes. Zaľadnenie severnej polárnej oblasti – od mladšieho pliocénu (3,2 Ma) do dnes	Na kontinente ústup biómov ekvatoriálnym smerom, zužovanie ekvatoriálneho pásma až po jej rozpad v glaciáli kvartéru, podobné zmeny menšieho rozsahu v morskom ekosystéme

2. Prehľad paleobiogeograficky významných udalostí, ku ktorým došlo v dôsledku pohybu kontinentov (kontinentálny drift)

- vznik celistvej pevniny - Protopangea -v mladšom proterozoiku (v rámci kadomského orogenetického cyklu okolo 700 Ma)
- začiatok rozpadu Protopangey, oddelenie Laurentie (laurentínsky štít) – najmladšie proterozoikum (dnešná S. Amerika)
- oddelenie Sibérie (Sibír) a Baltiky od Protopangey na rozhraní proterozoika a paleozoika
- postupné oddeľovanie ďalších subkontinentov zo západného okraja Gondwany (vznik Kazachstanu, severnej Číny, Amúrie, ...) v období ordoviku
- kolízia severných armorických mikrokontinentov s prakontinentom Baltika (takonska fáza kaledonského vrásnenia) koniec ordoviku
- postupná kolízia Baltiky a Laurentie a Arktiky (mladokaledónska orogenéza) vznik Laurussie (rozhranie silúr devón)
- postupná kolízia kontinentov kolízia kontinentov ležiacich pri laurazijskom okraji Gondwany (hercínske vrásnenie) – vznik Pangey
 - kolízia Laurussie a sibérie (vznik uralid) – vrchný karbón
 - kolízia
- Najrozsiahlejší celistvý kontinent Pangea (trias)
- Postupné roztváranie Tethydy od východu na západ, oddeľovanie Gongvany a Laurázie (vrchný trias, jura)
- Vznik severného Atlantiku – spodná jura
- Súvislého prielivu medzi Gongvanou a Lauraziou, otvorenie Tethydy po celej dĺžke – spodná jura
- Rozpad Gongvany - vrchná jura/ krieda
- Oddelenie Indie od Antarktídy - vrchná krieda
- Oddelenie Austrálie od Antarktídy – krieda/paleocén
- Oddelenie Laurázie a Eurázie – eocén
- Kolízia Indie a Ázie (vznik Himaláji) – oligocén/miocén
- Mediteránna fáza vrásnenia Centálnych Západných Karpát – vrchná krieda
- Kolízia západokarpatských intreníd s južným okrajom európskej časti Eurázie – vrásnenie Vonkajších Karpát (miocén)
- Spojenie Severnej a Južnej Ameriky – suchozemské spojenie kontinentov – vrchný pliocén.

10 Evolúcia živých systémov

Evolúcia je pojem, ktorý znamená vývoj. Je to určitým smerom orientovaná dlhá zmena alebo viac postupných zmien, ktoré najčastejšie vedú k vzniku dokonalejších, zložitejších nových systémov a štruktúr.

V biológii je pojem evolúcia nahradený pojmom fylogenéza. **Fylogenéza** je historický vývoj organizmov od jednobunkových foriem k dokonalejším mnohobunkovým formám. Každý organizmus na Zemi má svoju fylogenézu. Je to historický vývoj organizmu na Zemi v zmysle vývojovej teórie. Fylogenéza objasňuje evolučné vzťahy žijúcich i vymretých organizmov ich vývoj alebo premeny vývojových línií.

Skôr ako biologická evolúcia (evolúcia živých systémov) začala fyzikálna evolúcia (vývoj vesmíru) a chemická evolúcia (proces vzniku makromolekúl).

Fyzikálna evolúcia zahŕňa vznik a vývoj vesmíru. Americký hvezdár E. Hubble zistil, že všetky galaxie sa od nás vzdľahujú. Skutočnosť, vesmír sa rozpína, vedie k predstave, že v ďalekej minulosti bol vesmír menší a galaxie boli bližšie pri sebe.

Chemickou evolúciou sa rozumie proces vzniku makromolekúl z jednoduchších chemických molekúl a zlúčenín (vznik RNA, DNA, bielkovín,) ich interakcií až po vznik zložitých živých sústav v podobe, ako ich poznáme dnes.

Ako hranica medzi chemickou a biologickou evolúciou sa obyčajne udáva vznik praorganizmov (eobiontov), vznik buniek už teda patrí do biologickej evolúcie.

Biologická evolúcia je vývoj nových organizmov, rastlinných a živočíšnych druhov ako proces postupného rozdeľovania druhov na ďalšie nové druhy v čase a priestore pri prechode z generáciu na generáciu. Výsledkom tohto procesu je súčasná biodiverzita (bohatosť druhov). Evolúcia je spojená aj postupným zdokonaľovaním živej hmoty a foriem života medzi jednotlivými generáciami, smerujúci od jednoduchých organizmov k stále zložitejším.

10.1 Predstavy o vývoji živej prírody

Predstavy o vývoji živej prírody môžeme rozdeliť:

Kreacionizmus je filozofia alebo náboženská predstava o vzniku Zeme a života na nej. Podľa tejto filozofie bol svet a všetky druhy organizmov stvorené ako nemenné v krátkom čase. Kreacionisti zastávajú názor, že Zem je mladá (vek Zeme je len niekoľko tisíc rokov).

Základy biologickej evolučnej teórie položili J. B. Lamarck a Ch. R. Darwin.

Lamarkizmus je teória o dedičnosti získaných vlastností. Predstaviteľom tejto teórie je francúzsky prírodovedec Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), ktorý bol zástancom myšlienky, že organizmy môžu počas svojho života získavať nové vlastnosti, ktoré sa stanú dedičné. Nové vlastnosti získavajú pri zmene prostredia. K premene (transmutácii) dochádza z dôvodov lepšieho prispôsobenia sa prostrediu. Svoje názory J. B. Lamarck publikoval v roku 1809.

Darvinizmus pôvodná teória biologickej evolúcie. Sformuloval ju Charles Robert Darwin (1809 - 1882) britský prírodovedec, ktorý sa zapísal do dejín ako pôvodca teórie evolúcie prirodzeným výberom. Princípy darvinizmu sú:

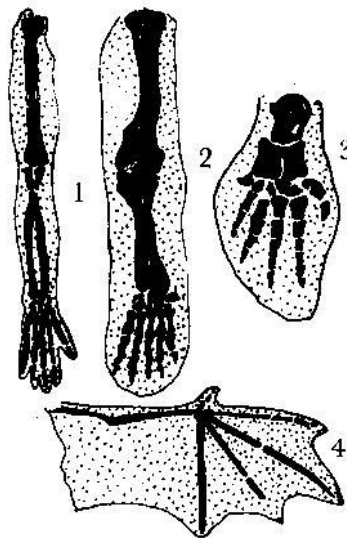
- 1. organizmy v prírode sa vplyvom vonkajšieho prostredia menia (variabilita);
- 2. niektoré organizmy v danom prostredí obstoja lepšie ako iné (prírodný výber)
- 3. vlastnosti, ktoré individuum získalo v ontogenéze, sa prenášajú na potomstvo (dedičnosť získaných vlastností).

Neodarwinizmus je teória, ktorá vznikla spojením darvinovej teórie a Mendelových zákonov dedičnosti. Darwin okrem prirodzeného výberu považoval za možné i iné príčiny evolučných zmien (ako priame vplyvy prostredia, či užívanie a neužívanie orgánov), neodarwinizmus považuje za hlavný a jediný prostriedok vedúci k adaptácii práve prirodzený výber, preto sa táto teória nazýva tiež syntetická evolučná teória. Na základe tejto teórie je vytvorená teória **mikroevolúcie**. Za prvý krok k evolučnej syntéze sa považuje objavenie zákonitosti rozdelenia chromozómov pri bunkovom delení a chromozómové mutácie. Genetika umožnila analyzovať základné momenty priebehu evolučného procesu od objavenia nového

znaku v populácii až do objavenia nového druhu. Zmeny tvoriace nové druhy a evolúciu týchto druhov označujeme **makroevolúcia**.

10.2 Dôkazy evolúcie

Najstaršie dôkazy o evolúcii sú skameneliny. Najvýznamnejšie skameneliny pre dôkazy evolúcie sú tzv. prechodné články (archeopteryx). Ďalšie dôkazy evolúcie sú výsledky porovnávacej anatómie skamenelých organizmov s dnes žijúcimi organizmami. Dôkazy evolúcie poskytuje aj molekulárna biológia, ktorá porovnáva sekvencie DNA. Novšie dôkazy poskytuje biochémia, fyziológia, ekológia a etológia. Fyzika prispieva k poznatkom o evolúcii hlavne metódami datovania fosílnych nálezov a geológia poznatkami o ukladaní vrstiev, pohyboch kontinentov, zmenách klímy, zloženia atmosféry Zeme v minulosti aj dnes.



Obr.18 Porovnanie kostry predných končatín vybraných cicavcov. 1 ruka človeka, 2. noha medveďa, 3. končatina veľryby, 4. krídlo netopiera. (Švagrovský 1976)

Literatúra

- Augusta, J.: 1942: *Divy prasněta*. Nakladatelství Toužimský a Moravec, Praha.
- Augusta, J., 1954: *Z pradějin tvorstva*. Orbis, Praha.
- Augusta, J., Remeš, M. 1947: *Úvod do všeobecné paleontologie*. Nakladatelství Ferdinand Horký, Praha, s 375.
- Holec, P. 2004: *Vývoj přírody*. UK Bratislava, s.162, ISBN 80-223-1900-7
- Holec, P. 1991: *Základy systematickej zoopaleontologie. Vertebrata*. Univerzita Komenského Bratislava, s.138. ISBN 80-223-0355-0
- Kumpera, O., Vašíček, Z. 1988 : *Základy historické geologie a paleontologie*. SNTL, ALFA Praha, s. 565.
- Mišík, M., Chlupáč, I., Cicha, I. 1985: *Stratigrafická a historická geológia*. SPN Bratislava, s.570.
- Mišík, M., Hornáčková, A. 2003: *Skameneliny v bájach a mýtoch – poučenie z omylov*. In: *Biológia, ekológia, chémia*. Roč. 8, č. 3, s. Bratislava. ISSN 1335-8960
- Pokorný, V. et al. 1992: *Všeobecná paleontologie*. Karolínium, Univerzita Karlova Praha, s 296, ISBN 80-7066-585-8.
- Raup, D.M. 1993: *Extinction from a paleontological perspective*. European Review, 1, 207 – 216.
- Reichwalder, P., Jablonský, J.: *2003 Všeobecná geológia 1. a 2. diel*. UK Bratislava, S. 506, ISBN 80-223-1661-X, 80-223-1664-4.
- Švagrovský, J. 1976: *Základy systematickej zoopaleontologie*. SPN, Bratislava, s 581.
- Záruba. B, Burian, Z. 1997: *Otisky času*. Adventinum Nakladatelství, s.r.o., Praha, s. 359.