

II. PALEOZOIKUM

Paleozoikum (= prvohory) je prvním obdobím, že kterého máme dostatek fosilií. Na počátku paleozoika dochází s rychlé evoluci mnohobuněčných organismů, zvětšování velikosti jejich těl a zejména ke tvorbě pevných koster a schránek. V průběhu paleozoika došlo z mnohonásobného zvýšení diverzity v mořských ekosystémech, došlo k osídlení sladkých vod, k výstupu rostlin a následně i živočichů na souš. Prvotní obojživelníci z devonu a karbonu jsou v permu vytlačováni amniotními tetrapody. Amniotní tetrapodi na souši se diferencují do několika vývojových linií. Počáteční dominance výtrusných rostlin je na konci paleozoika vystřídána dominancí nahosemenných rostlin.

Kontinenty a jejich rozmístění bylo zcela odlišné od současnosti.

Významné jsou tři krize ve vývoji mořských a následně i suchozemských ekosystémů (konec ordoviku, svrchní devon a konec permu). Permská krize je pro svoji intenzitu brána za hranici mezi paleozoikem a mezozoikem. Délka paleozoika je asi 290 milionů let.

II. I. Kambrium

1 Název

Název je odvozen od latinského názvu Walesu (Cambria). Poprvé byl použit v roce 1835. Pro útvar se používá mezinárodní zkratka E. V geologických mapách bývá označováno hnědou až hnědozelenou barvou.

2 Časové trvání

Od 541 do 485 milionů let (= 56 Ma). Počátek kambria je definován prvním výskytem vertikální stopy *Trichophycus pedum*. Hranice kambria a ordoviku je formálně definována biostratigraficky výskytem konodonta *Iapetograptus fluctivagus* a nástupem planktonních graptolitů rodu *Rhabdinopora*. Neformálně je počátek kambria definován prvním hromadným výskytem skeletálních fosilií.

3 Stratigrafie

V současnosti (2018) se kambrium dělí na čtyři oddělení a deset stupňů, z nichž mnohá dosud nemají formální pojmenování. Hranice mezi stupni jsou dána prvním výskytem trilobitů (často agnostidních), případně i jiných skupin živočichů. V širším kontextu je počátek kambria definován výskytem mnoha organismů s tělem krytým skelety a schránkami. Fauna s prvním hromadným výskytem skeletů bývá označována tommotská fauna nebo „small shelly fauna“ (= fauna s malými skelety). Trilobiti s kalcifikovanými krunýři, bezesporu nejvýznamnější skupina mořské bioty kambria, se však vyskytují až od počátku druhého stupně kambria.

Ve starším dělení se kambrium rozdělovalo na spodní, střední a svrchní podle typických trilobitových faun. Tzv. „střední kambrium“ v původním pojetí je významné počáteční transgresí a hojným výskytem paradoxidních trilobitů, svrchní kambrium regresí a výskytem olenidních trilobitů. Mořské fosiliferní uloženiny kambria v Čechách přibližně odpovídají „střednímu kambriu“, tj. stupni drumu třetího oddělení kambria.

4 Klima a paleogeografie

Paleogeografické modely předpokládají, že ke konci prekambria existoval superkontinent Pannotie, který se začal již před počátkem kambriem rozpadat na několik velkých paleokontinentů: Gondwanu, Laurentii, Baltiku a Siberii. Od počátku kambria existoval velký paleokontinent Gondwana, který sahal od jižního pólu (sektor současné Jižní Ameriky) až k rovníku (sektor Austrálie a Antarktidy). Evropský sektor Gondwany ležel v mírném pásu přibližně na 50° - 30° jižní zeměpisné šířky. Gondwana se průběhu kambria posouvala k jihu směrem k pólu a postupně (od ordoviku do karbonu) se od něj pomalu vysouvala k severu na protější polokouli (poznámka: tento pohyb v podstatě probíhá dodnes stálým posunem Afriky k severu). Laurentie, Baltika a Siberie ležely na jižní polokouli ve vyšších zeměpisných šířkách. Mezi Gondwanou a Laurentií se v kambriu rozevíral oceán Iapetus. V průběhu kambria se od sebe paleokontinenty vzdalovaly a ke konci kambria se Laurentie nachází v subtropickém a tropickém pásu, Siberie leží spolu s bloky tvořícími dnešní Kazachstán a Čínu v tropech nad rovníkem a Baltika se ocitá v mírném pásu jižní polokoule. Každý z paleokontinentů hostil své endemické fauny, oceány pro ně byly jen obtížně překonatelné bariéry.

Klima kambria bylo celkově teplejší a více vyrovnané nežli v současnosti. Chyběly polární ledovcové čepičky. Na kontinentech tropického pásu se tvořily karbonáty a evapority, zatímco kontinenty nebo oblasti kontinentů ve vyšších zeměpisných šířkách mají převážně klastickou sedimentaci, jen podřízeně s vápencovými souvrstvími.

5 Vývoj života

Počátek kambria je významný náhlým výskytem různých skeletálních fosilií z uhličitanu vápenatého, fosforečnanu vápenatého a oxidu křemičitého. Skelety patřily živočichům spíše menších velikostí. Mnoho fosilií patří problematickým skupinám, tj. mají nejasné systematické postavení. I když známe od počátku kambria první zástupce většiny v současnosti existujících velkých skupin živočichů, druhová diverzita v kambrických mořích byla několikanásobně nižší nežli v mořích současných. Typicky nacházíme v konkrétních kambrických usazeninách jen několik druhů, někdy i druh jediný, zato ve vysokém počtu jedinců. Potravní řetězce byly jednoduché. Jako zdroj potravy sloužil organický detrit a povlaky řas a sinic na mořském dně, predace byla poměrně méně významná (i když jistě existovala). Většina přisedlých organismů žila v těsné blízkosti dna a nebyla úzce potravně specializovaná. Tyto taxonomické skupiny (trilobiti, hyoliti, fosfatičtí ramenonožci, archeocyatidi, křemité houby, přílipkovci aj.) vytváří tzv. kambrickou evoluční faunu. Některé v současnosti důležité skupiny živočichů sice v kambriu také existovaly, ale dosáhly většího rozvoje až od ordoviku nebo až později. Skupiny významné pro kambrickou evoluční faunu od ordoviku postupně ustupují a vymírají v průběhu paleozoika nebo zcela ojediněle přežívají až do recentu (např. přílipkovci).

Z kambria neznáme mechovky, korálnatce, obratlovce, vzácné jsou nálezy medúzovců.

Významnými filtrátory detritu byly živočišné houby (= houbovci) s křemitými jehlicemi, ale objevují se i další organismy, jejichž obživa byla založená na filtraci vody v tělech fungujících jako průtočné systémy. Chancelorie mají jehlice karbonátové, zatímco archeocyatidi mají masivní dírkované skelety. Archeocyatidi spolu s vápnitými řasami a sinicemi vytváří první biogenní útesy již ve spodním kambriu.

Kambričtí měkkýši jsou nehojní a reprezentují je drobné čepičkovité formy příbuzné recentním přilipkovcům. Drobní hlavonožci a mlži se objevují více až ke konci kambria. K měkkýšům jsou řazené některé zvláštní fosilie, které jen vzdáleně připomínají současné skupiny měkkýšů (rody *Wiwaxia*, *Halkieria*). Hyoliti dosahují velkého rozvoje a někteří i značné velikosti (*Buchavalites*, *Maxillites*). Běžné jsou drobné organismy s trubičkovitými schránkami, či známe izolovaná víčka (např. *Mobergella*), ale nevíme, jak taková živočichová vlastně vypadali.

Významní jsou ramenonožci s fosfatickými schránkami. Jejich drobné formy (*Acrothele*, *Micromitra*) byly součástí epibentosu, zatímco větší formy (*Lingulella*, *Westonia*) žily zahrabány do bahnito-písčitého dna v mělkých vodách podobně jako recentní *Lingula*. Na významu postupně nabývají orthidní a strofomenátní ramenonožci (rody *Bohemiella*, *Jamesella*, *Billingsella*). Některé archaické skupiny ramenonožců s karbonátovými schránkami vymírají již v průběhu kambria nebo při jeho konci (*Kutorgina*, *Nisusia*, *Trematobolus*). Ostnokožci jsou zastoupeni primitivními menšími formami s tékami s drobných destiček (terčovci, např. *Stromatocystites*, „pralilijice“ a další bizarní skupiny, např. *Lichenoides*). Významní jsou volně pohybliví karpoidi (*Trochocystites*, *Ceratocystis*).

Přítomnost členovců v nejstarším kambriu dokládají jen jejich zachovalé stopy na bahnitém dně, neboť jejich krunyř byl jen zpočátku jen organický. Mineralizované exoskelety si členovci, především trilobiti, vytvořili až později, na počátku druhého oddělení kambria. Nejstarší trilobiti (*Fallotaspis*, *Olenellus*) měli vysoký počet článků a jen miniaturní ocasní štít. Pozdější formy jsou evolučně pokročilejší, s nižším počtem trupových článků a větším ocasním štítem. K charakteristickým rodům „středního“ kambria patří *Paradoxides*, *Conocoryphe*, *Ellipsocephalus* a *Sao*, ve furongu rody *Peltura*, *Parabolina* a *Acerocare*. Ve furongu se objevují předchůdci většiny velkých skupin trilobitů běžných v ordoviku, ale některé jiné skupiny trilobitů vymírají již v průběhu nebo ke konci kambria. Hojní jsou také agnostidi, kteří mají malé rozměry a jen dva trupové články (rod *Agnostus*, *Peronopsis*). Mezi členovci nacházíme zástupce korýšů (fylokaridi, bradoridi), klepítkatců (*Kodymirus*), ale i další členovce, které nemůžeme zařadit do recentních skupin: anomalocaridy, marrellomorfy aj. Vzácné nálezy měkkotělých organismů dokládají přítomnost hlavatců, mnohoštětinatců, paleoskolecidů a lobopodů v mořských ekosystémech. Znamé jsou i první zástupci strunatců podobných recentním kopinatcům (rody *Pikaia*, *Haikouichthys*).

6 Unikátní světové lokality

V Kanadě je několik lokalit s výskytem tzv. burgesské fauny (Burgess fossils) ze „středního“ kambria. V černých břidlicích, které vznikly při podmořských skluzech bahna při úpatí kambrického řasového útesu, byla již na počátku 20. století nalezena fauna s vysokým podílem měkkotělých nebo slabě sklerotizovaných živočichů, či živočichů s pevnou schránkou nebo krunyřem se zachovalými měkkými

částmi. Na otiscích jsou patrné některé orgány, např. střeva s pozřenou kořistí, tykadla, nožičky aj. Celkem bylo rozlišeno asi 170 druhů. Podíl měkkotělých organismů je značný (asi 85 %) a byli mezi nimi zjištěni mnohoštětinatci, lopododi, hlavatci, ramenonožci a mnoho zvláštních členovců, mezi kterými vyniká rod *Anomalocaris*. Tento rod byl v kambrických mořích vrcholovým predátorem s dokonalými složenými očima a unikátně stavěným ústním otvorem. *Anomalocaris* je znám i z dalších světových lokalit s unikátně zachovalými faunami kambria. Na základě nálezů měkkotělých organismů lze věrohodně rekonstruovat ekologii a potravní strategie živočichů v kambrickém moři. Je to jakési „okno“ do minulosti.

V Číně byla ke konci 20. století v okolí Chenjiangu nalezena podobná fauna (tzv. Chenjinagská fauna). Je poněkud starší, již ze spodního kambria. Je dokonce ještě bohatší nežli v Kanadě a obsahuje mnoho dokonale zachovalých ramenonožců, červů, lobopodů, paleoskolecidů, hub, strunatců, členovců, anomalocaridů a dalších skupin. Poskytuje další okno do mořského života, a to již do spodního kambria.

Podobná, avšak druhově chudší s jen asi 50 druhy je měkkotělá fauna ze spodního kambria z jižního pobřeží Austrálie (Emu Bay Shale). I odtud je znám *Anomalocaris*.

Otisky měkkotělých organismů jsou známy od roku 1987 i ze severního Grónska. Lokalita s faunou je známa pod názvem Sirius Passet. Fauna je přibližně stejného stáří jako v Chenjiangu v Číně, ale dosud je jen částečně popsána. Pochází odtud řada zajímavých nálezů, mezi kterými vyniká měkkýš *Halkieria*.

Fauna z orstenů (Orsten fauna) z jižního Švédska je mladší, furongského stáří. V tmavých bituminózních vápencích, tzv. orstenech, byla zjištěna trojrozměrně zachovaná fauna členovců, paleoscoleců a dalších skupin, často velmi drobných. K jejich dokonalému zachování přispěla druhotná fosfatizace původních organické a nemineralizované kutikuly. Je to nejstarší „okno“ do meiofauny a také poskytuje informaci i historickém vývoji larev členovců.

7 Kambrium v Evropě a v České Republice

Kambrium je v Evropě známo v platformním vývoji v jižní Skandinávii a Pobaltí. Spodní a „střední“ kambrium má klastický vývoj s hojnými trilobity. Tmavé břidlice fugonského stáří s polohami bohatě fosiliferních bituminózních vápenců sloužily v minulosti jako zdroj petroleje. Hraniční vrstvy kambria a ordoviku v Estonsku a okolí Petrohradu tvoří jen slabě zpevněné písky, které obsahují unikátní faunu fosfatických ramenonožců (tzv. obolové pískovce).

Bohatě fosiliferní je kambrium ve Španělsku a v Maroku. Na rozdíl od Čech je zde zachován téměř celý sled kambria, s vápenci, prachovci a pískovci ve spodním a „středním“ kambriu a mohutnými, i když jen chudě fosiliferními pískovcovými vrstevními sledy svrchního kambria s ramenonožci (např. *Westonia*).

Na území České republiky je barrandienské kambrium zachováno v Brdech, zejména proslulé je „střední“ kambrium na Jinecku. Druhou oblastí kambria je skryjsko-týřovická oblast na Rakovnicku. Brdské kambrium začíná souvrstvími kontinentálního, říčního a jezerního původu, u kterých se předpokládá stáří spodního kambria. Významná je vložka paseckých břidlic. Z této jen několik metrů

mocné vložky jemných břidlic v pískovcích holšinsko-hořického souvrství pochází nejstarší makrofosilie v Čechách. Faunu tvoří jen členovci, s převahou klepítkatce *Kodymirus vagans*. Nepřítomnost trilobitů a jiné fauny v paseckých břidlicích naznačuje lagunární nebo jezerní původ této fauny. Na počátku „středního“ kambria do oblasti Brd i do oblasti skryjsko-týřovické na Rakovnicku zasahuje mořská transgrese. Usazené horniny mají bohatý fosilní obsah. V prachovcích (jinecké souvrství v Brdech a buchavské souvrství u Skryji) dominují trilobiti s hojným zastoupením velkých paradoxidů, častí jsou ramenonožci, vzácnější ostnokožci a ojediněle i další fauna (hyoliti, bradioridi, drobní měkkýši).

Nejstarší faunu v pískovcích ve skryjsko-týřovické oblasti reprezentují orthidní ramenonožci rodů *Pompeckium* a *Jamesella*, vzácně doprovázené primitivními měkkýši a trilobity. V Brdech sled mořských usazenin začíná pískovci a prachovci s fosfatickými ramenonožci. Střední část vrstevního sledu v brdské i skryjsko-týřovické oblasti patří usazeninám hlubšího moře s bohatou faunou, ve které převládají paradoxidní a ptychoparidní trilobiti (typicky *Paradoxides gracilis*, *Conocoryphe sulzeri*, *Ptychoparia striata*, *Ellipsocephalus hoffi*). Ukončení mořské sedimentace v Brdech předchází polohy bez trilobitů, opět jen s fosfatickými ramenonožci (*Lingulella havliceki*), nad kterými leží pískovce a slepence bez fauny (tzv. ohrazenické slepence). Ve skryjsko-týřovické oblasti je stratigrafický rozsah usazenin menší a nejvyšší usazené celky podlely erozi již v průběhu kambria. V obou oblastech následuje po ukončení mořské sedimentace subaerický vulkanismus tzv. křivoklátsko-rokycanského vulkanického komplexu (skryjsko-týřovická oblast) a strašického vulkanického komplexu (brdská oblast). Vulkanismus souvisí s extenzí a rozlámáním zemské kůry v závěru kadomské orogeneze.

Fauna středního kambria je známa také ze Železných hor na Chrudimsku. Je vzácná a nevalně zachovalá, s taxony blízkými druhům jineckého souvrství.

8 Shrnutí kambria

- období s prvním hojným výskytem skeletálních organismů
- dominance trilobitů v mořských usazeninách
- jednoduché potravní řetězce založené na využívání organického detritu
- nízká diverzita mořských ekosystémů s dominancí skupin kambrické evoluční fauny, zejména trilobitů
- první útesy z řas a archeocyatidů
- teplejší vyrovnané klima
- oddalování paleokontinentů Gondwany, Baltiky, Siberie a Laurentie od sebe
- regrese a anoxie ve furongu
- Čechy leží v chladném až mírném pásu
- světově proslulé fauny středního kambria z Jinecka a Skryjí
- lokality s unikátně zachovalými fosilními organismy (burgeská a chenjiangská fauna)

II. II. Ordovik

1 Název

Název je odvozen od keltského kmene Ordoviků ve Walesu. Byl zaveden roku 1879, ale až v druhé polovině 20. století se stal platný. Pro útvar se používá mezinárodní zkratka O. V geologických mapách bývá označován hnědavými odstíny.

2 Časové trvání

Od 485 do 443 milionů let (= 42 Ma). Spodní hranice je definována nástupem graptolitů rodu *Rhabdinopora*. Svrchní hranice je také definována biostratigraficky a je dána nástupem nejstarší silurské zóny graptolitové zóny *Akidograptus acuminatus*. Konec ordoviku je nápadný změnami v bentických faunách.

3 Stratigrafie

Ordovik se dělí na spodní, střední a svrchní oddělení. Podrobnější dělení je složité a liší se na jednotlivých paleokontinentech. Mezinárodní stupnice byla kodifikována až na počátku 21. století. Významným stupněm je hiranant, jehož rozsah je vymezen nástupem a koncem globálního ochlazení. Ve střední Evropě se používá stupnice pro tzv. mediterránní oblast. Podrobné členění ordoviku je založeno na graptolitové fauně a konodontech.

4 Paleogeografie a klima

Pro ordovik jsou význačné čtyři velké paleokontinenty: Gondwana, Baltika, Laurentie a Siberie. Gondwana se rozkládala na jižní polokouli s velkou částí (současná jižní Afrika) v polárních oblastech okolo pólu. Některé oblasti Gondwany také zasahovaly až do tropického pásu (dnešní Austrálie, Čína). V průběhu ordoviku se Gondwana přesouvala přes jižní pól a evropská část Gondwany se postupně vysouvala do mírného pásu. Klimatický záznam z konce ordoviku je však maskován globálním zaledněním. Severně od Gondwany se v mírném až subtropickém pásu nalézal paleokontinent Baltika (zahrnuje dnešní Skandinávii a východoevropskou platformu po Ural). V tropickém pásu ležely paleokontinenty Laurentie (většina dnešní Severní Ameriky) a Siberie (dnešní Sibiř až k Uralu). Od Gondwany se počátkem ordoviku odděluje menší paleokontinent Avalonie, který zahrnuje dnešní Anglii, Wales a další části sz. Evropy, ale také některá území při západním okraji USA a Kanady). Mezi Avalonií a Gondwanou se tak rozevírá Rheický oceán. Četné menší kontinentální celky jsou součástí dnešního Kazachstánu, střední Asie a Číny. V průběhu ordoviku se Avalonie přibližuje Baltice a ke konci ordoviku oba kontinenty kolidují s Laurentií. Následkem kolize vzniká kaledonské horstvo. Paleogeografie ordoviku je složitá, ale je poměrně dobře známá, protože paleokontinenty mají své endemické fauny a oceánské prostory tvořily obtížné překonatelné bariéry.

Klima ordoviku je celkově teplejší nežli v současnosti. V centru Gondwany se přesto ve vyšším ordoviku vytváří kontinentální ledovec, jehož rozsah se zvětšuje na konci ordoviku (ve stupni hiranantu). Důsledkem je silné globální ochlazení, které se rozšiřuje až do tropického pásu. Příčina zalednění je nejspíše biotická a souvisí se snížením obsahu CO₂ v atmosféře. Snížením skleníkového

efektu bylo pravděpodobně důsledkem masivního rozvoje útesotvorných organismů ve svrchním ordoviku a vazbou CO₂ ve vápnatých skeletech a schránkách v biohermách. Zalednění mělo dramatické dopady do mořských ekosystémů a vedlo k jednomu z největších hromadných vymírání ve fanerozoiku. Na samém konci ordoviku a počátkem siluru nastává rychlé oteplování, tání polární čepičky, vzestup hladiny oceánu a dochází ke vzniku anoxie v oceánských pánvích.

5 Vývoj života

Ordovik je obdobím s nástupem a postupnou diverzifikací paleozoické evoluční fauny. Na konci tremadoku, jehož fauna má ještě přechodný kambricko-ordovický charakter, dochází z rychlé diverzifikaci mořských ekosystémů. Tato diverzifikace je označována jako GOBE (= Great Ordovician Biodiversification Event). Diverzita dosahuje asi trojnásobku ve srovnání s kambriem. Příčinou je i lepší tiering, tj. dochází z rozvrstvení bentické fauny do různých výškových úrovní nade dnem a se souvisejícímu specializovanějšímu využívání potravních zdrojů. Podobný proces postihuje i dno, kde dochází k prožíráání organického detritu v různých hloubkových úrovních usazeniny. Projevu se různými typy a patrovitostí stop v sedimentech. Na stejné ploše se tak užíví podstatně různorodější směsice organismů, a to jak epibentických (žijících nade dnem), tak infauních (žijících ve dně). Vyšší diverzita je i v predaci. Vrcholovými predátory se stávají hlavonožci. Vznikají volně plovoucí skupiny koloniálních živočichů (graptoliti), využívající jako základní potravní zdroj plankton otevřeného moře. Dalšími, i když velikostně menšími predátory byli konodonti a cyklopygidní trilobiti. Ke konci ordoviku se vytváří menší útesy s ostnokožců, mechovek, ramenonožců a stromatopor. Právě korálové útesy chybí. Celkově lze ordovik označit jako přelomové období ve vývoji mořského života. Typickými skupinami paleozoické evoluční fauny jsou ramenonožci, mechovky, stromatopory, lilijice a jiná pelmatozoa, graptoliti a hlavonožci.

V planktonu se stávají významné radiolárie a chitinovci. Houbovci jsou zastoupeni houbami křemitými (*Protospongia*), ale objevují se i první rohovité houby. Žahavci nejsou v ordoviku příliš významní, častější jsou přisedlé konulárie (např. *Metaconularia*) v hlubších vodách. Korálnatci se objevují ke konci ordoviku jen v tropických oblastech. Ramenonožci s fosfatickými schránkami zůstávají důležití ve spodním ordoviku (*Ectenoglossa*, *Rafanoglossa*), od středního ordoviku jsou dominantní ramenonožci s karbonátovými schránkami. Pro ordovik jsou typičtí orthidní ramenonožci (*Orthis*, *Drabovia*, *Nicolella*, *Dalmanella*, *Hirnantia*) a menší strofomenidní ramenožci (*Sowerbyella*, *Aegiromena*, *Rafinesquina*). Jen podřízeně se vyskytují rynchonellidní (*Rostricellula*) a pentameridní (*Porambonites*) ramenonožci. Dochází k rozvoji mechovců a ke vzniku prvních menších bryozoových útesů z dnes vyhynulých tzv. trepostomátních mechovců.

Z měkkýšů se na počátku ordoviku objevují ve větší míře plži včetně bellerofontidů (rody *Sinuities*, *Lesuerilla*, *Grandostoma*), v mělkých vodách se od středního ordoviku objevují menší hrabaví mlži (*Praenucula*, *Redonia*, *Babinka*, *Modiolopsis*) a rostrikonchy (*Ribeiria*). Od středního ordoviku se stávají významní hlavonožci v několika vývojových liniích: endoceráti (*Cameroceas*) a různí nautiloidi s přímými (*Bathmoceras*, *Bactroceras*) a vzácně i se spirálně vinutými (*Lituities*, *Trocholites*) schránkami. K měkkýšům řazení hyoliti (*Elegantilites*, *Pauxilites*, *Bacrotheca*) jsou hojní v hlubších usazeninách. Známí jsou kroužkovci s tělem krytými řadami drobných destiček (*Plumulites*).

Z ostnokožců jsou významní přisedle žijící ostnokožci, tzv. pelmatozoa. Zastupují je jablovci (*Echinosphaerites*, *Aristocystites*), patří k nim rychle se diverzifikující se lilijice a první poupěnci. Vzácně se objevují se i první moderní draví pohybliví ostnokožci (hadice, hvězdice). Z kambria ještě přežívají v hlubších vodách karpoidi (rody *Mitrocystites*, *Lagynocystites*, *Dendrocystites*).

Z členovců v mořích dominují trilobiti. V ordoviku dosahují největšího ekologického rozrůznění. Někteří trilobiti se dokonce přizpůsobili k aktivnímu plavání ve vodním sloupci a k lovu planktonu (tzv. cyklopygidní trilobiti). Většina trilobitů žila při dně a po jejich popolézání a zahrabávání nacházíme fosilizované stopy zvané *Cruziana* a *Rusophycus*. Významní jsou asafidní (rod *Asaphus*, *Asaphellus*, *Megistaspis*, *Cyclopyge*, *Dionide*, *Onnia*), fakopidní (*Ormathops*, *Dalmanitina*, *Colpocoryphe*, *Placoparia*, *Eccoptochile*) a odontopleuridní (*Selenopeltis*) trilobiti. Běžné jsou i mnohé další skupiny trilobitů (např. rody *Ectillaenus*, *Lichas*). Z kambria do ordoviku přežívají i drobní agnostidi. Z dalších členovců se objevují ostrakodi a pelagicky žijící fylokaridní rakovci (*Caryocaris*). Vzácní jsou eurypteridi a klepítkatci příbuzní současným ostrorepům. Z kambria přežívají do spodního ordoviku anomalocaridi a další kambrické typy členovců.

Od počátku ordoviku se rozrůžňují graptoliti na evolučně konzervativní bentické typy, tzv. dendroidy (rody *Dictyonema*, *Dendrograptus*, *Callograptus*) a na rychle se vyvíjející planktonní formy (rody *Rhabdinopora*, *Tetragraptus*, *Didymograptus*, *Climacograptus*). Graptoliti mají mimořádný stratigrafický význam pro korelaci ordovických usazenin mezi paleokontinenty.

V ordoviku se začínají rychle rozvíjet eukonodonti podobní malým hadovitým rybkám. Známé, avšak vzácné, jsou části krunýřů (*Astraspis*) i otisky celých těl (*Sacabambaspis*) obratlovců ze skupiny bezčelistných.

6 Unikátní světové lokality

V Jihoafrické republice je v tzv. Soom Shale známa lokalita s nálezy měkkotělých pelagických organismů, zejména otisky těl celých konodontů, trilobitů, eurypteridů a ramenonožců v původní životní pozici. Fauna má chladnovodní ráz a její mimořádné zachování souvisí s anoxií, vyplavováním jílu z ledovců na blízké pevnině a rychlým pohřbením pelagických organismů tímto jílem na mořském dně. Složení fauny dokládá stáří svrchního ordoviku.

V Maroku byla nalezena měkkotělá fauna ve vrstvách spodního ordoviku. Je známá jako Fezzouata fauna. V jemných břidlicích byly nalezeny fosilie, které jsou blízké měkkotělým faunám z kambria Kanady a Číny. Kromě primitivních ostnokožců, ramenonožců, hub a trilobitů byla v této fauně zjištěni i zvláštní členovci kambrického charakteru (např. marrelomorf *Furca*, anomalocarid).

7 Ordovik v Evropě a v České republice

Klasickými oblastmi ordoviku v Evropě jsou Wales a Skotsko, kde je vývoj převážně klastický, místy s graptolitovými břidlicemi. Odtud také pochází původní stupňové dělení ordoviku, které má dnes, s výjimkou stupně tremadoku, již jen regionální význam.

Další klasickou oblastí s platformním vývojem ordoviku je jižní Švédsko (zejména ostrov Öland) a oblast Pobaltí (Estonsko, okolí Petrohradu). Vývoj je převážně karbonátový a slinitý, s bohatými faunami mírného až subtropického pásu. Vrstevní sledy jsou přerušovány častými hiáty. Podobný vývoj ordoviku poněkud hlubšího charakteru je v okolí Osla v jižním Norsku.

Naproti tomu chladnovodní vývoj ordoviku s převážně klastickými usazeninami (břidlice, prachovce, pískovce) je v jihozápadní Evropě a severní Africe. Tyto oblasti spolu s oblastí středních Čech ležely při okraji paleokontinentu Gondwany v blízkosti jižního pólu. Litologie i fauny severní Afriky jsou dosti podobné situaci v Čechách.

V Čechách je ordovik omezen na úzký prostor mezi Prahou a Starým Plzencem (tzv. pražská pánev), který je součástí Barrandienu. Vývoj je klastický, s pískovci a prachovci, v některých etapách s mohutnými sledy jílovitých břidlic. V mělkovodním prostředí vznikaly polohy oolitických ferolitů, v minulosti dobývaných jako železné rudy. Důležitý byl submarinní, později i subaerický bazický vulkanismus, tzv. komárovský vulkanický komplex, který kose protíná pražskou pánev. Fauna českého ordoviku má chladnovodní charakter, s převahou ramenonožců (*Euorthisima*, *Drabovia*, *Hirnantia*, *Svobodaina*, *Aegiromena*) a trilobitů (*Dalmanitina*, *Onnia*, *Ectillaenus* a desítky dalších rodů), v některých částech vrstevního sledu s hojnými graptolity (klabavské, šárecké, dobrotivské a královské souvrství) a s cyklopygidní biofacií. Ke konci ordoviku máme zřetelný projev ordovického zalednění, s usazeninami glaciálního původu (diamiktity) a přítomností celosvětově rozšířené chladnovodní hirnantií fauny. Ordovik Barrandienu je jednou z klasických, nejbohatších a nejlépe prozkoumaných oblastí ordoviku ve světě. Jeho výzkum trvá již 180 let.

Kromě Barrandienu je znám ordovik na Chrudimsku v Železných horách. Slabou metamorfózou postižené prachovce a pískovce poskytly chudou faunu ramenonožců a trilobitů.

Paleontologicky doložený ordovik je také v kontaktně metamorfovaných jednotkách v plášti variského středočeského plutonu (stopy po pohybu živočichů zachované v pískovcích) v okolí Sedlčan a Tehova. Chudé ordovické fauny hlubokovodního charakteru jsou známé z okolí Rožmitálu. Paleontologicky doložený ordovik je přítomen na Železnobrodsku v Podkrkonoší. Slabě až středně silně metamorfované sledy předpokládaného spodnoordovického stáří jsou na české straně Krušných hor, fauna s ramenonožci a trilobity je však známa jen z území Bavorska a Sasko.

8 Shrnutí ordoviku

- rychlá diverzifikace paleozoické evoluční fauny (tzv. GOBE), lepší tiering
- největší ekologická diverzifikace trilobitů
- první velké pelagické organismy (graptoliti) v oceánech
- nejstarší koloniální organismy (mechovky, korálnatci)
- nejstarší obratlovci, mlži, lasturnatky, lilijice, jablovci, hvězdice a hadice
- paleokontinenty Gondwana, Baltika, Siberie a Laurentie, oddělení Avalonie od Gondwany a její spojení s Baltikou
- Barrandien jako světově klasická oblast s chladnovodním klastickým vývojem ordoviku
- zalednění a hromadné vymírání na konci ordoviku (hirnant)
- Čechy leží v chladném až mírném pásu

II.III. Silur

1 Název

Název je odvozen od oblasti ve Walesu, zaveden v roce 1835 pro sled vrstev mezi vrstvami kambria a devonskými terestrickými usazeninami označovanými jako Old Red. Sled původně zahrnoval i ordovik, proto se v některých starších pracích (asi do počátku 20. století) pro ordovik používal pojem „spodní silur“. Mezinárodní značka je S. V geologických mapách bývá označován hnědavými až hnědozelenými odstíny.

2 Časové trvání

Od 443 do 419 milionů let (= 24 Ma). Svrchní hranice je definována stratotypem na Klonku u Suchomast. Spodní i svrchní hranice siluru dána biostratigraficky, báze siluru prvním výskytem graptolita *Akidograptus acuminatus*, konec siluru bází spodnodevonského graptolita *Monograptus uniformis*. Hranice mezi silurem a devonem je v evropském prostoru vyznačena krinoidovými vápenci s lilijí *Scyphocrinites*.

3 Stratigrafie

Silur se donedávna dělil na spodní a svrchní, v současnosti jsou vymezena čtyři oddělení. Počátek siluru je nápadný rozšířením anoxie, která souvisí s výraznou mořskou transgresí po ukončení ordovického zalednění. Podrobné členění siluru je založeno na graptolitech, konodontech a chitinocích.

4 Paleogeografie a klima

Pozice kontinentů se zásadně neliší od situace v ordoviku. Velkou část jižní polokoule zaujímá Gondwana, zahrnující současnou Jižní Ameriku, Afriku, Antarktidu, Austrálii, Indii a řadu malých celků v pásu od současné Evropy do Číny. Gondwana se rozkládala od jižního pólu (sektor Afriky) až do tropů (sektor Austrálie). Kontinent se postupně posunuje směrem k severu a její evropský okraj se ocitá v subtropickém pásu. Paleokontinenty Baltika a Laurentie leží v tropickém pásu. Tyto dva kontinenty postupně kolidují a jejich spojením vzniká počátkem devonu paleokontinent Laurasie, také známý jako severoatlantický kontinent či Laurasie. Kolizí zaniká oceán Iapetus mezi Laurentií a Baltikou a formuje se kaledonské pohoří. Mezi Laurasií a Gondwanou leží Rheický oceán. V tropickém pásu severně od rovníku se rozkládá kontinent Siberie.

Klima siluru začíná oteplováním následujícím po zalednění na konci ordoviku, ale i v siluru máme izotopicky doložená kolísání teploty a glacioeustatické kolísání hladiny oceánu, zejména ve vyšším siluru (Mulde a Lau eventy). To souvisí se zaledněním Gondwany v oblasti jižního pólu (v prostoru současné střední Afriky).

5 Vývoj života

Silur je obdobím, kdy dochází k první invazi rostlin a živočichů na souš. Většina života je však stále vázána na mořské prostředí.

Pokračuje rozvoj a diverzifikace paleozoické evoluční fauny. Na mělčinách se objevují se první větší korálové útesy s korálnatci, stromatoporami a lilijicemi. Z korálnatců dominují tabulární koráli (*Favosites*, *Halysites*, *Syringopora*), heliolitidi (*Heliolites*) a koráli rugosní (např. *Cystiphyllum*, *Goniophyllum*, *Ketophyllum*, *Streptelasma*, *Palaeocyclus*). Významné jsou stromatopory. Objevují se, ekologicky se rozrůžňují a postupně diverzifikují nové nebo do siluru dosud nepodstatné skupiny ramenonožců, tj. atrypidní (*Atrypa*, *Lissatrypa*), spiriferidní (*Cyrtia*, *Eospirifer*), pentameridní (*Clorinda*), rhynchonellidní (*Sphaerirhynchia*, *Rhynchotretra*), strofomenidní (*Leptaena*, a další). Orthidní ramenonožci (*Isorthis*, *Dalejina*) postupně ustupují do pozadí.

Důležité jsou přisedle žijící ostnokožci, především lilijice, ale objevují se i první primitivní ježovky. Z rozsáhlých porostů lilijic na mořském dně vznikají mohutné vrstvy vápenců zvaných krinoidové vápence.

Mezi měkkýši se objevují ve větší míře mlži (*Cardiola*, *Slava*) a plži (*Loxonema*, *Platyceras*, *Oriostroma*, *Euomphalopterus*). Z plžů jsou významní bellerofontidi (*Kodymites*, *Tropidodiscus*). Nautiloidní hlavonožci s pevnými vnějšími schránkami dosahují vrcholu rozvoje. Tvoří vrchol potravní pyramidy jako dominantní dravci. Vzniká řada specializovaných forem, s přímými (*Kionoceras*, *Michelinoceras*, *Dawsonoceras*) i spirálně stočenými (*Ophidioceras*) schránkami. Jejich schránky se hromadily ve velkém množství na mořském dně, a daly vzniknout tzv. orthocerovým (cefalopodovým) vápencům. Celkově lze běžnou hloubkovou (a ekologickou) zonálnost silurské mořské fauny vyjádřit následující posloupností typických vápenců (od mělčin do hlubokého moře): korálové vápence, krinoidové vápence, brachiopodové a trilobitové vápence, cefalopodové vápence a graptolitové břidlice.

Z členovců zůstávají významní trilobiti. Jejich specializované formy obývají útesové prostředí, ale většina forem trilobitů osídluje spíše hlubší mořské prostředí. Důležití jsou především proetidní (*Aulacopleura*, *Otarion*, *Prionopeltis*), skutelidní, cheiruridní (*Cheirurus*, *Cromus*), odontopleuridní (*Odontopleura*, *Miraspis*), fakopidní a harpidní trilobiti. Význam získávají ostrakodi, a to i v brakických lagunách (*Leperditia*). V lagunárním a mělkovodním prostředí se objevují zástupci obrovských klepítkáčů, tzv. různorepů (*Eurypterus*). Byli to až tři metry dlouzí dravci s klepety. Ojedinělé jsou nálezy štírů, v siluru obývajících vodní prostředí.

V siluru se ve větší míře začínají objevovat obratlovci. Kromě bezčelistných s tělem chráněným kostěnými pancířem se objevují i další skupiny. Trnoploutví (akantodi) jsou prvními hojnými čelistnatci. Ke konci siluru se objevují pancířnatci (plakodermi), ale známi jsou i první, i když problematické paryby a první pravé ryby. Nálezy čelistnatců jsou vzácné. Jsou reprezentované izolovanými šupinami a částmi krunýřů a dokládají teprve počátek vývoje těchto skupin. Jejich rozvoj však silně ovlivnil mořské ekosystémy, neboť čelistnatci začali vytlačovat hlavonožce s role vrcholových predátorů v následujícím devonském období.

Kromě různých skupin řas (zajímavé jsou zelené řasy s pevnými stélkami např. *Ischadites*), z části i horninotvorných, známe ze siluru již první nepochybné suchozemské rostliny. Jejich typickým zástupcem je rod *Cooksonia*. Byly to nízké vidličnatě rozvětvené rostliny ze skupiny ryniofyt s výtrusnicemi na konci bezlistých stonků. Z konce siluru jsou známy první plavuňovité rostliny bylinného charakteru (*Baragwanathia*). Ve svrchním siluru tyto rostliny vytvářely první souvislé porosty na vlhkých místech pobřeží. Ze siluru jsou známy i pozůstatky makroskopických hub (*Prototaxites*).

6 Unikátní světové lokality

Ve světě nejsou známy žádné lokality silurského stáří s unikátně zachovalými faunami. K významným světovým lokalitám siluru však určitě patří ostrov Gotland v Baltském moři. Silur Gotlandu, na rozdíl od mnoha jiných oblastí, je mimořádně dobře odkrytý a jeho usazeniny nikdy neprošly tepelným přepracováním ani nebyly tektonicky postižené, což byl osud většiny významných silurských lokalit ve světě.

7 Rozšíření siluru v Evropě a v České republice

Klasickou oblastí siluru v Evropě je Wales, kde byl útvar i poprvé definován. Vývoj zahrnuje korálové biohermy přecházející do hlubokovodních břidlic. Nejvyšší silur již přechází do facie Old Redu, tj. brakických a sladkovodních klastických usazenin s terestrickými fosiliemi (*Cooksonia*). Podobný tropický mělkovodní vývoj s korálovými a stromatoporovými biohermami a slínitými faciemi v jejich okolí je na ostrově Gotlandu v Baltickém moři. Paleontologicky bohatou oblastí siluru je údolí řeky Dněstru na Ukrajině, kde převládá slínitá a karbonátová facie.

V Čechách se usazeniny siluru vyskytují v Barrandienu na území Českém Krasu, zejména v okolí Berouna, Loděnic a při jihozápadním okraji Prahy (Řeporyje, Zadní Kopanina). Spodní silur je tvořen graptolitovými břidlicemi vznikajícími v otevřeném hlubokém moři. Ve wenlocku dochází k vulkanické činnosti, tvorbě sopečných ostrovů a mělčin, které byly lemovány různě hlubokým mořem s příslušnými mořskými společenstvy. Rychlé změny hloubek a členitost pobřeží ostrovů byly příčinou, proč vývoj siluru v Barrandienu je mimořádně pestrý a paleontologicky tak bohatý. Motolské souvrství (wenlock) s bohatými faunami v okolí Svatého Jana pod Skalou je následováno kopaninským souvrstvím s rozmanitými, zejména trilobitovými a ramenonožcovými faunami v okolí Berouna a Řeporyjí u Prahy. Korálové útesy jsou poměrně vzácné, ale mělkovodní plošiny sopečného původu s faunami blízkými útesovým faunám Walesu a Gotlandu známe z okolí Karlštejna. Silur plynule pokračuje do devonu.

Paleontologicky podstatně chudší silur, s převahou graptolitové biofacie, je znám z okolí Vápenného Podola v Železných Horách na Chrudimsku a z okolí Hlinska. Graptolitové břidlice jsou známy také ze Železnobrodské v Podkrkonoší. Tyto výskyty tvoří slabě přeměněné pelity s podřízenými vložkami vápenců. Další výskyty siluru známe ve zbytcích kontaktně metamorfovaného pláště středočeského plutonu. Ojedinělý výskyt siluru s graptolitovými břidlicemi je znám u Stínavy na Olomoucku.

8 Shrnutí siluru

- diversifikace paleozoické evoluční fauny s dominantními faunami lilijic, mechovek, ramenonožců a trilobitů
- hojná anoxie s graptolitovými břidlicemi
- první velké korálovo-stromatoporové biohermy
- první suchozemské rostliny
- rozvoj bezčelistných vytřídaný rozvojem čelistnatců (akantodi, pancířnatci)
- paleokontinenty Gondwana, Baltika a Laurentie, kaledonské vrásnění a vznik Laurussie
- Barradien jako klasická oblast se stratotypem hranice silur/devon
- široce rozšířená karbonátová a slinitá facie
- Čechy leží v subtropickém pásu

II. IV. Devon

1 Název

Název je odvozen od hrabství Devonshire v Anglii, kde byl rozlišen jako samostatný v roce 1839. Používá se pro něj mezinárodní zkratka D. V geologických mapách bývá označován hnědavými až hnědozelenými odstíny.

2 Časové trvání

Od 419 do 359 milionů let (= 60 Ma). Spodní hranice je definována bází graptolitové zóny *Monograptus uniformis* a mezinárodním stratotypem Klonk u Suchomast v Českém Krasu. Svrchní hranice je definována biostratigraficky na základě goniatitů a konodontů.

3 Stratigrafie

Stratigrafie devonu je poněkud problematická, protože mělkovodní klastický vývoj (tzv. rýnský) a karbonátový pelagický vývoj (tzv. český) mají jen málo společných druhů. V roce 1983 bylo schváleno rozdělení na tři oddělení a sedm stupňů, z nichž dva nejstarší (lochkov a prag) mají názvy podle Lochkova a Prahy ve středních Čechách. Pro stratigrafické účely se využívají konodonti a goniatiti, v pelagické karbonátové facii mají pro spodní a střední devon velký význam pelagicky žijící tentakuliti. Pro stratigrafii jsou také důležité etapy náhlých změn v mořských ekosystémech, označované jako eventy. Patří k nim dalejský, chotečský, kačácký a kelwasserský event, při kterých dochází k částečnému vymírání nebo výrazným změnám ve složení mořských fauny.

4 Paleogeografie a klima

Počátkem devonu konečným připojením Baltiky a závěrečnou fází kaledonské orogeneze vzniká paleokontinent Laurusie, která se ocitá v aridním pásu podél obratníku Kozorooha. Důsledkem je vznik rozsáhlých aridních oblastí na tomto paleokontinentu a tvorba červeně zbarvených sedimentů, tzv. Old red sandstone. Proto se pro Laurusii používá i název old-redský kontinent. Gondwana se přibližuje k Laurusii, evropský sektor Gondwany se ocitá v teplých subtropech až tropech. Mezi nimi ležící Rheický oceán se zužuje a postupně zaniká. Spojením obou kontinentů se začíná vytvářet superkontinent Pangea. V kolizní oblasti kontinentů se vytváří od konce středního devonu variské pásemné horstvo. Tento proces, označovaný jako variská orogeneze, pokračuje až do konce karbonu. Stejný původ jako variské pohoří má appalačské pohoří na východě Severní Ameriky. V tropickém pásu na východě Laurusie vzniká nový oceán Paleotethys. Siberie se přibližuje severnímu okraji Laurusie. Čechy se dostávají to tropického pásu a ke konci středního devonu zde začínají projevy variského vrásnění.

Devonské klima bylo poměrně teplé a vyrovnanější nežli v současnosti, i když se svrchního devonu Jižní Ameriky máme doložené stopy po zalednění. V tropech bylo zpočátku aridní klima, ve vyšších zeměpisných šířkách bylo teplejší mírné klima. Množství CO₂ v atmosféře pokleslo ve středním a svrchním devonu jako důsledek rozvoje rostlinstva a ukládání uhlíku v sedimentech. Ke konci devonu se vrací vyšší teploty jako důsledek uvolňování uhlíku zvýšenou intenzitou zvětrávání na pevninách. Klimatické výkyvy se odrážejí v kolísání hladiny oceánu, anoxiích a vymírání celých skupin organismů.

5 Vývoj života

Devon je obdobím s maximálním rozvojem paleozoické evoluční fauny. Vyrovnané klima přispívalo k tvorbě korálových útesů a rozvoji útesotvorných organismů. Maximum jejich rozvoje bylo ve spodním a středním devonu. Ve svrchním devonu, zřejmě jako důsledek sblížování paleokontinentů, ochlazování a změn chemismu mořské vody v důsledku rozvoje suchozemského rostlinstva tvorba útesů končí. Postupně se sblížují fauny na paleokontinentech a v několika etapách dochází k masivnímu vymírání druhů a celých skupin živočichů při hranici frasn-famen (kelwasserský event). Další vymírání je na hranici devon/karbon. Většina druhů spodnodevonských moří má své evoluční předchůdce v siluru. Do devonu krátce přežívají pelagičtí graptoliti a to jediným rodem *Monograptus*, který mizí ve stupni pragu.

Ze žahavců pokračuje rozvoj tabulárních (*Favosites*, *Heliolites*, *Aulopora*, *Pleurodictyum*) a rugosních (*Amplexus*, *Xystiphyllum*, *Calceola*) korálnatců. Stromatopory mají horninotvorný a útesotvorný význam (např. *Amphipora*). V útesovém prostředí se daří fenestrátním i dalším typům mechovek (*Fenestella*, *Hemitrypa*, *Reteporina*). Obrovského rozmachu dosahují ramenonožci ve spodním a středním devonu, ve svrchním devonu se mění vzájemné zastoupení jejich skupin. K typickým obyvatelům útesů patřili pentameridní (*Sieberella*), rynchonellidní (*Uncinulus*, *Stenorhynchia*, *Kranksia*), orthidní (*Dalejina*, *Isorthis*, *Schizophoria*), strofomenidní (*Leptaena*, *Strophonella*), atrypidní (*Atrypa*, *Carinata*) a spiriferidní (*Howeella*, *Hysterolites*) ramenonožci. V hlubších vodách převládají drobní, ale neméně diverzifikovaní ramenonožci (např. *Plectodonta*, *Chonetes*). Ke konci devonu mnohé skupiny mizí a zůstávají spíše slabě žebrovaní rynchonellidní a spiriferidní ramenonožci.

Mlži začínají více osídlovat písčité dna v mělkých vodách a objevují se zástupci hřebenatek a hrabavých a byssátních mlžů (*Goniophora*). V hlubších vodách se vyskytují velcí mlži (*Panenka*,

Hercynella). Plži na útesech a v jejich blízkosti dosahují vysoké velikostní, tvarové a druhové rozmanitosti (*Plectonotus*, *Kodymites*, *Praenatica*). Z hlavonožců postupně ustupují nautilidi (*Ptenoceras*) a jsou nahrazeni goniatity se spirálně vinutými schránkami (*Anarcestes*, *Pinacites*). Hyoliti jsou již vzácní. Tentakuliti se stávají ve spodním a středním devonu významnou součástí planktonu, s významnými rody *Nowakia* a *Styliolina*.

Trilobiti pomalu ustupují do pozadí. Ve spodním a středním devonu zůstávají významní skutelidi (*Radioscutellum*, *Thysanopeltis*), harpidi (*Lioharpes*), fakopidi (*Odontochile*, *Phacops*, *Reedops*), odontopleuridi (*Leonaspis*) a proetidi (*Aulacopleura*, *Cyphalaspides*, *Gerastos*, *Orbitoproetus*). Na hranici frasn-famen většina trilobitů vymírá a do karbonu přežívají pouze trilobiti proetidní. Z korýšů jsou běžní ostrakodi a velcí fylokaridi (*Ceratiocaris*).

Na útesy jsou vázané velké lilijice, která vytváří druhově pestré krinoidové „louky“. Z těl lilijic vznikají krinoidové vápence. V hlubším prostředí jsou častí tzv. mikrokrinoidi, poupěnci a další drobní ostnokožci včetně hadic, sumýšů, hvězdic, ježovek i některých již vymřelých skupin (např. cyklocystoidi, poupěnci, jablovci, karpoidi).

V devonu dochází k několika etapám rozvoje obratlovců. Ve spodním devonu ještě dominují bezčelistní, svým výskytem omezení na brakické a mělké pobřežní vody. S nimi již koexistují čelistnatci. Akantodi (*Machaeracanthus*) a pancířnatci (*Dunkleosteus*) dominují v mořích a lagunách ve středním devonu. Ve svrchním devonu jsou vystřídáni paprskoploutvými rybami, ze kterých část přechází do brakických a sladkých vod a stojí na počátku evoluce čtvernožců. Z linie lalokoploutvých ryb, na počátku s rodem *Eusthenopteron* či podobným „proto-tetrapodem“ došlo v průběhu frasn-famenu ke vzniku prvních tetrapodů schopných dýchat vzdušný kyslík. Zásadní přestavbou vznikla z ploutví několikaprstá, postupně jen pětiprstá končetina, vzniklo připojení pletence lopatkového a pánevního na páteř, vytvořila se krční část páteře a pevná žebra připojená k páteři. První tetrapodi (*Acanthostega*, *Ichthyostega*) ze svrchního devonu žili již ve sladkých vodách, v tůních a tocích řek protékajících prvními souvislými lesy. Paralelně s nimi se ve sladkých vodách rozvíjely další skupiny kostnatých, lalokoploutvých a dvojdyšných ryb, sladkovodní žraloci i akantodi.

Devon je obdobím masivní expanze organismů na souš. Je pravděpodobné, že již v siluru vznikaly první souvislé porosty bylinného charakteru v pobřežních oblastech, s rostlinami podobnými *cooksonii*. Ve spodním devonu rostly rostliny jen v bažinatých oblastech nížin. V průběhu středního a svrchního devonu se vyvíjí kořenový systém rostlin. Rostliny mohly díky tomu dosahovat vyššího vzrůstu a být méně závislé na vlhkosti svrchní vrstvy půdy. Ve středním devonu se objevují zástupci přesliček, bylinných plavuní a trimerofyt. Jejich vzrůst byl do výše asi dvou metrů, u některých se objevují u nich první čárkovité lístky. Ryniofyty (*Rhynia*, *Aglaophyton*) ve středním devonu již ustupují. Na konci středního devonu se objevují první několik metrů vysoké stromovité kapradiny (*Eospermatopteris*). Progymnospermy se objevují rovněž ve středním devonu (*Rehlmia*, *Wattieza*) a její mladší zástupci (*Archaeopteris*) vytváří ve svrchním devonu až 10 metrů vysoké stromy. Ve svrchním devonu tak vznikají první souvislé lesy s patrovitou vegetací a hlubokým kořenovým systémem. Na rozvoj vegetační pokrývy na souši stromy navazuje rozvoj drobných půdních členovců. Ze středního devonu známe první roztoče, chvostoskoky, sekáče a některé další členovce. V brakických lagunách devonu jsou podobně jako v siluru významní velcí klepítkatci se skupiny eurypteridů.

6 Unikátní světové lokality

Unikátní je naleziště u obce Rhynie ve Skotsku. Ve spodním devonu (stupeň prag) zde by horké prameny a gejzíry, v jejichž okolí se ukládaly gejzíry a nánosy křemitého písku. V nich byla počátkem 20. století nalezena dokonale zachovalá silicifikovaná flóra s rody *Rhynia*, *Aglaophyton*, *Asteroxylon* a dalšími rhyniofyty. U rostlin lze studovat vnitřní struktury stonků, což je významné pro pochopení evoluce nejstarších suchozemských rostlin. Nalezeny byly i hyfy hub, fauna drobných členovců se sladkovodními korýši, roztoči, sekáči a chvostoskoky (*Rhyniella*). Fauna dokládá, že invaze členovců na pevninu musela proběhnout již ke konci siluru.

Z Porýní pochází nálezy pyritizované fauny z jemných pokrývačských břidlic (Hunsrücké břidlice) které poskytují „okno“ do hlubokovodních faun mořského devonu. Známé jsou otisky končetin trilobitů a některých slabě sklerotizovaných živočichů (nohatky, hvězdice, lilijice, konulárie, žebernatky aj.), mezi kterými vynikají nálezy celých těl bezčelistných a různých skupin rybovitých čelistnatců.

7 Devon v Evropě a v České republice

V prostoru současné Evropy jsou patrné devonské usazeniny z okraje dvou prakontinentů. Větší část střední a jihozápadní Evropy a severní Afriky patřila okraji Gondwany. Typickou oblastí s klastickou sedimentací je Porýní (rýnský vývoj). Mělkovodní pískovce a prachovce obsahují bohaté, převážně ramenonožčové fauny (typicky s ramenonožci rodů *Tropidoleptus* a *Acrospirifer*), které jsou odlišné od fauny ve vápencích. Místy je přechodný vývoj mezi klastickou (rýnský vývoj z okraje Laurussie) a karbonátovou (český vývoj z okraje Gondwany) sedimentací (Harz v Německu). Podobný klastický vývoj spodního devonu s přechodem do karbonátové sedimentace je v severním Španělsku, i když v oblasti Asturie také převládá karbonátový vývoj českého typu. Karbonátový vývoj podobný vývoji v Čechách, který pokračuje až do svrchního devonu, je v Ardenách v Belgii a severní Francii. Karbonátový vývoj českého typu zahrnující celý devon, s řadou stejných druhů je také v Anti-Atlasu v Maroku.

Paleontologicky bohatý je devon ve Svatokřížských horách v Polsku a v Podolí na Ukrajině. Tyto oblasti patří z paleogeografického hlediska k Laurusii, podobně jako devon v oblasti Jeseníků a Moravského Krasu na Moravě. Zcela odlišný vývoj má devon v Anglii a Skotsku, tehdy také součástí Laurusie, kde je sedimentace typu Old red. Old-redské červené slepence, pískovce a prachovce jezerního a brakického původu jsou proslulé nálezy rybovitých obratlovců.

V Čechách je světoznámý devon v Barrandienu v území mezi Zdicemi a Prahou. Mořská sedimentace plynule navazuje na silur. Vývoj je karbonátový, s mělkovodními vápenci až útesového charakteru (kotýzské, koněpruské a akantopygové vápence), které přecházejí do hlubokovodních kalových vápenců (např. dvoreckopropokopské, třebotovské a chotečské vápence) a dále do pelagických facií s vápnitými břidlicemi (dalejské břidlice). Ve středním devonu karbonátová sedimentace končí a je vystřídána sledem prachovců a pískovců se zbytky splavené suchozemské flóry (srbské souvrství). Vápence jsou bohatě fosiliferní v celém sledu. Unikátní je koněpruský útes ve spodním devonu u Koněprus na Berounsku. Z koněpruských vápenců lemujících masivní jádro útesu pochází nejbohatší spodnodevonská fauna na světě s více než 400 popsány druhy všech živočišných skupin. Sběratelskou pozoruhodností barrandienského devonu jsou také tzv. „bílé vrstvy“. Jsou to

dlouhodobě rozvětrávané vápence, které plavením poskytují mimořádně bohaté a výborně zachovalé fosilie drobných lilijic, ramenonožců, měkkýšů, hyolitů a zejména tentakulitů. V lomu Prastav u Prahy-Holyně leží pomocný stratotyp (parastratotyp) hranice spodního a středního devonu. Podle některých souvrství barrandienského devonu jsou nazvány globálně patrné environmentální zvraty v mořském prostředí devonu. Jsou to dalejský, chotečský a kačácký event.

Devon je přítomen a paleontologicky i dokázán v metamorfovaných celcích v plášti středočeského plutonu. Hlubokovodní vývoj devonu s fosiliemi slepých trilobitů je znám z okolí Rožmitálu. Menší faunisticky chudé výskyty svrchního devonu jsou u Jitavy v Jizerských horách a z podloží české křídové pánve v Nepesicích u Hradce Králového.

Střední a svrchní devon je znám z Moravského krasu, Dražanské vrchoviny a Jeseníků. V Dražanské oblasti je ve slabě metamorfovaných pískovcích spodního devonu (drakovské kvarcity) fauna blízká spodnodedonské fauně v Porýní v Německu. Dražanský vývoj je převážně hlubokovodní, s podmořským vulkanismem. Historicky významný je devon u Olomouce. V lomech u Čelechovic jsou v lomech odkryty mělkovodní vápence středního devonu s lilijicemi a bohatou korálovou, ramenonožcovou a trilobitovou faunou. Fauna je známá již od poloviny 19. století. V Moravském krasu je vývoj devonu převážně karbonátový, se stromatoporovými a korálovými vápenci givetického (macošské souvrství) až famenského stáří, které plynule přechází do vápenců a vápnitých břidel spodního karbonu.

8 Shrnutí devonu

- rozsáhlá útesotvorná činnost korálů, stromatopor, lilijic, ramenonožců, mechovek a řas od prahu do givetu
- zvýšená predace způsobená rozvojem čelistnatců, zvláště akantodů a pancířnatců
- ústup a vymírání útesotvorných i dalších živočichů na hranici frasn-famen
- vymření planktonních graptolitů ve spodním devonu
- rozvoj suchozemského rostlinstva, první patrovité lesy,
- první suchozemští členovci ve spodním devonu
- rozvoj paprskoploutvých ryb a první tetrapodi ve svrchním devonu
- paleokontinent Gondwana postupně koliduje s Laurusí a začíná variské orogeneze
- příbřežní klastický (rýnský) a pelagický karbonátový (český) vývoj devonu v Evropě
- Čechy leží v subtropickém až tropickém pásu
- paleontologický bohatý spodní a střední devon v barrandienu
- stupně lochkov a prag spodního devonu pojmenované podle obcí v Čechách
- karbonátový vývoj devonu v Moravském krasu patří z paleogeografického hlediska k Laurusii

II. V. Karbon

1 Název

Název je odvozen z Carboniferous, což v překladu znamená „obsahující uhlí“. Byl použit již v roce 1822. Ve starších publikacích lze nalézt i označení „kamenouhelný útvar“. Mezinárodní zkratka je C.

V geologických mapách bývá označován šedou barvou.

2 Časové trvání

Od 359 do 299 milionů let (= 60 Ma). Spodní hranice se definována výskytem konodontů a stratotypem v jižní Francii, horní hranice je definována podle konodontů a stratotypu na jižním Uralu.

3 Stratigrafie

Karbon se dělí na dvě oddělení: spodní mississipp a svrchní pennsylvan. Podrobné dělení v mořích je založeno na konodontech. Kontinentální usazeniny jsou obtížně korelovatelné s rozdělením v moři. V jezerních usazeninách střední Evropy slouží ke stratigrafickým účelům flóra. Pro kontinentální vývoj karbonu v Čechách mají největší význam stupně westfal a stephan.

4 Paleogeografie a klima

Gondwana se přibližuje Laurusii, uzavírá se Rheický oceán a dochází ke kolizi dvou největších paleozoických kontinentů. Kolizí se vytváří v Evropě mohutné pásemné variské horstvo V-Z směru. Centrální sektor Gondwany (oblast jižní Afriky) se ocitá při jižním pólu. Siberia a kazachstánský blok se přibližují Gondwaně.

Karbon byl z počátku velmi teplý, se širokým tropickým pásem. Velké ochlazení při hranici spodního/svrchního karbonu způsobilo glacioeustatické snížení hladiny oceánu a okrytí rozsáhlých plošin při okrajích oceánu. V centrální Gondwaně u jižního pólu dochází k nárůstu ledovců. Tropické klima zůstává v poměrně úzkém pásu podél rovníku. Celkové ochlazení a vysušování klimatu ke konci karbonu vede k fragmentaci až zániku tropických deštných pralesů z počátku pennsylvanu.

5 Vývoj života

V mořském prostředí se začínají prosazovat skupiny označované jako moderní evoluční fauna. Silně se rozvíjejí foraminifery (některé dosahují značné velikosti, např. *Fusulina*). Daří se rugózním i tabulárním korálnatcům. Hojně jsou houby, vápnité i rohovité (*Chaetetes*). V některých oblastech se stále daří fenestrátním mechovkám, s typickými rody *Fenestella*, *Polypora* a *Archimedes*. Ramenonožci jsou zastoupeni především spiriferidy (*Syringothyris*, *Spirifer*), produktidy (*Gigantoproducts*, *Marginatia*), chonetidy (*Chonetes*, *Rugosochonetes*) a orthidními (*Rhipidomella*) rynchonellidními i terebratulidními formami. Řada druhů má široké až kosmopolitní rozšíření. Velký rozvoj mají mlži, kteří osídlují mělká písčítá dna (*Aviculopecten*, *Nucula*, *Edmondia*) a postupně z této

niky vytlačují ramenonožce. V mělkovodním prostředí zůstávají lingulidní ramenonožci (*Barraoisella*) Běžní jsou plži včetně bellerofontidů. Z hlavonožců převládají goniatiti.

Začínají se prosazovat moderní rakovci, naopak poslední skupina trilobitů, proetidi, zůstávají dosud hojní jen v hlubokovodním prostředí. Rozvíjejí se žraloci, a to i ve sladkých vodách, kde s nimi prosperují paprskoploutvé ryby, dvojdyšní a pomalu ustupující akantodi. Obojživelníci prožívají, po mírné diverzifikaci ve spodním karbonu, mohutný rozmach v pennsylvanu. Mnozí se specializují na podmínky jezer a přilehlé souše, a to velikostí, různými životními strategiemi (např. redukce končetin), nezvyklými výrůstky na hlavě pod. Většina obojživelníků má silnou kostru na hlavě, proto jsou označovány jako krytolebcí (stegocephali). V svrchním karbonu se objevují i první, varanům podobní plazi (*Hylonomus*) a nejstarší savcovití plazi (*Edaphosaurus*).

Na souši se v tropických močálovitých oblastech od spodního karbonu, ale zejména na počátku pennsylvanu, vytváří rozsáhlé souvislé pralesy se stromovými typy plavuní (*Lepidodendron*, *Lepidoflojos*, *Sigillaria*) a přesliček (*Calamites*, *Sphenophyllum*), s cordaity (*Cordaites*), stromovitými i bylinnými kapradinami (*Psaronius*, *Dactyloctenium*) a různými typy progymnosperm (*Mariopteris*, *Neuropteris*, *Alethopteris*, *Sphenopteris*). S postupným vysušováním se ke konci karbonu výtrusné rostliny ustupují a objevuje se více jehličnanů (*Lebachia*) i první cykasy (*Pterophyllum*).

6 Unikátní světové lokality

Ze státu Illinois v USA pochází tzv. Mazon Creek fossils. Je to označení pro mimořádně zachované zbytky rostlin a živočichů z pennsylvanu (westfálu). V nadloží dobývaného ložiska černého uhlí leží břidlice se sideritovými konkrkami, které obsahují mimořádně příznivě zachovalé fosilie karbonských pobřežních porostů mangrovového charakteru. Unikátními fosiliemi je např. *Tullimonstrum*, řazené k nahožábřím plžům, nebo zástupci suchozemských drápkovců. Kromě suchozemských rostlin (listy kapradosemenných rostlin, plavuní a přesliček), sladkovodních živočichů (mlži, krevetky, ostrorepi, nezmaři) a suchozemských členovců (mnohonožky, stonožky, hmyz, pavoukovci) jsou konkrkách i některé fosilie mořského původu (hřebenatky, koryši, mnohoštětinatci, medúzy). Protože však chybí typické mořské fosilie karbonu (např. lilijice, koráli, ramenonožci), je pravděpodobné, že břidlice s fosiliemi vznikaly u pobřeží pravidelně zaplavovaného přílivem. O tom svědčí i pravidelné páskování břidlic, ze kterého lze stanovit i cyklicitu a výšku karbonského přílivu.

Dvě unikátní naleziště s fosiliemi karbonského stáří leží v Čechách. U Nýřan byla nalezena v jemných sapropelovém uhlí nejbohatší suchozemská fauna karbonu na světě. Kromě mnohonožek, pavoukovců, sladkovodních koryšů a dalších vodních i suchozemských bezobratlých byla nalezena žraloci, různé typy ryb, ale zejména bohatá fauna krytolebců. Téměř stejná fauna je známa i z východní části USA. Na lokalitě Ovčín u Radnic byly objeveny zbytky karbonského močálového pralesa, který byl na místě konzervován zásluhou náhlého spadu sopečného popela. Tyto „fosilní Pompeje“ zachovaly kromě vzácných nálezů pavoukovců a vážky rostliny doslova „na místě“ a lze tak pravdivě rekonstruovat strukturu a patrovitost karbonského pralesa. Radnicko je klasickou světovou oblastí karbonu. Odtud byly již počátkem 19. století popsány typické karbonské rostliny, např. *Cordaides*, *Lepidodendron*, *Stigmaria* aj.

7 Rozšíření karbonu v Evropě a v Čechách

Spodní karbon není v Čechách zachován, neboť toto území se od svrchního devonu vyzdvihovalo a vznikající variské horstvo bylo postupně erodováno.

Mořský spodní devon je zachován na Moravě. Hlubokovodní usazeniny, v pozdějších etapách variského vrásnění tektonicky deformované a slabě metamorfované, jsou v Jesenících a na Dražanské vrchovině, na některých místech i s bohatou faunou goniatitů, mlžů a pozůstatků flóry splavené z pevniny. Mořský spodní karbon navazuje na svrchní devon i v Moravském krasu, odkud z poloh břidlic (březinské břidlice) pochází bohaté nálezy fosilní fauny s trilobity, goniatity a dalšími skupinami. Na počátku pennsylvanu moře ustoupilo a na rozsáhlých nově tvořených nížinách vznikaly bažinaté pralesy. Opakovaným glacioeustatickým kolísáním úrovně mořské hladiny na počátku pennsylvanu byly nížiny souší nebo byly zaplavovány mořem a cyklus se mnohokrát opakoval. Proto na Ostravsku známe desítky takových cyklů, kdy mezi uhelnými slojemi a říčními usazeninami leží tzv. mořská patra s typickými mořskými fosiliemi. Tento typ uhelných pánví označujeme jako paralické pánve. Tvoří pruh od Slezska přes Německo a Belgie až do Anglie. Pánve vznikaly při okraji postupně se přibližujícího a s Gondwanou kolidujícího okraje prakontinentu Laurusie. Ve vyšším pennsylvanu moře se Slezska definitivně ustoupilo a uhlotvorba se snižovala (Karvinsko), protože rozsah močálů se zmenšoval a omezoval jen na jezera a slepá ramena řek.

Ve vyšším pennsylvanu se v západních, středních a východních Čechách vytvořila obloukovitě probíhající široká mezihorská deprese, která byla vyplňována materiálem z okolních horských pásem. Sedimentace začíná ve westfálu. V západnějších pánvích vyplňování těchto tzv. limnických pánví končí při hranici s permem, ale ve východních Čechách sedimentace pokračuje do permu a dokonce místy až do triasu. Klimatické výkyvy vedly ve vlhčích obdobích k tvorbě jezer a uhlotvorbě. V obdobích sušších se akumulovaly říční náplavy, krajina vysychala a uhlotvorba ustávala. Nejstarší radnické vrstvy (kladenské souvrství) v plzeňské a radnické pánvi jsou proslulé nálezy fosilních rostlin (*Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Calamites*), fosilními faunami v sapropelitovém uhlí a mohutnou uhlotvorbou. Uhlotvorba bývala občas přerušována spadem sopečného popela z mohutných vulkánů v severních Čechách a Sasku. Následuje sušší období (týnecké souvrství), které je ke konci karbonu opětovně vystřídáno humidnější obdobím s jezery a novou uhlotvorbou (slánské souvrství). Při hranici karbon/perm se obnovuje aridnější klima (líšské souvrství).

Limnické pánve západních, středních a severních Čech leží nesouhlasně na varisky zvrásněném a metamorfovaném podkladu. To dokládá, že v pennsylvanu (ve westfálu) bylo variské horstvo v Čechách nejenom vyvrásněno a proniknuto velkými tělesy hlubinných vyvřelých hornin (např. středočeským plutonem), ale že toto horstvo bylo již hluboce erodováno a krajina byla částečně zarovnána.

8 Shrnutí karbonu

- moře s rozvojem skupin moderní evoluční fauny (foraminifery, rakovci, čelistnatci)
- ramenonožci, fenestrátní mechovky a lilijice stále významní v mořích
- rozsáhlé deštné pralesy z plavuní, přesliček, kapradin, progymnosperm a cordaitů v tropech

- uhlotvorba v paralických i limnických pánvích
- ekologická diverzifikace obojživelníků (krytolebců) v pennsylvanu
- vznik amniot, jejich první diverzifikace ke konci pennsylvanu
- uzavírání Rheického oceánu a počátek tvorby Pangey
- hlavní fáze variského vrásnění na našem území v mississippu spojená s následnou erozí horstva
- v Čechách se pennsylvanu (stupně westfal a stephan) se tvoří limnické pánve v mezihorské depresi s uhlotvorbou
- na Moravě spodní karbon v mořském vývoji přechází do paralických pánví v pennsylvanu
- Čechy leží v tropech

II. VI. Perm

1 Název

Název perm pochází podle města Permu v Rusku v předhoří Uralu, kde je tento útvar vyvinut jako mocné červené kontinentální usazeniny. Název byl použit poprvé v roce 1841. Mezinárodní zkratka je P. V geologických mapách bývá označen hnědooranžovou barvou.

2 Časové trvání

Od 299 do 252 milionů let (= 47 Ma). Spodní i svrchní hranice je v mořských usazeninách definována podle konodontů. V kontinentálních usazeninách je perm indikován prvním výskytem kapradosemenné rostliny *Callipteris* (= *Autunia*) *conferta*.

3 Stratigrafie

Perm se dělí na spodní, střední a svrchní. V Německu a ve střední Evropě se perm tradičně dělí na spodní Rotliegendes (= červená jalovina) a svrchní Zechstein. První označuje červeně zbarvené pevninské usazeniny, druhý název souvisí s dobýváním měděných rud v mělkovodních usazeninách, tzv. měďnatých břidlicích svrchního permu.

4 Paleogeografie a klima

V permu pokračuje kolize kontinentů. Laurusie koliduje se Siberií. Kolizí vzniká pohoří Ural a zakončuje se tím vznik superkontinentu Pangea. Tento kontinent se rozkládá od severního pólu přes rovníkové oblasti až k pólu jižnímu a zahrnuje všechny klimatické pásy. Na kontinentu lze vymezit chladné polární oblasti. V tropické oblasti leželo variské pásemné horstvo, které významně ovlivňovalo rostlinná společenstva na souši. Vznikem Pangey se zmenšily šelfové oblasti, což se negativně odrazilo v celkové diverzitě mořské bioty. Obrovská rozloha Pangey vedla k vysušování klimatu v nitru kontinentu a vedla ke vzniku rozsáhlých solných ložisek v okrajových mořích.

Počátkem permu nastává oteplení. Rozsah ledovců v polárních oblastech se proti jejich rozloze v karbonu podstatně zmenšil. Výrazný dopad do klimatu a na složení atmosféry měla kromě aridizace také silná vulkanická činnost na Siberii. Z dlouhodobých plošně rozsáhlých výlevů láv unikaly oxid uhličitý a další plyny do atmosféry a kyselé sulfátové deště ze sopečných plynů decimovaly plankton v oceánech. Spolu s oteplováním způsobeným skleníkovým efektem to vedlo k decimaci suchozemské vegetace. Zacyklení těchto procesů vedlo k postupnému kaskádovému vymírání řady organismů a proto je svrchní perm obdobím největšího poklesu diverzity suchozemských i mořských organismů v dějinách Země. Uvádí se, že do konce permu vyvřelo 90 % všech známých druhů. Vliv na vymírání mělo i snižování obsahu kyslíku ve vzduchu. Příčinou byla aridizace kontinentu a s tím související snižování plochy lesů, ale také decimace mořského fytoplanktonu sulfátovými srážkami z vulkanické činnosti na Siberii.

5 Vývoj života

Mořská fauna navazuje na faunu karbonu, ale nastávají postupné změny. Stále sice převládají skupiny paleozoické evoluční fauny, ale více se prosazují moderní skupiny (např. foraminifery, rakovci). Ve spodním permu zůstávají běžní ramenonožci, zejména specializovaní produktidi. Některé typy produktidů dosahují až obrovských rozměrů (*Horridonia*). Ve svrchním permu ubývají korálnatci, a to jak šestičetní, tak tabulární, snižuje se diverzita foraminifer, mechovek a goniatitů, na konci permu vymírají trilobiti. V mělkých mořích se v permu vytvářely mechovkové (např. *Fenestella*), řasové a houbové útesy. Místy zůstávají běžné lilijice a poslední poupěnci.

Na kontinentech pokračoval rozvoj obojživelníků a plazů. Postupné vysušování vedlo k rozvoji plazů a ústupu obojživelníků. Přesto jsou obojživelníci stále významní. Ekologicky se rozrůžňují a dosahovali i velkých rozměrů (*Eryops* až 2 metry). Postupně se vymezují savcovití plazi, kteří mají synapsidní typ lebky a diferencovaný chrup. U těchto plazů, nejprve pelykosaurů (*Dimetrodon*, *Edaphosaurus*), později dokonalejších therapsidů, se končetiny posouvají pod tělo, předpokládá se homoitermie a později i tvorba srsti na povrchu těla. Vznikají i další specializované skupiny synapsidních plazů (např. *Moschops*). Anapsidní a diapsidní plazi jsou méně významní (*Captorhinus*). Plazi se vrátili do sladkých vod (*Mesosaurus*). Ve sladkých vodách se vyskytují paprskoploutvé ryby, žraloci (*Xenacanthus*) a akantodi.

Na souši se rozvíjí hmyz, kde se kromě běžných švábů, vážek a jepic objevují předchůdci řady moderních hmyzích řádů (brouků, dvoukřídlých aj.).

Flóra permu se od karbonské liší vyšším podílem jehličnanů (*Voltzia*, *Ernestiodendron*, *Ullmania*). V permu se objevují první cykasy. Značný význam mají kapraďosemenné rostliny, v tropech především *Callipteris* a *Dicksoniites*, v mírném pásu rod *Glossopteris*. Přetrvávají stromovité kapradiny, ze kterých se v suchých obdobích permu vyvinuly nové skupiny kapradin bylinného typu (*Palaeosmunda*).

6 Unikátní světové lokality

Jedinečnou lokalitou, která nám poskytuje „okno“ do lesů z období svrchního permu jsou Toploje Member cherts z Antarktidy. Silicity s glossopterisovou flórou mají zachován ekosystém rostlin, bezobratlých i hub močálovitého lesního ekosystému a umožňují dokonalou rekonstrukci vzájemných ekologických vztahů mezi jeho organismy.

7 Perm v Evropě a v České republice

V Evropě jsou mořské usazeniny permského stáří značně rozšířeny v Německu. Kontinentální usazeniny jsou ve svrchním permu vystřídány uloženinami mělkého tv. Zechsteinského moře v pásu mezi Anglií a Polskem. Zechsteinské moře leželo v tropickém pásu. Vytváří se v něm vápence a mechovkové útesy. Častá jsou ložiska evaporitů (soli) a ve spodní části tenká vložka tzv. měďnatých břidlic, minulosti intenzivně dobývaných jako ruda mědi.

Čechy byly v permu souší. Perm tvoří sledy polopouštních pískovců a prachovců, jezer s jíly až jezerními vápenci a občasných močálů s uhlotvorbou v pozůstatcích variského horstva. Prostor pánvi se postupně zmenšoval a nastává zarovnávání (peneplenizace) českého masívu. Perm je problematický v západní části Čech, je však dobře znám z východních Čech. V dolnoslezské pánvi a podkrkonošské pánvi jsou vyvinuty sledy suchozemských a jezerních usazenin s hojnou faunou i flórou. Známe je vrchlabské souvrství, s hojnými fosiliemi paprskoploutvých ryb (*Amblypterus*), akantody (*Acanthodes*), žraloky (*Bohemiacanthus*), krytolebci a flórou kapraďosemenných rostlin, přesliček, kordaitů a jehličnanů (*Walchia*). Podobně bohatý fosilní obsah má broumovské souvrství v dolnoslezské pánvi. Z Podkrkonoší jsou známy výlevy bazaltů, ryolitů a pyroklastika, místy s polodrahokamy (Kozákov).

Další výskyty permu na našem území jsou v blanické brázdě a boskovické brázdě. Jsou to tektonicky založené příkopy severojižního směru s až 1000 m mocným sledem říčních pískovců a jemnějších jezerních sedimentů. V boskovické brázdě jsou hojné jezerní vápence a pelity, ve kterých je hojná fosilní flóra a fauna. U Boskovic a Letovic byla nalezena fauna s rybami a krytolebci (*Discosauriscus*). Jednou z nejvýznamnějších lokalit permského hmyzu ve světě je Obora v Boskovické brázdě. V jílovcích pochází asi dvacet 20 druhů hmyzu včetně nejstarších známých brouků.

8 Shrnutí permu

- postupné kaskádovité vymírání se závěrečným hromadným vymíráním na hranici perm/trias vlivem skleníkového efektu a sopečné činnosti na Sibirii
- vznik Pangey a pohoří Ural
- postupné vysušování klimatu a tím související vznik solných ložisek
- decimace mořských ekosystémů sulfátovými srážkami
- rozvoj synapsidních plazů (pelykosauři, therapsidi)
- převaha plavuní, přesliček a kapradin ve spodním permu, nástup jehličnanů a cykasů ve svrchním permu, hranice paleofytika a mezofytika
- Čechy jsou souší v tropickém pásu na zbytku variského horstva
- bohatě fosiliferní usazeniny permu v jezerních pánvích v severních Čechách (dolnoslezská a podkrkonošská pánev) a v brázdách (boskovická a blanická)