



MODULARIZACE VÝUKY EVOLUČNÍ A EKOLOGICKÉ BIOLOGIE
CZ.1.07/2.2.00/15.0204



Mořské hlubiny



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hlubokomořský plankton a nekton

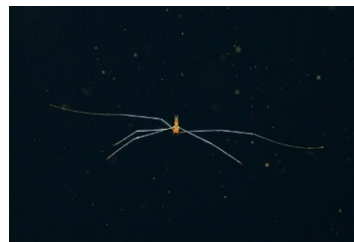
- nedostatek až nepřítomnost světla a primární produkce
- transparentní nebo červeně zbarvení (tj. prakticky neviditelní), predátoři, bioluminiscence, někdy gigantismus, špatná kalcifikace
- medúzy, žebnatky, hlavonožci, korýši (Copepoda, Isopoda, Amphipoda, Caridea), chiméry, žraloci, ryby, vorvaň obrovský (až -2200 m)



Gigantocypris sp. (Ostracoda)
6 druhů; max. 3 cm, kolem -1000 m,
obrovské reflexní oči – zachytí slabé
bioluminiscenční záření; živí se
hlavně klanonožci



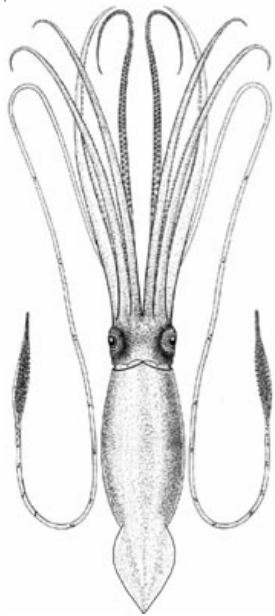
Phronima sp.
(Amphipoda)
velké oči, loví
klanonožce,
osídluje tuniky salp



Munnopsis sp. (Isopoda)
„deep sea spiders“
plavání vpřed i vzad
(„šlapání vody“)

Cephalopoda

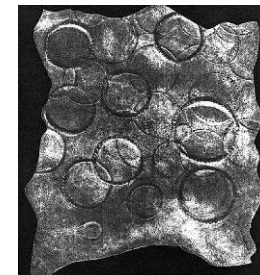
- téměř všichni jsou predátoři, složité chování, vysoce organizovaná NS, komorové oko, ramena + chapadla s přísavkami, silné zobákovité čelisti...



Architeuthis dux - krakatice obrovská
čel. Architeuthidae; ř. *Teuthida*, až 14 m,
♂ méně, teprve od r. 2004 snímky z přír.
habitatu -900 m, ve všech oceánech,
živí se rybami a chobotnicemi,
sama je potravou vorvaně obrovského →



Nautilus pompilius – loděnka hlubinná
podtř. *Nautiloidea*, „žijící fosílie“, >20 cm,
ca 90 ramen bez přísavek; -100 až -300 m,
denní vertikální migrace; špatně vidí; kanál
(siphuncle) - regulace obsahu plynu/vody v
komorách a tím vznášivosti, v -800 m
schránka praskne



nadř. Octopodiformes

- hlubokomořské druhy - ouškovité výrůstky k plavání a malá vnitřní kostra



Grimpotteuthis spp.
„dumbo octopus“
ca 13 druhů, max. 20 cm
-3000 až -4000 m



Stauroteuthis syrtensis
30 cm, až -1000 m, Atlantik



Vampyroteuthis infernalis – vampýrovka hlubinná
až 30 cm, tropy a mírné pásmo, -600 až -1000 m,
ramena spojená blánou; velké oči, přes které přetahuje
kůži, 2 dlouhá filamenta registující kořist; fotofory

Hlubokomořské ryby

- velmi dobré smyslové orgány - např. tykadlovité výrůstky, citlivá postranní čára, velké citlivé oči nebo dobrý čich a hmat
- bioluminiscence – symbiotické bakterie ve fotoforech, slouží k přilákání kořisti, vnitrodruhové komunikaci a rozmnožování nebo obraně oslepením predátora; u někt. produkce červeného světla
- modifikovaná tlama a čelisti, ostré zuby, špatně osifikované kosti, křehká kůže
- maskování – zbarvení tmavé, červené nebo průsvitné

Lophiiformes – d'asové - paprsek hřbetní ploutve jako světélkující vějička



čel. **Ceratiidae** - tykadlovkovití

♀ až ca 1 m; ♂ trpasličí,
v dospělosti žijí přichyceni na ♀,
zcela atrofují až na varlata;
-1000 až -2000 m, celosvětově;
např. ***Ceratias holboelli***



Haplophryne mollis

čel. **Linophrynidae**
bradovousovití
vějička redukována;
♂ trpasličí, přisedlí na ♀



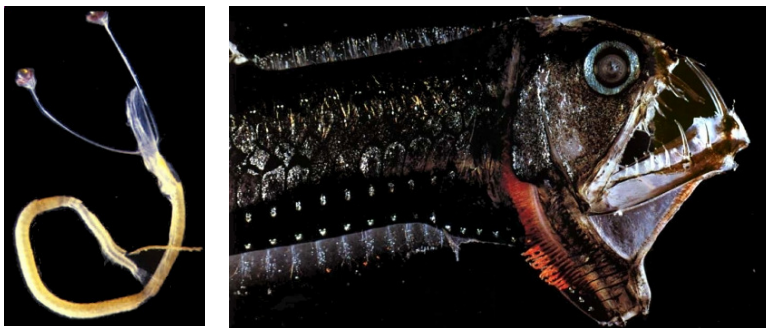
***Caulophryne* sp.**, čel.
Caulophrynidae - čerto-
vníkovití; bez vějičky,
hmatová tykadla

Perciformes - ostnoploutví



Chiasmodon niger - zubovka černá
čel. Chiasmonidae
subtropy a tropy, -700 až -2800 m;
max. 25 cm, spodní čelist přesahuje
horní, polyká vcelku ryby větší než je
sama (*Gempylus serpens* 86 cm)

Stomiiformes - velkoústí



čel. Stomiidae - světloňošovití
červené fotofory – vidí červeně
zbarvené org.; larva s dlouze
stopkatýma očima



Agryropelectus sp.
čel. Sternoptychidae - stříbrnáčovité
ploché tělo, teleskopické oči, maskování:
odraz na bocích, zespoda bioluminiscence

Argentiniformes - stříbrnicotvaří

čel. Opistoproctidae – strašníkovití, „barreleye fish“



Winteria telescopa - strašník tmavý
obrovské čočky, bioluminiscence



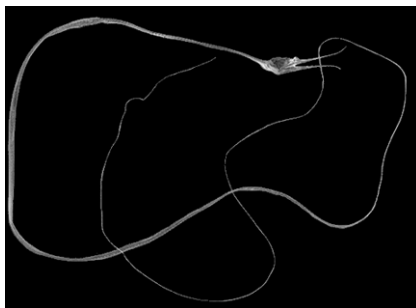
Macropinna microstoma

1. foto *2004, rotující oční koule
v transparentní hlavové tkáni; krade
kořist ulovenou trubýši?



Saccopharyngiformes - velkotlamky, příbuzní úhořů

Eurypharynx pelecanoides- širotlamka pelikánovitá
čel. Eurypharyngidae: jen 1 druh; ca 1 m, malé zuby,
obrovská tlama, ale kořist převážně malí korýši, konec
ocasů světélkuje; tropy a subtropy, -900 až -8000 m

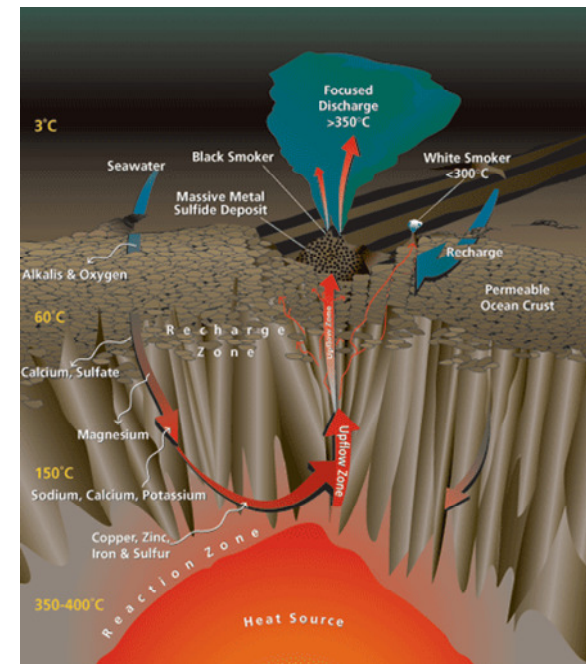
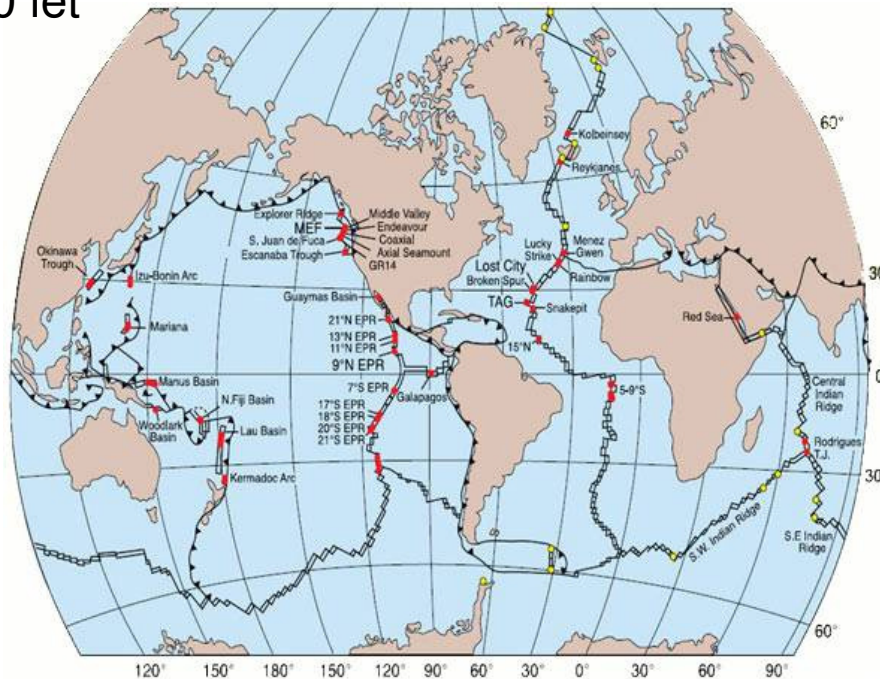


Anguilliformes - holobřiší

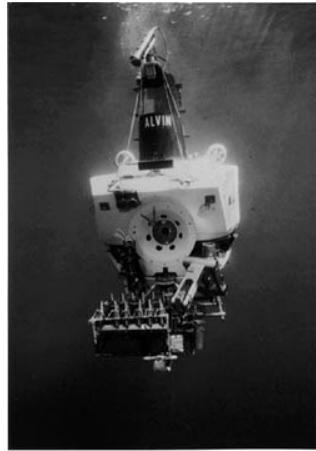
Nemichtys scolopaceus - úhořovka zobákovitá
čel. Nemychiidae; až 1,5 m dlouhý, rozbíhavé čelisti,
malé hákovité zuby – hákuje končetiny korýšů

Hydrotermální vývěry

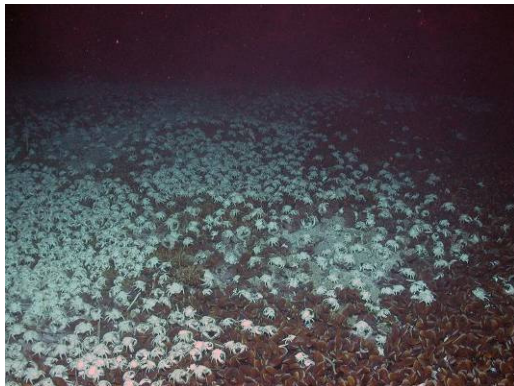
- vývěry horké minerální vody podél středooceánských hřbetů a prahů, hloubka obvykle ca -2500-4000 m
- černé kuřáky (>350 °C, vysrážené sulfidy kovů, až 30 m vysoké komíny), bílé kuřáky (30-350 °C, Ba₂SO₄), vývěry o X °C teplejší než okolní voda
- hostí rozvinutá bentická společenstva: prim. producenti - archebakterie oxidující sirovodík – potrava nebo symbionti; bradatice, mlži, krabi, krevety, plži, ježovky, hvězdice, hadice, sasanky, polypovci, ryby
- náhlé lokální extinkce a rychlé kolonizace nově vzniklých vývěrů, životnost X-X0 let



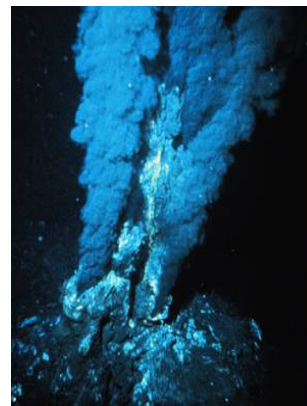
- studené vývěry - hypersalinní průsaky, průsaky uhlovodíků a průsaky na subdukčních zónách; i v hloubkách kolem -100 m
- relativně malá diverzita, ale často enormně vysoká biomasa



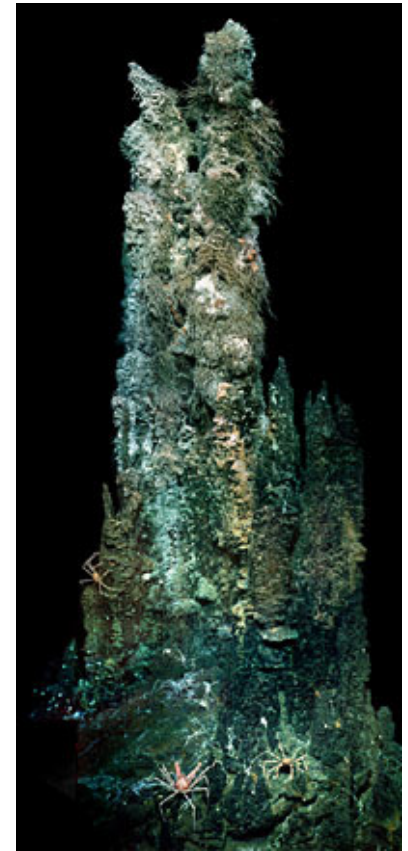
ponorka Alvin (1977)



průsak uhlovodíků



černé kuřáky

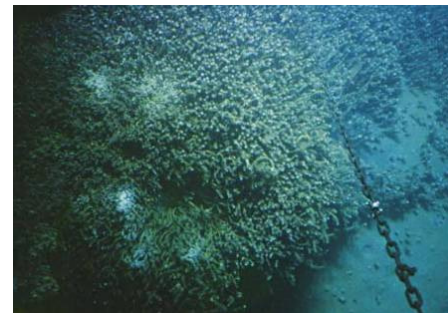


„Pogonophora“ – bradatice, pogonofory

- dříve jako samostatný kmen, nyní skupina (třída, řád?) uvnitř „Polychaeta“
- dlouhé červovité až nitkovité tělo v chitinoproteinové rource, pohyb uvnitř trubice
- hemoglobin se 2 vazebnými místy: pro kyslík a sirovodík; dýchací pohyby chapadel
- většinou gonochoristé, oplození vnější
- larvy planktonní a planktonotrofní, trávicí soustava časem atrofuje, autotrofní bakterie fagocytovány
- ca 120 druhů, stále nové objevy; -80 až -9900 m



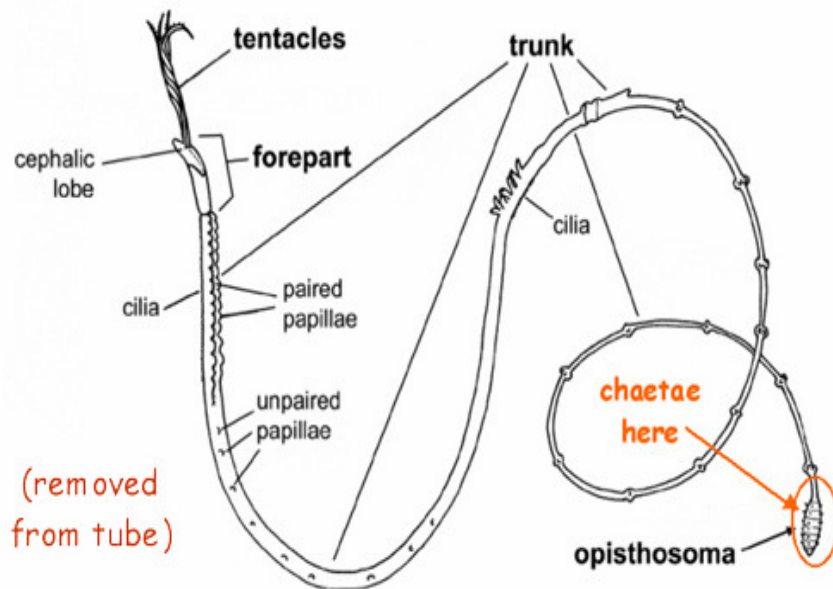
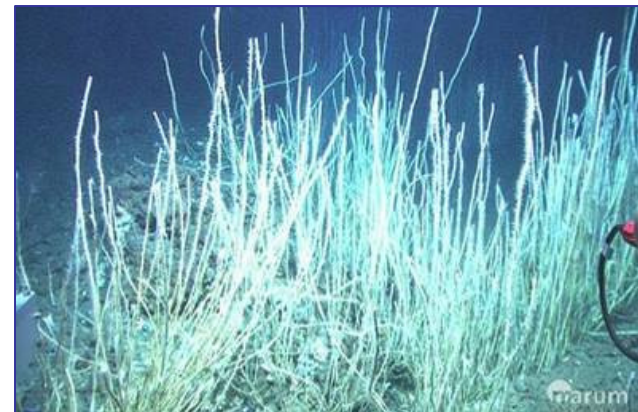
Riftia pachyptila



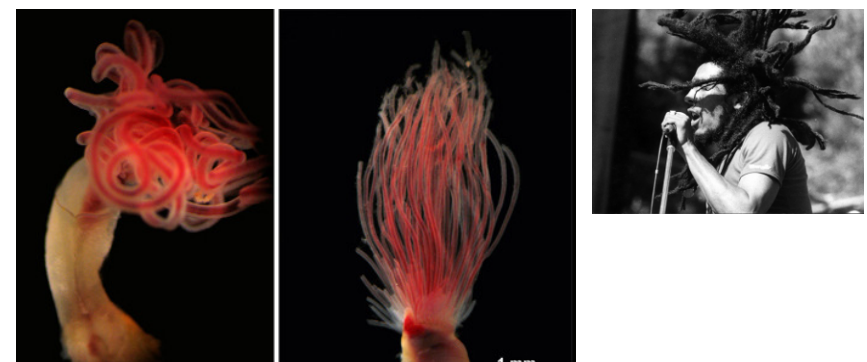
Lamellibranchia satsumi
(Vestimentifera)

trubice až 5 m, průsak uhlovodíků,
záliv Kagoshima, -82 m

- 4 tělní oddíly 1) tentakulomera: různý počet chapadel, někdy stočené do spirály – dýchání, 2) frenulomera: 2 tvrdé hřebeny (frenulum) nebo 2 křídlovité výběžky pro uchycení v trubici; 3) gonomera - nejdelší: pohlavní org. a trofozóm – žláznatá tkáň s chemautotrofními symbionty; 4) opistosoma: štětiny k ukotvení v trubici
- 2 skupiny
 1. Previata (syn. Frenulata) - mají frenulum; chladná voda, od velkých hloubek až do litorálu (Ochotské moře); někt. i omezený příjem org. l., čel. Siboglinidae (*1914)



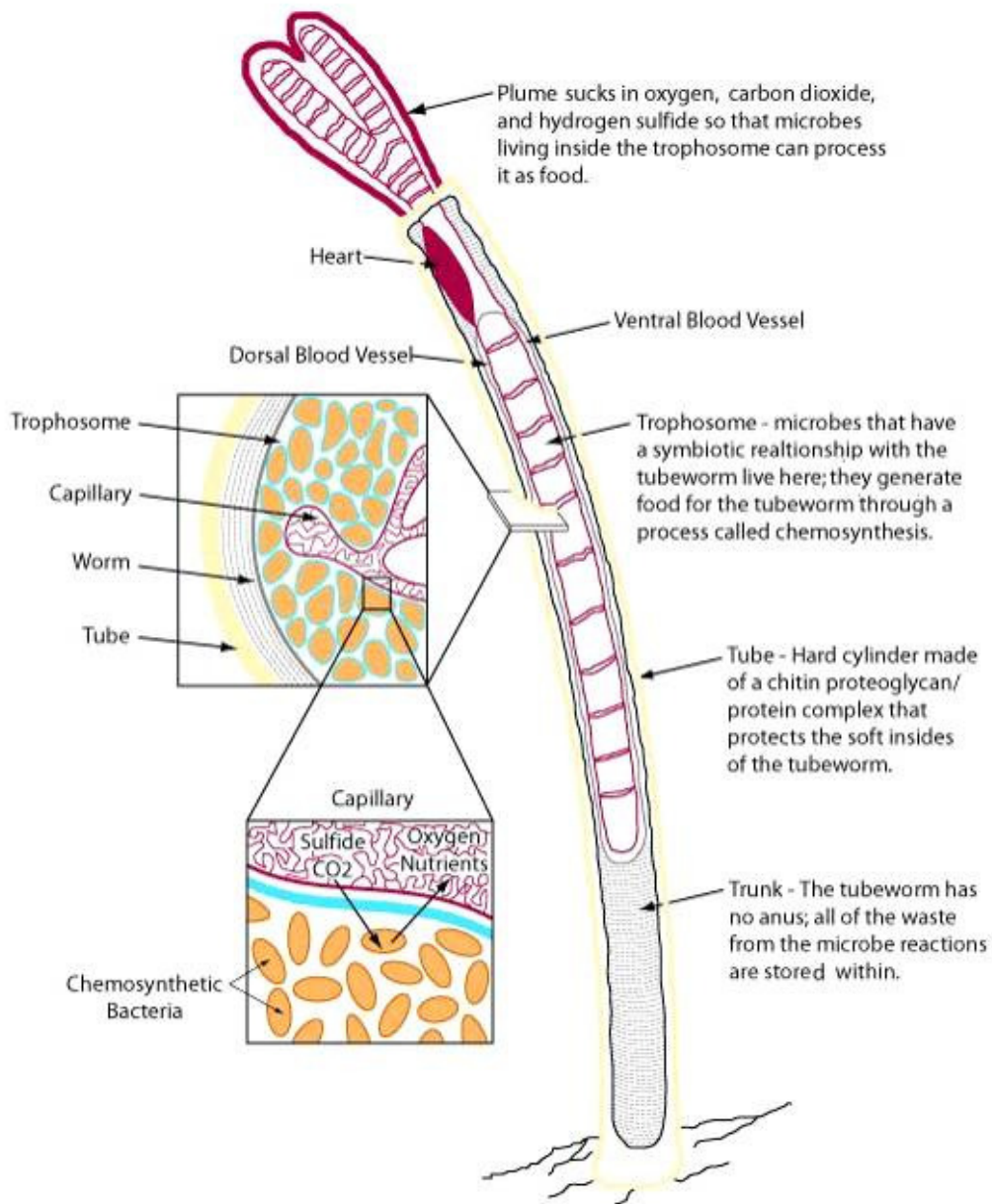
Siboglinium



Bobmarleya gadensis

*2008, záliv Cádiz, -2200 m

2) Vestimentifera - až 1000 chapadel dále rozvětvených



Riftia pachyptila

vých. Pacifik, černé kuřáky - často dominantní, nejrychleji rostoucí bezobr. (85-160 cm/rok), rychlá kolonizace nově vzniklých habitatů (stálý pool larev?)



Lamellibranchia luymesii

trubice max. 3 m, průsak uhlovodíků, Mexický záliv, -500 až -800 m; pomalý růst, až >250 let (!), „kořeny“ nasává H₂S

Molusca: Bivalvia

- mlži s chemoautotrofními symbionty: *Vesicomidae*, *Mytilidae*, *Solemyidae*, *Thyasidae*, *Lucinidae*, *Teredinidae*
- kolonizace hlubokomořských vývěrů pravděpodobně z mělkého moře, mezistupeň: velrybí zdechlina, potopené dřevo
- larvy nesený abysálními proudy (X00 km), stimulace přisednutí: vysoká mikrobiální denzita, teplota a H₂S



Calyptogena magnifica - až 25 cm
ř. Veneroidea, čel. *Vesicomidae*
(*Kelliellidae*?); hydrotermální vývěry,
metanové průsaky; Východopacifický práh
a Galapážský rift; chemoautotr. symbionti
na žábrech; trávicí trakt vymizel; aktivně
lezou; potrava pro chobotnice?



Bathymodiolus: ca 20 druhů
ř. Mytiloidea, čel. *Mytilidae*
Atlantik; přichycení byssovým
vláknem, symbionti na žábrech, ale
ústa a střevo zachovány, filtrace
bakterií z vody; hustoty až 300
ind./m²; největší *B. boomerang*
(až 36 cm)

„Polychaeta“

- z hydrotermálních vývěrů a studených průsaků známo ca 110 druhů (z ca 8 čel.)
- různá trofická úroveň – spásači bakteriálních povlaků, predátoři, mrchožrouti (např. *Galapagomystides aristata* - hemofág?)
- **Polynoidae** – 2. největší čel., 20 podčel.; abysální pláně, příkopy, hydrotermální vývěry (40 druhů), velrybí mršiny; 23 % druhů komenzálních - hostitelé: žahavci, mlži, Vestimentifera atd.



Branchipolynoe, čel. Polynoidae
ca 20 druhů na Vestimentifera,
Bathymodiolus a *Calyptogena* (až 90%
prevalence!) komenzálové nebo paraziti?
v hostiteli heterosexuální páry



Alvinella pompejana, čel. Alvinellidae
až ca 13 cm; mukózní rourky na stěnách
černých kuřáků, pionýrský druh; zád' až
80 °C, před' ca 20 °C; na zádech epibiontní
chemolitotrof. bakterie

Decapoda: Caridea

- krevety čel. *Alvinocarididae* (*Mirocarididae*) - specialisté na redukční prostředí, *Bresiliidae*, *Oplophoridae*
- zvláštní adaptace očí, karetenoidové pigmenty, chemoautotrofní epibionti (na ústních končetinách, stěnách žaberní komůrky, ve střevě)



Alvinocaris, čel. *Alvinocarididae*
rod široce rozšířen v Atlantiku i
Pacifiku; >10 druhů; vysoké denzity
na slávkovém podloží



Rimicaris exoculata, čel. *Bresiliidae*
až 5,5 cm; dominantní na komínech černých
kuřáků Středoatlantského hřbetu (až 2500
ind./m²); oko chybí, ale má světločivný
dorzální orgán (modro-zelená a IR) x u
juvenilů podobná stavba jako oko povrch.
druhů

Decapoda: Anomura, Bachyura

- **Anomura** - většinou pouze částečná nutriční závislost na chemoautotrofech; čel. Galatheidae, Kiwaidae, Chirostylidae, Lithodidae
- **Brachyura** – specializované čel. Bythograeidae, Xenograpsidae....



Kiwa hirsuta

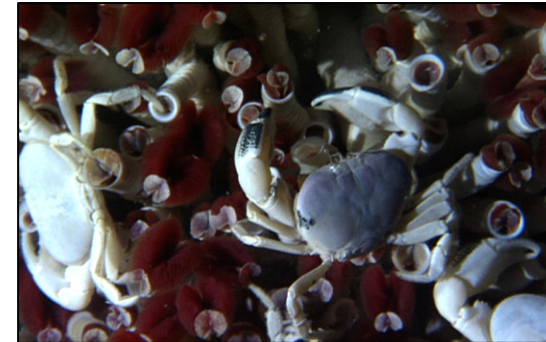
„yeti-lobster“ *2005
čel. Kiwaidae, ca 15 cm;
hydroterm. vývěry
- Východopac. práh;
slepý, ochlupení:
symbiontní bakterie;
mrchožrout



Galatheidae



Lithodidae



Bythograea therydron

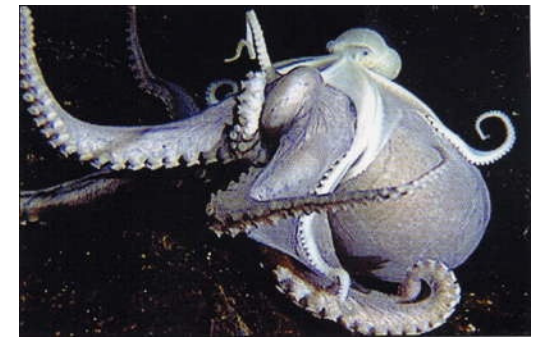
čel. Bythograeidae: 13 druhů
vrcholoví predátoři hydroterm.
vývěrů v Pacifiku; průsvitný
karapax, bez pigmentace; u
dospělců chybí vnější struktura
oka × u juvenilů oko velmi
citlivé; gravidní ♀ - větší
vzálenost od vývěrů (embrya
citlivá na sulfidy)



Thermarces cerberus
čel. Zoarcidae – slimulovití
(Perciformes - ostnoploutví)



Bythites hollisi, čel. Bythitidae
jeskyňovcovití (Ophidiiformes -
hrujovci); běžný na Galapážském a
Východopac. riftu



Vulcanoctopus hydrothermalis
čel. Octopodidae

endemit hydroterm. vývěrů Východopacif.
prahu; ♀ velmi vzácné, nemají spermathéku;
parazitický klanonožec *Genesis*
vulcanooctopusi (*2000)

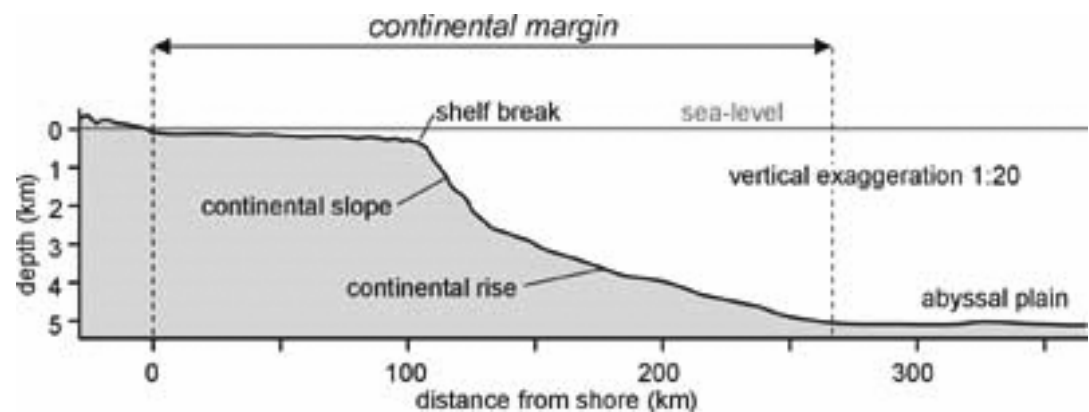


Hlubokomořské dno: abysální pláň

- ca 60 % povrchu Země
- prům. hloubka -4500 až -6000 m, nerovnosti překryté jemným prachem
- především Atlantik a Indický o., Pacifik málo (lemován příkopy, které zachytí většinu sedimentu)
- biogenní sedimenty – vápnitý kal (kokolitky, dírkonošci, jemně rozdrčené schránky živočichů), makroúlomky měkkýšů a korálů, křemitý kal (rozsivky, mřížovci)
- zdánlivě pustá, ale relativně velká druhová bohatost
- dírkonošci, hlístice, stejnonožci, mnohoštětinatci, mlži, ostnokožci, žaludovci; zdrojem potravy nejčastěji bakterie



nádobí z Titanicu
abysální pláň, sv. Atlantik



Cnidaria



Pennatulacea, Alcyonaria:
A) *Umbellula*: 42 druhů
čel. Umbellulidae



Boloceroides daphneae
čel. Boloceroididae
(Actiniaria); prům. stvolu
1 m, chapadla až 3 m;
vých. Pacifik, kolem
-2500 m, blízko
hydroterm. vývěřů, *1990

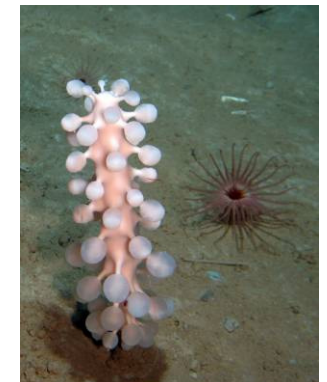
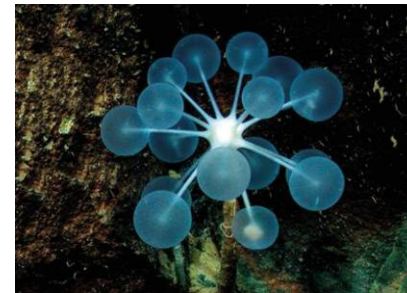


Actiniaria:
Actinoscyphia sp.
čel. Actinoscyphidae
„fly-trap anemone“

„Porifera“



Hexactinellida – mnohojaderné
syncytium, křemité jehlice, často
tvoří početné skupiny; a)
Hyalonema sp., -100 až -6000
m, b) *Euplectella aspergillum*
houba pletená, až 60 cm



Chondrocladia - ca 35 druhů
(Demospongia), karnivorní,
kolem -2000 m



Biremas sp. („Polychaeta“)
trsy jemných chapadel
kolem úst k plavání



Pycnogonida - nohatky
hlubokomořští až 50 cm (!),
sají na bezobratlých;
Monterey Canyon ca -3000 m



Megadicopia hias
Ascidiacea, čel.

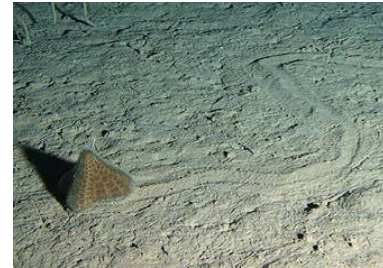
Octacnemidae; Monterey Bay,
-200 až -1000 m; dravec,
ústní otvor rychle sklapne,
kořist (klanonožec) je
strávena, zase se otevře



Bathynomus giganteus
(Isopoda, čel. Cirolanidae)
až 70 cm; velké složené
oči, schopnost volvace,
mrchožrout i dravec; velká
vajíčka, larva chybí; studené
vody Atlantiku, -200 až -2200 m

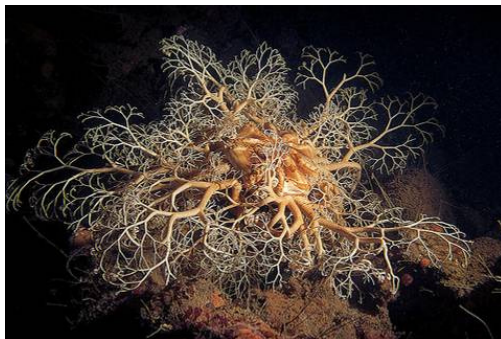
Echinodermata

- hlavní složka bioty mořského dna, zanechávají typické cestičky



Ophiuroidea - hadice

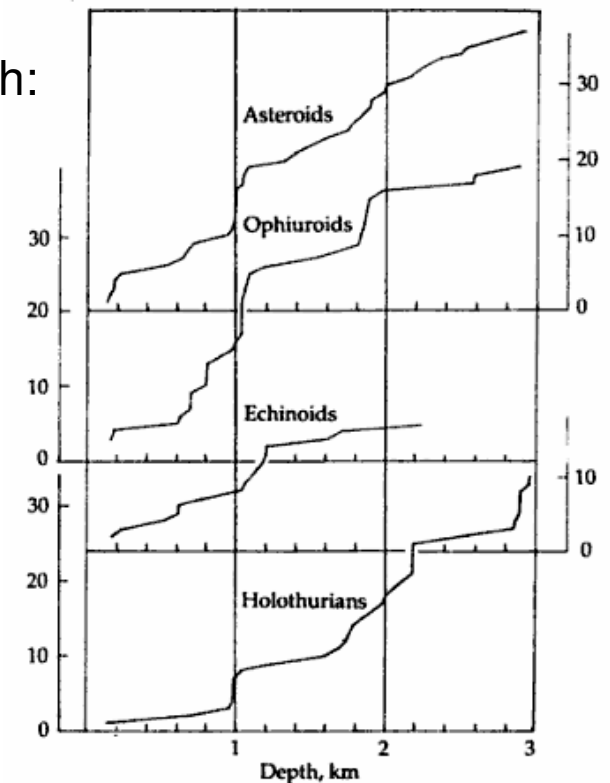
- celkem ca 1900 druhů, mnoho z nich hlubokomořských: -500 až -7000 m
- často sdruženy s houbami a žahavci



Gorgonocephalus arcticus
„Northern basket star“
čel. *Gorgonocephalidae*
(ř. Euryalida); Sev. Atlantik
až -1500 m



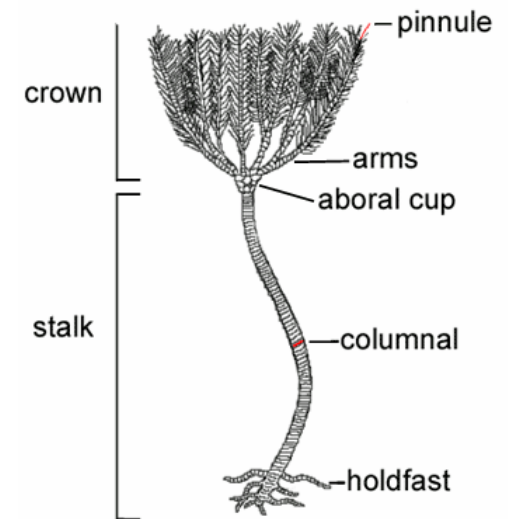
Amphiura filiformis
čel. *Amphiuridae*
(ř. *Ophiurida*); zahrabává
se do sedimentu; Severní
moře, -5 až -1200 m



Kumulativní nárůst druhů
ostnokožců - sv. Atlantik, vlečná síť
(Gage 1986)

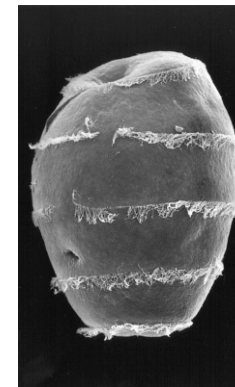
Crinoidea - lilijice

- bazální větev ostnokožců
- tělo vyztužené pohyblivými vápenitými destičkami
- většina druhů (x tis.) fosilních – radiální speciace v ordoviku a triasu; crinoidové vápence (+ dírkonošci, měkkýši)
- fosilní a hlubokomořské mají stvol („sea lilies“)
- typické na hranách kontinentálního zlomu
- recentní hlubokomořské: ř. *Isocrinida*, *Millericrinida*, *Cyrtocrinida*, část *Comatulida* (ca 20 druhů)



Rhizocrinus lofotensis

čel. Bythocrinidae, Comatulida
až 10 cm; často husté porosty,
od -800 až do více než -2000 m;
(„živoucí fosilie“ - *G.O. Sars,
1864)



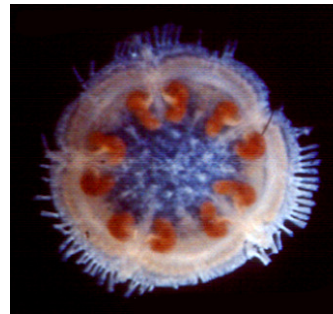
doliolaria



*Agaricocrinus
americanus*

Asteroidea - hvězdice

- až do hloubek -6000 m a více; predátoři/mrchožrouti, filtrátoři (např. *Novodinea*, potravou jsou nejč. batypelagičtí klanonožci), „bahnožrouti“



Xyloplax turnerae - 2-13 mm, abysál, na potopeném dřevě;
Concentricycloidea - pův. jako 6. třída ostnokožců, ale zřejmě patří mezi hvězdice

čel. *Zoroasteridae*

36 druhů, hloubky -200 až -6000 m celosvětově; malý středový terč a dlouhá štíhlá ramena; bílé až oranžovočervené; fosilní záznam

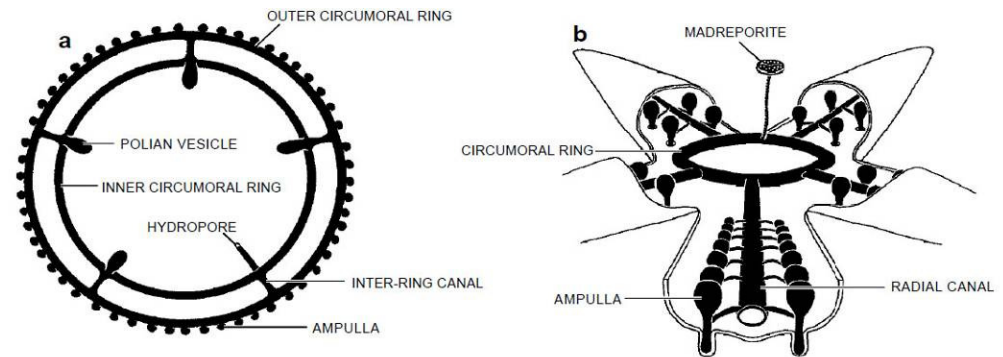


Figure 2. Comparison of adult water-vascular morphology. a: Concentricycloids (based on original descriptions of *Xyloplax turnerae* (Rowe et al. 1988)). b: Other asterozoans (based on asteroids).

Holothuria - sumýši

- 95 % biomasy mořského dna; většina bentických, ale někt. dokážou aktivně plavat
- bohatá střevní mikroflóra - účinnější trávení



Eynpniastes eximia
čel. Pelagothuridae
ca 20 cm; jemné
želatinózní tělo, chybí
vápnité destičky, obrana:
lepivé vlákno; plave, ale
špatně kráčí

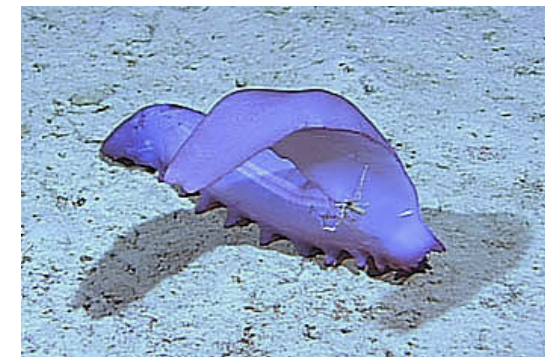


Scotoplanes globosa
„sea pig“, čel. Elpidiidae
až 10 cm; Atlantik a
Indopacifik, ca -1000 m;
tubulární kráčivé výběžky,
často vysoké density
<http://www.youtube.com/watch?v=x3dvs6C8c7g>

<http://www.youtube.com/watch?v=gr5tN33VziM&feature=related>



Paelopatides confundens
čel. Synallactidae; ca 20 cm,
schopnost plavat



Psychropotes longicauda
čel. Psychropotidae
kosmopolitní druh

Echinoida - ježovky

- systém složitý, nejasný
- ř. *Echinothuroidea* – bazální skupina pravidelných ježovek, většina druhů hlubokomořských; schránka tenká, dekalifikovaná, primární ostny „kopýtkaté“, hřbetní ostny s jedovým váčkem, asi 50 druhů; až do -5000 m



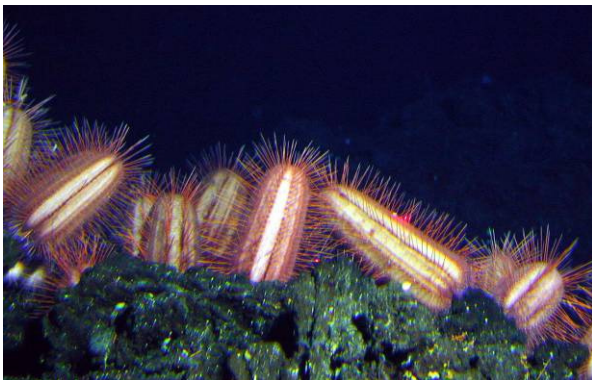
Araeosoma belli

vých. Indický oceán



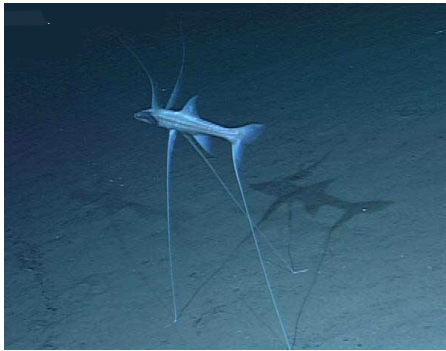
Phormosoma sp.

- ř. Echinoida



Dermechinus horridus „cactus urchin“
3x vyšší než širší, Aristelova lucerna
malá – zřejmě filtrující mikrofág,
primární ostny dlouhé svítící,
sekundární krátké, ale ve velkém
množství; j. polokoule

Ryby a paryby



Aulopiformes - jinožábří

Bathypterois grallator - bezočka chůdovitá, „tripod fish“
čel. Ipnopidae; max. 40 cm, tuhé prodloužené břišní a
ocasní paprsky, plankton naráží do prsních ploutví;
hemafrodit



Lophiiformes

čel. *Ogcocephalidae* – chřestivcovití, „walking bat-fish“
chemické látky k nalákání kořisti: korýši, ryby,
mnohoštětinatci; -200 až -1000 m



Hexanchiformes - šedouni

Chlamydoselachus anguineus - žralok límcový
až 2 m, kosmopolit, -150 až -1500 m, „živoucí fosilie“;
loví sépie, žraloky a hlubokomořské ryby

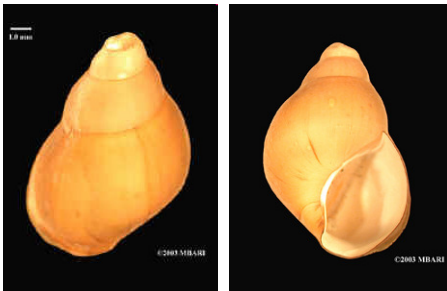
„...zdechlina rozežraná na horkém loži z oblázků...“

- **mořský sníh** – drobná těla (zooplankton) padající ke dnu (krab *Xenograpsus testudinatus* – mělké hydroterm. vývěry u Taiwanu, ca -200 m)
- uhynulá těla kytovců, paryb, ryb a tuleňů – sukcese společenstva rozkladačů
 1. mobilní mrchožrouti – rozklad měkkých tkání (různonožci, hlubokomořské ryby a žraloci), rychlost rozkladu až 40–60 kg/den
 2. oportunističtí rozkladači (mnohoštětinatci, klanonožci, krabi, hadice) – kolonizace živinami obohaceného okolí, denzity až 40 tis. ind./m²
 3. anaerobní rozkladači kostí (červi, mlži, stejnonožci, bakterie) – společenstva podobná hydroterm. vývěrům
- velrybí mršiny - relativně časté habitaty, dosud zaznamenáno >400 druhů rozkladačů (z toho ca 21 výlučně), rozklad může trvat 10-15 let





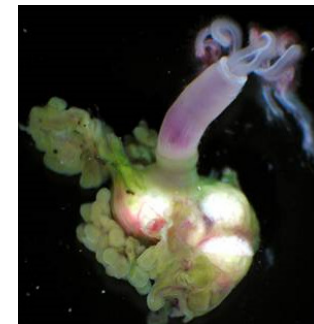
čel. *Lysianassidae* – největší čel. různonožců (>500 druhů), jedni z nejhojnějších mrchožroutů ve světovém oceánu; např. *Eurythenes gryllus* – max. 14 cm, kosmopolit, hlavní dekompozitor hlubokomořského prostředí, batotolerantní (až -7800 m), stenotermní; velké mandibuly na krájení potravy, velké střevo, pomalý metabolismus, přežije dlouhé hladovění, při žraní zvětší objem těla 3-5x



Columbellidae:
Astyris permodesta



Lithodidae: *Munidopsis* sp.



♀

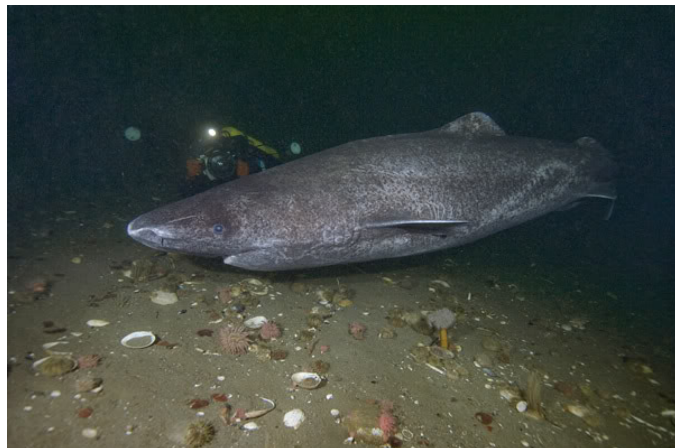


♂

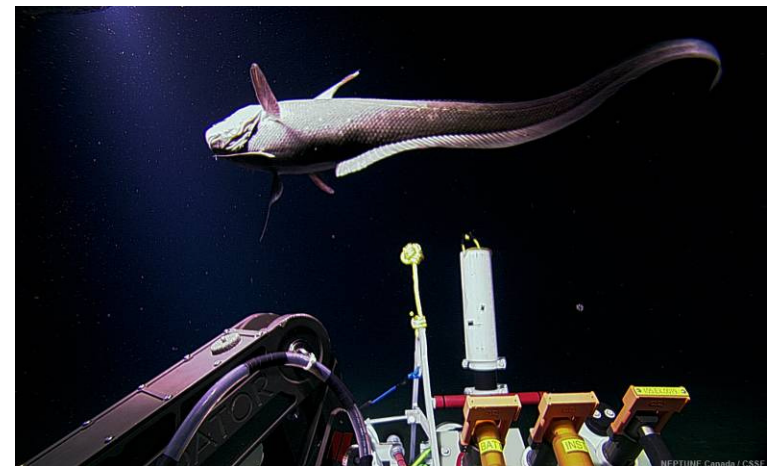
Osedax frankpressi – čel. Siboglinidae, ♀ až 7 cm, ♂ 0,2 mm – žijí v těle ♀ (až 100 ind./♀), stádium trochofory, determinace pohlaví dle místa, kde larva přisedne; slizovitý obal, tkáň se symbiont. bakteriemi trvale zanořené v kosti (zeleně), pérovitá chapadla k dýchání kyslíku; vysoká produkce vajíček (vaječníky bílé), po sežrání kosti červ uhyne; dosud 2 druhy rodu



sliznatky čel. *Myxinidae* (Cyclostomata)
kolonizují mršinu jako první, často X00
jedinců z okolí až 2 km; např. *Eptatretus*,
Myxine



Somniosus pacificus - světloun pacifický
(Squaliformes - ostrouni); údajně až 7 m, sev. Pacifik, kontinentální šelf a svahy, až
kolem -2000 m; na velrybích mršinách největší jedlík



ryby čel. *Macrouridae* - hlavounovití
(Gadiformes - hrdloploutví)
až 15 % všech abysálních ryb;
např. *Coryphaenoides armatus*
- hlavoun ozbrojený; sv. Pacifik