

Dynamická geologie (základní pojmy kursů G1021, G1021k)

I. Úvod do studia geologie

Geologie jako přírodní věda (termín geologie - H.B. de Saussure - 1799) – specifika geologie – studium fyzikální, chemické, biologické a energetické stránky procesů probíhající na Zemi v určitém časovém rámci (věda historická)

Geologické vědy – členění geologických disciplín a postavení dynamické (všeobecné) geologie v rámci geologických věd. Měřítko studovaných objektů geologických věd (prostorová a časová).

Předmět studia dynamické geologie a předmět jejího zájmu (endogenní procesy a exogenní procesy)

II. Historie poznání planety z pohledu geologických věd

Pravěk – doba kamenná: Paleolit (náhodný vs. cílený sběr hornin), přírodní procesy a jejich role v náboženských mýtech, zpracování surovin – tvorba nádob, ozdob, zbraní. Paleolit/neolit – cílená těžba surovin, doba bronzová, doba železná - zpracování kovů.

Rozvoj obchodu – rozvoj poznání (geologická stavba, geomorfologie). Mapy nalezišť nerostných surovin (starověký Egypt). Minerály – léčivé vlastnosti.

Petroarcheologie

Řecká civilizace (milétská škola, Empedokles z Akragantu, Herodotos, Aristoteles...)

Římská říše- Výbuch Vesuvu – 79. n.l. Plinius starší (Historia Naturalis), Plinius mladší ...

Keltové a Germáni, stěhování národů

České země - starověká a středověká těžba (Keltové, Germáni a Slované) - Jihlavské důlní právo

Novověk – reformace -renesance (kolize přírodovědného poznání a dogmatického společenského názoru)

Rozvoj řemesel, zámořské objevy (Vasco da Gamma, Kolumbus, F.Magallan..) a přírodovědné objevy (Koperník, Galileo, T. Brahe...)

Jáchymov – Georg Bauer –Agricola 1494 – De re metallica libri XII

Leonardo da Vinci – zkameněliny - R. Descartes (nebulární teorie)

Rozvoj fyziky, chemie, biologie - G.Buffon (1707-1788) – systematika biologie, vývoj Země

G.Cuvier – studium Pařížské pánve (teorie katastrof)

J.B.Lamarck – proměnlivost druhů

W.Smith – zákon vřdčích zkamenělin

Průmyslová revoluce – nárůst spotřeby surovin

První „ucelené geologické hypotézy“ - neptunisté (freibergská škola - A.G.Werner) vs.

plutonisté (uniformismus - J.Hutton)

První moderní učebnice geologie Ch.Lyell - Principles of Geology (1830), vznik evoluční teorie Ch. Darwin - (1859).

Vznik učených společností, klubů, muzeí a ústavů (J.Barrande.....), role poznání geologické stavby, rozsáhlá kartografická a geologická mapování (Indie, Afrika..), Rakouský geologický ústav ve Vídni (1849)

Obrovský rozvoj přírodovědných disciplín a poznání (od konce 19.století) - nové laboratorní techniky (polarizační mikroskop, objev radioaktivity, chemické analýzy,). Rozvoj

přírodovědných disciplín – interdisciplinární obory (geofyzika, geochemie,..., specializace, integrace). Globalizace - analýza a syntéza dat – „nová globální tektonika“
Současnost - Úloha experimentu, modelování, šíření informací...

III. Základní geologické zákony/principy

Podobně jako ostatní vědecké disciplína i geologie vychází z řady zákonů / principů. Vzhledem k tomu, že geologie je vědou přírodní i historickou musí zákony zohlednit toto specifikum. Principy geologie mají statisticko-pravděpodobnostní charakter – určité odchylky.

III.1. Princip aktualismu (Ch.Lyell)

Geologické procesy, které probíhají v současnosti se neliší od procesů, které probíhaly v minulosti. Chybná premisa principu- přírodní fenomény jsou produktem stejných sil, které působí dnes se stejnou intenzitou a stejným rytmem????? Vývoj planety.

Hlavní příčiny rozdílů vůči absolutní platnosti tohoto principu:

Změny fyzikálně chemických podmínek na planetě - vývoj atmosféry, hydrosféry, zemských geosfér, změny zapříčiněné vznikem a vývojem života (rozdílné přírodní procesy, tvorba sedimentů, rychlost eroze, změna životní strategie a podmínek organismů), role člověka, rozdíly v intenzitě geologických činitelů (vulkanismus, tektonika, rychlost sedimentace, proporcionalita sedimentů, zalednění, klimatické změny, unikátní sedimenty - prekambričké Fe rudy, vrstevnaté fosfority, atd.).

Změny astronomické a mimozemské - množství impaktů, délka dne a počet dní během roku.

III.2. Zákon stejných zkamenělin (W.Smith)

Geologické vrstvy, které obsahují stejné zkameněliny jsou stejně staré.

Platí pouze pro vúdčí zkameněliny - (vúdčí vs. faciální zkameněliny)

III.3. Zákon superpozice (N.Steno)

V normálně uložených vrstevních sledech je spodní vrstva starší než vrstva svrchní.

Problematika aplikace v sedimentárních horninách – rozpoznání normálního vs. převráceného vrstevního sledu, neptunické dajky, výplně kaveren, říční terasy....

Problematika určení relativního stáří v rámci vyvřelých hornin (intrusivní a extrusivní) – pravidlo superpozice + pravidlo „prorážení“

Problematika určení relativního stáří v rámci metamorfovaných hornin- věk horniny a věk metamorfózy, vztah vůči okolním horninám jiné geneze (metamorfované horniny jsou starší než nemetamorfované horniny v jejich přímém okolí).

Problematika určení relativního stáří v tektonických poruch - relativní stáří zlomů (nejmladší zlom je ten, který porušuje ostatní zlomy nebo geologická tělesa a sám není porušen).

IV. Čas a metody jeho měření v geologii - Geochronologie

Geologické procesy a pojetí i role času (rychlost, vzájemný sled dějů..)

Historická geologie a stratigrafie - určení stáří planety a stáří hornin

Metody určování stáří hornin

IV.1. Relativní věk – aplikace především zákona superpozice a zákon stejných zkamenělin, litologické (litostratigrafické) metody a paleontologické (biostratigrafické) metody.

Pochopení geologické stavby a vývoje zájmové oblasti.

IV.2. Celkový věk („absolute age“) - chronostratigrafie

Dvě velké skupiny metod radiometrické a neradiometrické metody

IV.2.1. Radiometrické metody – uzavřený izotopický systém, samovolný přirozený rozpad mateřského (nestabilního) izotopu na dceřinné izotopy (stabilní). Množství a poměry mateřských a dceřinných izotopů jsou funkcí rozpadové konstanty - poločas rozpadu.

Řada různých metod (rozdílné izotopy – rozdílné poločasy rozpadu- rozdílná citlivost vůči vnějším vlivům- sedimentární vs. magmatické vs. metamorfované horniny- dostupnost vhodného minerálu).

Nejběžnější metody: metody uran –olovo, thorium-olovo ($U^{238} \rightarrow Pb^{206}$ p.r. 4,47 Mld., $U^{235} \rightarrow Pb^{207}$ p.r. 0,7 Mld., $Th^{232} \rightarrow Pb^{208}$ p.r. 14 Mld.), metoda poměrů izotopů olova (radioaktivní izotopy olova vs. neradioaktivní izotop Pb^{204}), metoda stop štěpení (Fission-track - hustota spontánních a indukovaných stop po průletu částic v krystalové mřížce), kalium –argonová metoda ($K^{40} \rightarrow Ar^{40}$ p.r. 11,9 Mld.), rubidium-stronciová metoda ($Rb^{87} \rightarrow Sr^{87}$ poločas rozpadu 47 Mld., aplikace poměru izotopů stroncia - poměr Sr^{87}/Sr^{86}), neodym – samariová metoda ($Nd^{143} \rightarrow Sm^{147}$ pol. rozp. 106 Mld.), radiouhlíková metoda ($N^{14} \rightarrow C^{14}$ pol. rozp. 5730 let), triciová metoda (izotop H^3 pol. rozp. 12,3 roku).

IV.2.2. Neradiometrické metody- metody rychlosti sedimentace/počítání přírůstkových vrstev (varvová stratigrafie, dendrochronologie, zvětrávací vrstvy, rychlost sedimentace vs. množství extraterestrického materiálu, kolagenová a fluorová metoda určení stáří kosterních zbytků).

Paleomagnetické metody

V. Vesmír (vznik, složení, vlastnosti) – kosmologie a planetologie

Extraterestrická geologie

Náboženské mýty a báje – pozorování oblohy (Egypt, Mezopotámie, Mexiko – Mayové, tvorba kalendáře, cykly, komety..)

Konec středověku počátek novověku (pozorování novy, první dalekohledy-čočkové refraktory, geocentrický vs. heliocentrický názor)

Pozorování v různých vlnových pásmech (infračervené vlny, radiová astronomie - kvasary, pulsary, reliktní záření, rentgenová astronomie). Pozorování na oběžní dráze Země.

V.1. Vznik vesmíru

Teorie „**velkého třesku**“ - big bang (počáteční singularita) vs. big crunch (závěrečná singularita). Prostor a čas jsou funkcí expandující hmoty. Stáří vesmíru – nejrůznější hodnoty mezi 10-20 Mld. let (metody: věk nejstarších hvězd, radiometrická chronologie, kosmologická dynamika rozpínání vesmíru). Výsledek stáří mezi 12-13 Mld. Doklady velkého třesku a rozpínání vesmíru - E.P.Hubble - „rudý posun“, reliktní radiové záření (izotropie, teplota), kosmologický princip rozpínání vesmíru.

Doba trvání/existence vesmíru (30-160 Mld. let.) - uzavřené a otevřené modely vesmíru.

Hadronová éra, homogenita - heterogenita prvotního vesmíru. **Spektrální záznamy** – určení složení vesmíru (Odd-Harkinsonovo pravidlo: Se stoupajícím atomovým číslem klesá zastoupení chemických prvků ve vesmíru (výjimka kolem a.č. 24 - Cr, Ni, Fe, Mn). Prvky se sudými at. čísly jsou hojnější než s lichými. Stejný proces vznik prvků ve vesmíru (**nukleosyntéza** – tvorba prvků, supernovy)

Základní stavební kameny vesmíru jsou **galaxie** (milióny galaxií – tvar, vývoj, složení)

Základní stavení kameny galaxií jsou **hvězdy**. Rozhodující silou galaxie je **gravitace** – rovnováha mezi pohybem/expanzí a gravitací (tvar galaxie, kulové hvězdokupy, spirální,

nepravidelné a eliptické galaxie). Stáří hvězd, jejich rozmístění v galaxii a charakterem hvězdy existují zákonitosti.

Galaxie Mléčná dráha - miliardy hvězd (rotace galaxie kolem středu - galaktický rok - 250 Mld.)

V.2. Vznik hvězd

Základem je nebulární teorie o sluneční mlhovině (Descartes, Kant, Laplace) – model naše Slunce. **Mračno mezihvězdné hmoty/nebule/mlhovina** (chladný plyn a prach – H, Si, C) - dynamický impuls (výbuch hvězdy, průchod spirálním ramenem galaxie,..) – gravitační kondenzace – globule -protohvězda (hybnost vs. hmotnost)- zapálení termonukleárních reakcí (sluneční vítr).

Sluneční cykly – termonukleární reakce (H –He), sluneční cykly (ovlivnění tvorby C14), stáří Slunce 4,6 Mld. Předpokládaný budoucí vývoj - žlutý trpaslík (10 Mld.) - červený obr - bílý trpaslík.

Vývoj hvězd - Hertzsprung-Russelův diagram (**diagram hlavní posloupnosti**) – závislost spektrálního typu hvězdy a povrchové teploty vs. absolutní hvězdná velikost (magnitudo)

V.3. Sluneční soustava

Slunce, 8 (?Pluto,Xena,..) planet, asi 35 měsíců, asi 50 000 asteroidů, množství rojů asteroidů, meteoritů a komet. Slunce 99,87% hmotnosti soustavy

Vznik planet (kondenzační teploty planet-rozdíly ve složení a vnitřní stavbě, smysl rotace planet vs. smysl rotace slunce, rozmístění a vlastnosti planet, index hybnosti)

Vznik planet společný proces se vznikem slunce – procesy v centru a na periferii kondenzujícího mračna, role impaktů, proces akrece. Vznik hmotnostních zárodků tzv. zvlčkovatění (shluky částic o velikosti kolem 100m) - planetesimály (5 km) – protoplanety (10 km). Rychlost tvorby planet vs. vývoj hvězdy (termonukleární reakce – sluneční vítr-zbytek neakretovaného materiálu na periferii).

Další teorie vzniku planet – gravitační zachycení mezihvězdného materiálu Slunce, vydělení materiálu ze Slunce vlivem gravitačního působení jiné hvězdy nebo vlivem vysoké počáteční rotace.

Rozdělení planet

Vnitřní planety – planety terestrického typu (malé rozměry, vysoká měrná hmotnost, málo satelitů, pevný povrch, obdobné složení jako Země). Možnosti srovnání raných stadií vývoje sluneční soustavy a Země, procesy diferenciacce Země, vnitřních zemských geosfér).

Merkur (pomalá rotace, vlastní magnetické pole, vysoká průměrná měrná hmotnost podobná Zemi – existence „železného“ jádra, impaktní krátery, zlomová pásma v oblasti rovníku, bez satelitů, absence atmosféry)

Venuše (podobná měrná hmotnost, velikost a gravitační konstanta jako Země, opačný směr rotace, chybí magnetické pole, hustá a horká atmosféra, bez satelitů, vnitřní diferenciacce, konvenční proudy)

Mars (menší hustota, vnitřní diferenciacce-jádro, plášť a kůra, řídká atmosféra, 2 velmi malé satelity). Geologie Marsu, určování typů hornin, určování depozičních prostředí a procesů, vysoká mocnost kůry (vulkanicko-tektonické oblasti, kaňony (Coprates v.), štítové sopky (Mt.Olympus), impaktní krátery, polární čepičky - obsahují vodu (led), CO₂, prachové částice, sezónní změny, pouště a duny (prachové bouře). Vývojová období Marsu (Noachián, Hesperian, Amazonián) – vulkanismus vs. oceány vs. zalednění vs. atmosféra. Meteority z Marsu na Zemi - (SNC) - vyvěřeliny, stáří krystalizace 1,3-3,9 Mld., Fe³⁺, obsahy stopových prvků, poměry izotopů, pozůstatky života?).

Pásmo asteroidů (role látkové diferenciacce a akrece, rozdílné složení vnitřního a vnějšího pásu).

Vnější planety (značná velikost, malá měrná hmotnost, fluidní složení, absence pevného povrchu, množství satelitů, ledové prstence). Velmi odlišné procesy a složení od Země.

Jupiter (největší planeta, 2,5x hmotnější než ostatní planety, pozice uprostřed soustavy, významná produkce vlastní energie, silné radiační a magnetické pole, množství měsíců, různá velikost a vlastnosti - Amalthea, Ió, Europa, Ganymed,..., „malá sluneční soustava“)

Saturn (obrovské měsíce – Titan), **Uran, Neptun**

Pluto a planetoidy obdobného typu

Kometární oblaky/mračna – celkově 50x větší hmotnost než Země, tvořené ledem a prachem.

Měsíc

Geologicky vyvinutý objekt (stáří hornin 3-4 Mld.), obdobná stavba k planetám terestrického typu. Velmi rychlá diferenciaci.

Vazba Země-Měsíc (značná velikost satelitu ve srovnání s mateřskou planetou, průměrná měrná hmotnost Měsíce 3,34 g/cm³ - hodnoty pláště Země)

Měsíční náhorní planiny a moře (chemická a hustotní diferenciaci). Měsíční krátery.

Vznik Měsíce- teorie: zachycení zemskou gravitací?, dvojpřaneta?, odtržení od Země v rámci obrovského impaktu 4 Ga, kolize tělesa velikosti cca Marsu a Země, trosky po impaktu se ustanovily jako orbitální disk, kolize a akrece materiálem disku vedla ke vzniku Měsíce.

Slapové síly.

Meteority

Stadium akrece, srovnání role diferenciaci zemského tělesa vůči primitivnímu počátečnímu složení, radiometrické datování). Původ- pásma asteroidů, Měsíc, Mars.

Složení – rozmanité složení. Několik základních skupin dle složení (kovové Fe, sirníky, křemičitany) a role diferenciaci, další vnitřní dělení např. mineralogické.

Chondrity (84%) - chondry (pyroxen, olivín), základní stavební materiál sluneční soustavy, uhlíkaté chondrity. Kamenné primitivní nediferencované, dominují silikáty.

Achondrity (8%) - přetavení (zbytky planet?), diferencované meteority, absolutní dominance křemičitanů.

Železa (6%) – diferenciaci, významné zastoupení kovů a menší role silikátů.

Siderolity (2%) – diferenciaci, obsah kovů a silikátů je v rovnováze.

V.4. Teorie katastrof - impakty

Globální měřítko katastrofy - mimozemský původ. Důvody: pozice planet, dopady vesmírných těles (asteroidy, komety).

Kosmický/hvězdný prach: částice s velikostí kolem 0.001- 1 mm (konec v atmosféře)

Četnost pozemských impaktů – vazba velikost a četnosti (kosmický prach odhad 100 trilionů impaktů denně - velké tělesa/planetky jsou extrémně vzácné cca jednou za 100 Ma). Roční přírůstek hmotnosti Země cca 170 000 tun.

Velké impakty – hromadné vymírání organismů/mass extinction -Chicxulub Impact Structure, Mexico (Yucatán – hloubka 9 km, průměr 200km), 65 Ma, hranice křída/terciér, meteorit ~10 km v průměru, Iridiová anomálie (cca 30x navýšení).

V.4.1. Impaktní krátery

Možnosti zachování impaktních kráterů vnitřní planety sluneční soustavy vs. Země (různé stáří kráterů) – geologická činnost Země (cca 100 Ma existence kráteru). Rané stadium planety - akrece (zmírnění bombardování 4,2-3,6 Mld.)

Na Zemi katalogizováno asi 130 kráterů (kontinenty vs. oceány). Doklady: impaktové struktury (krátery) + další doklady (brekciace hornin, tektitová skla, šokové křemeny/minerály/horniny, vysokotlaké SiO₂ minerály, kuželovité tříštění, chemické anomálie, obohacení iridiem, ...).

Určující pro výsledek impaktu je kinetická energie dopadajícího tělesa (rychlost, hmotnost), petrofyzikální povaha dopadajícího tělesa a cílových hornin. Šoková metamorfóza (vysoký tlak, vysoká teplota, velmi krátký čas), exploze materiálu, skluzu.

Dvě skupiny kráterů: Úderové krátery (drobná tělesa, malá rychlost, metrové velikosti deprese, zbytky impaktoru).

Impaktní (výbuchové krátery), které lze rozdělit na jednoduché (průměr/ hloubka asi 0,33) a složité krátery (průměr /hloubka asi 0,1, centrální pahorek)

V.5. Vznik Země

Odlišnosti ve srovnání s ostatními vnitřními planetami (atmosféra s vysokým obsahem kyslíku, hydrosféra, povrchová teplota v okolí trojného bodu vody - dlouhodobě, geologicky aktivní planeta – dostatek vnitřních zdrojů energie – tektonická, seismická, vulkanická aktivita, výrazně diferencovaná kůra, existence života,...)

Ve srovnání s primárním materiálem obohacení litofilními refraktorní prvky (v minerálech, které krystalují z magmatu jako první – U,B,Sr), Mg a vzácné zeminy a ochucení o lehké (volatilní) litofilní prvky (Li,Na,K) a refraktorní siderofilní prvky.

Vznik Země procesem akrece. Názory o homogenní vs. heterogenní akrece (primární materiál o stejném nebo rozdílném chemickém složení). Představa heterogenní akrece (vznik za „horka“) ve finálních stádiích modifikace dopady kosmických těles (kometry). Vazba ke vzniku jednotlivých zemských geosfér (jádro, pláště) a jejich složení. Problematika vzniku zemského jádra – několik fází akrece?

Gravitační energie dopadajících těles se mění na tepelnou energii – tavení hornin, gravitační diferenciaci.

Energetické zdroje - gravitační diferenciaci, rozpad radionuklidů, kinetická energie dopadajících těles. Vznik látkově a chemicky stratifikovaného jádra, pláště, zárodků kůry, prvotní atmosféra a hydrosféra. Postupný vývoj všech geosfér – od vzniku Země 4,6 Mld. Role biosféry.

VI. Termální model Země

VI.1. Tepelná bilance planety

Rozhodující faktor geologické aktivity. Existence termálních a látkových nehomogenit a jejich vyrovnávání.

Energetická bilance planety - **vnitřní endogenní vs. vnější exogenní zdroje a procesy.**

Vnitřní energetické zdroje planety: rozpad radioaktivních prvků, procesy gravitační diferenciaci, latentní teplo uvolněné při krystalizaci, teplo exotermních reakcí – hlavní energetický zdroj vulkanismu, magmatismu, zemětřesení, pohybu litosférických desek, metamorfózy, tektonických deformací, vzniku horstev.

Vnější zdroje: především energie Slunce (podrobněji viz. dynamika exogenních procesů).

Energie Slunce vysoce převyšuje vnitřní energetické zdroje planety.

Vývoj v čase – prvotní stadia Země spjata s přeměnou kinetické energie impaktů, za předpokladu přibližně stabilní sluneční produkce energie lze spojit změny endogenní aktivity a vývoje planety Země dominantně s procesy endogenními (jádro, pláště).

Tepelný tok a termální gradient- distribuce tepelné energie v rámci zemském tělese. Výrazné rozdíly mezi jednotlivými oblastmi (geologický vývoj).

Geotherma – závislost tepla na hloubce. Výrazné rozdíly průběhu geothermy v různých místech zemské kůry- horniny s odlišnou termální historií (rozdílná geneze, minerální složení a stavba). Role sedimentace a eroze – snížení a zvýšení teplotního gradientu. Šíření tepla kondukcí/vedení vs. konvekcí/proudění.

VI.2. Pohyby a tvar planety Země

Oběžná dráha kolem Slunce (parametry, excentricita)

Rotace- precese – nutace.

Milankovičovy cykly

Tvar Země studuje a popisuje geodézie, kartografie.

Generalizování složitého tvaru zemského tělesa: rotační elipsoid - sféroid (střední hladina oceánu, kratší osa polární). Geoid.

Gravimetrický model Země – rozložení hmot v rámci zemského tělesa – vnitřní stavba. Variace tíhového zrychlení – nepravidelné rozložení těžších a lehčích hmot. Rotační elipsoid/sféroid s kratší osou pólou, kde je vnitřní rozložení rovnoměrně sférické a výslednice tížnice je v každém bodě kolmá k zemskému povrchu – tíhový referenční elipsoid. Role odstředivé síly na hodnotu gravitačního zrychlení na různých místech zemského povrchu.

Pohyby materiálu na zemském povrchu (slapové síly)

VII. Stavba a složení zemského tělesa

Zemské těleso se skládá z několika **geosfér – zemské jádro, zemský plášť, zemská kůra, hydrosféra, atmosféra (biosféra)**. Vymezení pojmu **litosféra**.

Vnitřní a vnější geosféry a jejich dynamika.

VII.1. Stavba a složení vnitřních geosfér

Možnosti studia vnitřní stavby planety a jejich limity (přímé metody - přirozené objevy, vrtní a důlní díla, sopečné produkty a nepřímé metody - geofyzikální metody- především seismika, moment setrvačnosti). Laboratorní experimenty (vysokotlaká a vysokoteplotní petrologie).

Seismické/zemětřesné vlny (zákonitosti šíření seismických vln – rychlost, povaha dráhy – odraz a lom, vlnoplocha, povrchové a prostorové vlny. Typy seismických vln: a) kompresní vlny: primární (rychlé) prostorové vlny P, průchod kapalinou, pohyb ve směru šíření vlny. b) příčné vlny/ sekundární (pomalejší) prostorové vlny S, neprochází kapalinou, pohyb napříč k e směru šíření vlny(střížné vlny). C) povrchové vlny: Rayleighovy vlny (orbitální dráha – vlnění) a Loveovy vlny (horizontální dráha, pomalejší)

Průchod seismických vln tělesem – deformace, rozdíly mezi jednotlivými vlnami.

Dle rychlosti šíření a povahy dráhy seismických vln lze odvodit že Země je heterogenní těleso (vertikální a horizontální nehomogenity), kde narůstá objemové hmotnosti s hloubkou a jednotlivé geosféry jsou odděleny více či méně výraznými diskontinuitami. Pozvolné vs. skokové změny- změna skupenství, změna fyzikálních vlastností hmoty.

Seismický model („Bullenův model“) stavby zemského tělesa

Povaha diskontinuit (hranice mineralogická vs. hranice chemická).

Geochemické modely stavby Země – modely **chondritové** (procesy diferenciace) vs. modely **achondritové**. Rozložení chemických prvků v jednotlivých geosférách - Goldschmidt, Clark (atmofilní, litofilní, chalkofilní, siderofilní prvky).

Současná stavba a složení je výsledkem dlouhodobé látkové a strukturní diferenciace. Dvě etapy vývoje: a) stadium vlastního formování planety (vlastní akrece, prvotní diferenciace)

b) pokročilé stadium /geologické etapy (pokračující diferenciace geosfér, vývoj zemské kůry, hydrosféry a atmosféry, opakovaný vznik hornin v rámci horninového cyklu, vznik a růst role organického života).

Limitní faktory pro rekonstrukci složení a stavby zemského tělesa: a) primární materiál – chondritický, vývoj v rámci podmínek vnitřních planet – možnosti srovnání.

b) fyzikální vlastnosti zemského tělesa – modely v souladu s poznatky seismických modelů (rozložení hustot, pozice diskontinuit,..).

VII.2. Seismický model Země

VII.2.1. Zemské jádro

17% objemu, 34% hmotnosti zemského tělesa.

Hranice jádro plášť - Wiechert-Gutenbergova (Oldhamova) diskontinuita - 2900 km

Obrovský nárůst hustoty při této hranici z hodnoty kolem 5 g/cm^3 na hodnotu $12-13 \text{ g/cm}^3$, pokles vp z 13,7 na 8,1 km/s, mizí S vlny. Povaha diskontinuity - změna chemického složení kovové jádro Fe,Ni vs. silikáty pláště.

Vnitřně lze jádro rozdělit na a) **centrální jádro** (5150-6378 km), Fe, Ni v pevném stavu.

b) **vnější jádro** (2900-5150 km) – neprochází S vlny, hmota na hranici likvidní a solidní fáze. Možná přítomnost lehčích prvků v jádře (Si,Mg,O,S) – snížení bodu tavení v rámci vnějšího jádra.

Vznik jádra – problematika homogenní vs. heterogenní akrece.

Relativní pohyb vnějšího jádra vůči jádru vnitřnímu a plášti – vysoký termální gradient, **vznik magnetického pole Země**.

Složky magnetického pole Země – a) vnější (sluneční vítr – ionosféra, magnetosféra), b) vnitřní (charakter dipólu, siločáry mezi jižním a severním magnetickým pólem, inverze magnetického pole – magnetostratigrafie, magnetická inklinace a deklinace, intenzita magnetického pole). C) korová složka.

Důvody magnetické inverze.

VII.2.2. Zemský plášť

80% objemu zemského tělesa, významná role pro dynamiku endogenních geologických procesů. Látkově je plášť samostatný rezervoár. Dle seismických charakteristik a diskontinuit lze vyčlenit spodní a svrchní plášť. Někdy vyčleňována přechodná vrstva jádro-plášť (2900-2700km). Spodní hranice pláště (Gutenbergova diskontinuita) v hloubce 2900 km.

Rozsáhlá energetická/tepelná a látková výměna v rámci pláště - konvekční proudění. Problematika interpretace hranice spodní vs. svrchní plášť – celoplášťová konvekce vs. oddělená konvekce ve spodním a svrchním plášti.

Dominantní minerály pláště jsou olivín, orto- a klinopyroxeny, granáty, sponelidy. Tyto minerály jsou hlavními horninotvornými minerály ultrabazických hornin (peridotity), a vysokotlakých eklogitů. Vysoká role tlaku – fázové změny minerálů s přibývajícím hloubkou (tlakem).

Z pohledu geochemického je plášť vůči chondritům silně obohacen o refraktorní oxifilní prvky (Al, Ca, Ti, Mg), mírně ochuzen o slabě a středně siderofilní prvky, velmi silně ochuzen o silně siderofilní prvky a vysoce inkompatibilní litofilní prvky a Si.

V plášti probíhá většina magmatických procesů.

Plášť prošel významnou diferenciací od primitivního/akrečního stadia.

Problematik „zúrodnování pláště“ procesy (látkově, energeticky) na zemském povrchu a v rámci kůry ve spojení se subdukcí (oceánská a kontinentální kůra, sedimenty). Vznik alkalických magmat nad horkými skvrnami – procesy na rozhraní jádro/plášť.

V.2.2.1. Spodní plášť

Rozmezí cca 670km-2700/2900 km, (vp 13,7 km/s, vs 7,3 km/s, m.hmotnost 4,5 g/cm³)

Svrchní hranice – fázové přechody minerálů, pravděpodobně změna v minerálním i chemickém složení. Vnitřně homogenní těleso. Nejvyšší rychlosti šíření seismických vln ve spodních partiích pláště.

Velmi dynamická přechodná zóna podél spodní hranice spodního pláště.

Složení – experimentální studium – vysokotlaká nerozrůzněná polymorfní směs křemičitanů, fáze Fe,MgSiO₃ se strukturou perovskitu, vysokotlaké fáze MgO, SiO₂ (stišovit).

V.2.2.2. Svrchní plášť

Řada přímých údajů o složení a stavbě.

Rozpětí cca 60km – 650/670 km

Vnitřně rozdělován na tři části:

Nejsvrchnější tvoří litosféra (tj. zemská kůra a nejsvrchnější svrchní plášť) – rigidní pevná zemská slupka.

Významné rozdíly mezi oceánskou litosférou (mocnosti 10-100 km) a oceánským svrchním pláštěm na jedné straně a pevninskou litosférou (mocnosti 150-200 km) a pevninským pláštěm na straně druhé. Rozdíly ve stáří, geologické stavbě, horninové náplni, genezi, mocnosti, původu a množství endogenního tepla, tepelný tok i vedení tepla. Oceánská litosféra je dotována teplem z magmatu stoupajícího z pláště (konvekce). Kontinentální litosféra – teplo radiogenního rozpadu (obohacení hornin kůry ve srovnání s pláštěm).

V podloží litosféry je zóna snížených rychlostí neboli astenosféra (hloubky cca 60/80km - 220/250 km, pokles vp i vs) – zvýšená plasticita hornin, významné termální rozhraní, parciální tavení pláště – tvorba magmat. Vysoký termální gradient umožňuje šíření tepla konvekci (viskózně plastický stav), tvorbu magmat a pohyb litosférických desek. Rigidita litosféry vs. plasticita astenosféry (ohniska zemětřesení, subdukční zóny). Astenosféra plní roli kompenzační hladiny pro jednotlivé litosférické desky – izostatická rovnováha. Velmi proměnlivá vertikálně i laterálně. Mezosféra v podloží - fázové přechody (přestavba krystalové mřížky) typických minerálů (olivín, pyroxen, granát) svrchního pláště na fáze s hustší krystalografickou strukturou.

Horniny svrchního pláště – ultrabazika, peridotit, eklogit, pyrolit

Diskuse o povaze Mohorovičičova diskontinuity – chondritový (ultrabazika) a achondritový (bazika) model. Změna chemického složení.

Rozhraní kůra – plášť, litosféra – astenosféra, astenosféra-mezosféra jsou velmi nerovné, což vede k velkým laterálním teplotním a hustotním rozdílům svrchního pláště. Je to způsobeno konvekčním prouděním, výstupem plášťových diapirů, vstupem chladných a těžkých hmot v místech subdukčních zón a mocné litosféry. Trojrozměrné vyhodnocení rozložení těchto rozdílných hmot je spojeno s tzv. seismickou tomografie.

VII.2.3. Zemská kůra

Nejsvrchnější pevný obal – nízké proměnlivé rychlosti šíření seismických vln, nízká hustota hornin, silné tektonické postižení, vysoký stupeň anizotropie. Spolu s nejsvrchnějším svrchním pláštěm součást litosféry.

Látkově a chemicky nejvíce diferencovaná část Země – ve srovnání s pláštěm obohacena o litofilní prvky (Na,K,Ca), Si, Al. Složení: 64,7% magmatity, 27,4% sedimenty, 7,4% metamorfity, z minerálů dominuje křemen, živce, alumosilikáty. Geologický/horninový cyklus se odehrává v litosféře – významné obohacení vlivem procesů v rámci vnějších geosfér (atmosféra, hydrosféra a biosféra). Spodní hranice kůry – Mohorovičičova (Moho) diskontinuita. Vznik kůry ze svrchního pláště (primitivní kůra)

Tři základní typy kůry (rozdílná mocnost, složení - minerální i chemické, vývoj, stáří) - kůra kontinentální vs. kůra oceánská vs. kůra přechodného typu.

VII.2.3.1. Kůra oceánská

Součást oceánské litosféry. Mocnost oc. kůry 5-12 km, průměrná měrná hmotnost 2,9-3,0 g/cm³. Ve srovnání s kůrou kontinentální menší mocnost, odlišné minerální/petrografické a chemické složení, odlišná stratifikace, odlišný vývoj a geneze, menší stáří, vyšší měrná hmotnost. Tvoří asi 70% zemského povrchu, pozice v rámci oceánu (morfologie oceánského dna – středoocéánské hřbety, abyssální plošiny, hlubokomořské příkopy - aktivní okraj, kontinentální svah a kontinentální úpatí -pasivní okraj). Změna mocnosti oceánské kůry – stáří, pozice.

Vertikálně členěna na 3 vrstvy: a) vrstva sedimentární (p. mocnost 0,5 km, vp 1,5-3,4 km/s)- hlubokomořské sedimenty, b) vrstva bazaltová (p. mocnost 1,75 km, vp 3,4-6 km/s - OFB – bazalty oceánského dna, MORB, polštářové lávy, role alterace, průniky paralelních bazaltových žil, c) třetí vrstva (p.mocnost 5 km, vp 6,5-6,7 km/s- gabra, amfibolity, v nejvyšších partiích bazaltové žíly, ve spodních partiích kumulátová gabra). V podloží peridotity (dunity, harzburgity) svrchního pláště.

Vznik oceánské kůry - středoocéánské hřbety, rozpínání kůry, adiabatický výstup magmat, výstupná cela konvekčního proudění. Oceánské bazalty – geochemicky málo diferencované tholeity, vzniklé částečným/parciálním tavením peridotitů svrchního pláště. Dynamická recyklace oceánské kůry – zánik v subdukčních zónách, sestupná cela konvekčního proudu.

Ofiolity – zbytky staré oceánské litosféry (kůra a nejsv.plášť) zapracované tektonicky do stavby kontinentální kůry. Uzavření oceánu – doklady deskové tektoniky.

VII.2.3.2. Kůra kontinentální

Vazba ke kontinentální litosféře. Vyšší mocnost 25-80 km (stáří, geotektonická pozice – vazba ke geomorfologii), průměrná měrná hmotnost 2,7 g/cm³. Kontinenty, mělká moře(šelf). Velmi pestré a proměnlivé složení vertikálně i horizontálně (vývoj, stáří, geotektonická pozice). Vertikálně 3 vrstvy (výrazné rozdíly laterálně): nejvyšší vrstva sedimentární (proměnlivá mocnost -průměr 3 km, proměnlivé složení, vp 1,5-5,0 km/s, nárůst rychlosti s hloubkou). Střední vrstva granitoidní (mocnost 10-20 km, tělesa kyselých plutonitů a metamorfítů, vp 5,4-6,3 km/s, mineralizovaná fluida). Conradova plocha diskontinuity (přechod 2 a 3 vrstva kont. kůry, změna vp, proměnlivě výrazná). Spodní vrstva „bazaltická“ (bazické magmatity, metamorfity, vp 5,9-7,8km/s, velmi kolísající mocnost 15-50 km). Spodní hranice kůry- Moho diskontinuita – rozdílná výraznost (ostrá i pozvolná hranice).

Původ kontinentální kůry

Na rozdíl od oceánské kůry relativně stabilní po dlouhé jednotky geologického času. Vícestupňová diferenciace (parciální tavení, frakcionace magmatu, oddělení od reziduální/krytalické fáze, role exogenních procesů/zvětrávání, sedimentace,..). Koncentricko zonální model tvorby kontinentální kůry (dnes 41%).

Vývoj kůry (modifikace Wilsonova cyklu): stadium MORB - stadium andezitové/ostrovní oblouk- stadium andského vulkanismu(aktivní okraj kontinentu)

VII.2.3.3. Kůra přechodného typu

Mocnost kolem 20 km, specifická pozice (kůra ostrovních oblouků, některé případy styku oceánské a kontinentální kůry) – andezity.Vztahy různých typů kůry

VII.2.4. Izostáze, globální gravimetrické anomálie

Snaha o udržení rovnováhy ker kůry/litosféry. Procesy vzniku hustotních rozdílů litosféry.

Výrazné negativní gravimetrické anomálie v oblastech pásemných pohoří (lehké hmoty) vs. pozitivní gravimetrické anomálie přilehlých oceánů (těžké hmoty). Vazba gravimetrie a výrazných vertikálních rozdílů zemského povrchu – modely Pratt vs. Airy.

Příklady: procesy glaciace a deglaciace (Skandinávie), velké přehrady (Hoover Dam), rozsáhlá deltová tělesa. Tvorba reliéfu krajiny -údolní deprese.

Vertikální pohyby – izostáze vs. tektonika.

Regionální kompenzace

VII.2.5. Vnější obaly Země – hydrosféra, atmosféra, biosféra – exogenní procesy. Významná role vnějších obalů (termální rovnováha, vznik klimatu, ochrana živých organismů před kosmickým zářením, ..). Důležité cykly výměny hmoty (uhlík, voda, kyslík) mezi litosférou a vnějšími sférami.

Atmosféra – primární atmosféra (prvotní stadia vzniku Země), druhotná atmosféra (degazace vnitřních geosfér – vulkanické plyny), aktualistická atmosféra – role kyslíku, složení atmosféry. Struktura atmosféry - slupkovitá stavba (troposféra, stratosféra, termosféra, exosféra, magnetosféra). Proudění v atmosféře- nestejněměrné přijímání slunečního záření (tlakový gradient, efekt Coriolisovy síly, nerovnoměrnosti zemského povrchu, nerovnoměrné rozdělení souší a oceánů,..). Geologická činnost větru.

Hydrosféra- voda oceánů a moří, jezer, vodních toků, podpovrchová voda, ledovce, atmosférická voda.

VIII. Minerály a horniny

Litosféra je tvořena horninami a minerály. Rozdílná hierarchická úroveň hmoty.

Minerály/nerosty – anorganická stejnorodá přírodní látka (chemické prvky a jejich sloučeniny), které vznikly přírodními procesy a vyznačují se specifickou stejnorodou krystalickou strukturou. Složení lze vyjádřit chemickým vzorcem. Chemické a fyzikální vlastnosti jsou stejné v kterékoliv části.

Minerály vznikají za velmi rozdílných fyzikálních a chemických podmínek a jejich vznik je spjat s různými geologickými procesy (magmatismus, vulkanismus, metamorfóza, sedimentární procesy).

Horniny jsou seskupení minerálů nebo organických zbytků případně vulkanických skel (nehomogenní minerální asociace), které vznikají různými geologickými procesy a jako samostatná jednotka se účastní na stavbě litosféry. Horniny jsou obvykle látkově a strukturně nesourodé – jsou vícesložkové (výjimečně i monominerální horniny). Na rozdíl od minerálů je její chemické složení proměnlivé a nedá se vyjádřit chemickým vzorcem.

Horninový cyklus – změna fyzikálních a chemických parametrů v souvislosti s pozicí hornin v rámci svrchních zemských geosfér a vnějších zemských sfér vede ke vzniku různých skupin hornin (vyvřelé horniny, sedimentární horniny, metamorfované horniny) a minerálů. V rámci tohoto cyklu přechází jedny horniny v druhé – dynamické procesy.

Horniny lze geneticky rozdělit do 3 základních skupin: a) vyvřelé/magmatické horniny, b) sedimentární/usazené horniny, c) metamorfované/přeměněné horniny.

Základní parametry hornin: A) nerostné složení, B) stavba (struktura a textura).

Horninotvorné minerály lze dělit např. podle jejich relativního zastoupení v hornině (hlavní, vedlejší, akcesorické), podle makroskopické barvy (světlé, tmavé), ...

VIII.1. Magmatismus

VIII.1.1. Úvod – základní termíny

Magmatismus je proces vzniku, vývoje, složení, diferenciaci, výstupu, utuhnutí složité přirozené alumosilikátové taveniny a roztoků s ní spjatých do svrchních částí litosféry a na zemský povrch. Vznik magmatických hornin – krystalizace z magmatu, tavení svrchního pláště a spodní kůry.

Magmatismus se někdy dělí na a) **plutonismus**-intruzivní magmatismus, b) **vulkanismus**-efuzivní/extruzivní magmatismus.

VIII.1.2. Intruzivní magmatismus

Magma – mnohokomponentní systém, který tvoří fáze kapalná (většinou silikátová tavenina + H₂O), fáze plynná (CO₂, H₂O, HCl, H₂S, HF, N, He, SO₂, SO₃, F, O₂ – var magmatu) a fáze pevná (vykrystalované minerály, relikt).

Charakteristiky magmatu: teplota (650°C-1200°C) a viskozita (chemismus, fluida, tlak)

Termíny: primární magma, primordiální magma, primitivní magma, mateřské a dceřinné/odvozené magma.

VIII.1.2.1. Magmatický krb

Výstup magmatu – počátek vzniku v různých hloubkách, tavení malého objemu horniny-vznik gravitační nestability pláště. Adiabatický gradient spolu s hustotními změnami díky fázovým změnám okolních minerálů směrem vzhůru – zrychlení pohybu magmatu. Zvýšení objemu taveniny. Spotřeba latentního tepla při výstupu, odvod tepla kondukcí při bázi litosféry, snížení hustoty okolních hornin – zpomalení výstupu – vznik magmatických rezervoárů /magmatické krby (vyrovnání gravitační nestability). Procesy v rámci magmatického krbu – rovnovážná vs. frakční krystalizace. Vznik rozsáhlých podpovrchových intrusivních těles.

Nerovnoměrné rozdělení podmínek pro vznik magmat v rámci zemských geosfér (vertikálně i horizontálně (rozhraní litosférických desek, hluboké diskontinuity).

VIII.1.2.2. Složení a klasifikace magmatických hornin

Klasifikace dle chemického a minerálního složení

Kyselé (nad 65% SiO₂), **intermediální** (52-64% SiO₂), **bazické** (52-44% SiO₂) a **ultrabazické** (pod 44% SiO₂) magmatické horniny – role křemene (hlavní vs. vedlejší minerál), draselných živců, plagioklasů, zástupců živců (foidy) dále olivíny, pyroxeny a amfiboly.

Vznik ultrabazického magmatu a bazického (čedičového) magmatu - sv. plášť (teploty 1300°C, hloubky 95-200 km, tlak 3000-6000 MPa- primární magmata.

Vznik dceřiných magmat – procesy **diferenciaci magmatu** (likvace, frakční krystalizace (gravitace, filtrace), oddělení plynné fáze, asimilace a kontaminace).

Posloupnost krystalizace minerálů z magmatu (chemismus, čas, teplota, tlak)- Bowenovo krystalizační/reakční schéma – kontinuitní (Ca plagioklasy-Na plagioklasy) a diskontinuitní větev (olivín, pyroxen, amfibol, biotit) – K živec, muskovit, křemen.

Homogenní vs. heterogenní tavenina.

Granitoidní (kyselé) magmatické horniny

Typická složka kontinentální kůry – centra orogénů. Vznik parciálním tavením hlubších partií kontinentální kůry. Pokročilá frakční krystalizace, role anatexe, palingeneze a fluid.

Klasifikace granitoidů - granity I, S, A, klasifikace chemická (peraluminické, metaaluminické a peralkalické), klasifikace dle vztahu k orogenezi (pretektonické, syntektonické a posttektonické).

Geotektonická pozice magmatických hornin – kontinentální kůra, ofiolitové série, ostrovní oblouky.

VIII. 1.2.3. Tělesa magmatických hornin (podpvrchová)

Rozdělení dle pozice vůči zemskému povrchu (rychlost krystalizace, struktura, textura) – hlubinné, žilné, výlevné (efuzivní, extruzivní), někdy zvlášť vyčleňovány subvulkanické. Podle vztahu k okolnímu horninovému pláští se dělí na diskordantní (nesouhlasná) a konkordantní (souhlasná). V rámci těchto skupin se pak dělí podle velikosti a tvaru.

Diskordantní tělesa - pravá žíla, žilný roj, žilník, prstencové žíly, ringové komplexy, peň, etmolit, batolit, pluton, masív.

Konkordantní tělesa - ložní žíla, lakolit, hemilakolit, bysmalit, lopolit, fakolit, harpolit.

Atektionické/Předtektionické struktury magmatických hornin
Pukliny (S-podélní, L-ložní, Q-příčné - Cloosovská tektonika)
Lineace a foliace

VIII.1.2. Vulkanismus

Projevy povrchové magmatické aktivity (výstup magmatu/lávy, plynů a pyroklastik).
Mezogenní procesy

Vulkanismus a desková tektonika - obvykle lokalizován na okrajích litosférických desek ale také vnitrodeskový vulkanismus.

Mechanismus vulkanické erupce

Vulkanický proces (intratelurická vs. explozivní fáze) - magmatické-vulkanické krby-zemětřesná činnost (geofyzikální indikace vulkanismu) -změna tvaru vulkánu -explozivní fáze
Přírodní dráha – sopouch.

VIII.1.2.1. Produkty vulkanické činnosti

Fáze plynná (vulkanické plyny) - fáze pevná (pyroklastika) - fáze kapalná (láva)

VIII.1.2.1.1. Vulkanické plyny

Těkavé složky magmatu – důležitá role při tvorbě prvotní atmosféry Země. Jejich složení je značně závislé na teplotě. Jsou tvořeny sloučeninami především H, O, C, S dále B, N, Cl, F.

Charakter erupce výrazně závisí jak na množství plynné složky, tak na procesech uvolnění fluid (chemismus magmatu, čas-rychlost uvolnění/erupce).

Difúze vulkanických plynů v atmosféře - krátkodobé klimatické změny (ochlazení vs. oteplení).

VIII.1.2.1.2. Pyroklastika

Materiál vyvržený při vulkanické erupci, který dopadl na povrch v pevném stavu.

Velikostní klasifikace (v. popel, písek, lapilli, pumy, balvany, bloky). Vzniklé horniny - aglomeráty, tufy, tufity, ignimbrity.

Klasifikace dle původu pyroklastik - (v rámci popela adjektiva vitritický, litický, krystalický) – magma vs. přírodní dráhy

Procesy transportu pyroklastik - pyroklastický spad, pyroklastický proud, pyroklastický příval. Žhavé proudy vs. lahary.

Chemismus magmatu vs. produkce pyroklastik. Horizonty pyroklastik a korelace.

VIII.1.2.1.3. Láva

Infra- či subkrustální tavenina, rozdílného složení. Magma, která proniklo na zemský povrch (90% magmat nikdy nedosáhne zemský povrch).

Charakter erupce (efuzivní vs. explozivní) závisí na vlastnostech (viskozita, teplota, chemismus) a složení magmatu/lávy (bazické lávy, intermediální lávy, kyselé lávy).

Tělesa lávy - lávové proudy a lávové příkrovy. Morfologie lávových proudů je řízena viskozitou lávy. Viskozita závisí na složení lávy – ryolitová láva/vysoká viskozita vs. basaltová láva/nízká viskozita. Ryolitová láva vede k vzniku krátkých, mocných proudů a dómů. Basaltová láva tvoří tenké a rozsáhlé proudy. Role alkalických prvků.

Morfologie láv - terestrická tělesa (pahoe-hoe, aa, provazcová láva, bloková láva), submarinní tělesa (polštářová láva, hyaloklastová láva). Sloupcovitá odlučnost.

VIII.1.2.2 Typy vulkanismu

Aktivní, spící, vyhaslý vulkanismus

Lineární vulkanismus (vulkanický příkop – kráterová řada)

Centrální vulkanismus (kráter, kaldera) - (ultra-Pliniovské erupce)/areální vulkanismus

Kontinentální vs. podmořský vulkanismus, podledovcový vulkanismus

VIII.1.2.2.1. Typy sopek (centrální vulkanismus)

Rozdělení dle tvaru, typu vulkanické erupce (plyny, pyroklastika, láva), množství erupcí, chemismus lávy.

Štítové sopky, stratovulkány, sopky nasýpaného kužele a kruhového valu, vytlačené kupy a jehly, maar, guyot, skupinové vulkány,....

Vznik kaldery – řítivá vs. explozivní

VIII. 1.2.3. Klasifikace vulkanických erupcí

Klasifikace dle produktů (freatické, explozivní, výlevná/efuzivní, smíšená)

Typy erupcí (vulkánská, strombolská, havajská, peléská, pliniovská, katmaiská, islandská..)

Paroxysmatické erupce – typ taveniny, tvar a výška vulkánu

VIII. 1.2.4. Vulkanické horniny

Klasifikace vulkanických hornin (chemická klasifikace – zastoupení základních kyslíčnicků) .

Členění do vulkanických sérií (procesy diferenciacce původního mateřského magmatu). Dle poměru SiO_2 vs Na_2O a K_2O dvě základní série: A) subalkalická (dále se dělí na tholeitickou a vápenato-alkalickou, B) alkalická

Výskyt vulkanických hornin a geotektonické podmínky/desková tektonika – vápenato-alkalická série (konvergentní rozhraní litosférických desek), alkalická série (vnitrodeskový vulkanismus, především kontinentální litosféra, horké skvrny), tholeitická série (divergentní rozhraní, např. MORB – bazalty středooceánského hřbetu, méně v oblastech konvergentních rozhraní).

Vnitrodeskový vulkanismus (cca 10% recentního vulkanismu): A) Izolované vulkány či skupiny vulkánů nad abyssálními planinami/oceánská litosféra. Deriváty tholeitových a alkalických bazaltů, zčásti i kyselé alkalické horniny (Na_2O , K_2O). Od MORB se liší vysokým zastoupením alkálií, vyššími obsahy prvků vzácných zemin a vyšším stupněm diferenciacce alkalické série. Někdy vertikální i časový trend vulkanismu od tholeitických bazaltů k bazaltům alkalickým i kyselým horninám. Role horkých skvrn/hot spots (hluboké zakořenění procesů). B) Vnitrodeskový vulkanismus v rámci kontinentální litosféry (plateaubazalty/trappy, intrakontinentální rifty – vazba k podpovrchovým tělesům alkalických granitoidů či syenitů). Subalkalické tholeitické bazalty, alkalické bazalty a jejich kyselější deriváty, v rámci riftů dále bazanity, nefelitnity a karbonatity.

Predikce vulkanických erupcí- metody monitoringu (seismický monitoring, plynné emise, terénní průzkum, GPS a dálkový průzkum, studium sklonu/tilting, chemismus a teplota vod.

VIII.1.2.5. Synvulkanická a postvulkanická činnost

Procesy doprovázející vulkanickou činnost – prostorově i časově.

Plynná produkce (výrony plynů) - fumaroly, solfatary a mofety (složení, původ, teplota)

Hydrotermální činnost - periodické prameny a gejzíry, bahenní sopky, termy/horké prameny, minerální vody a kyselky.

VIII.2. Metamorfóza a metamorfované horniny

VIII.2.1. Úvod

Stavba a minerální složení hornin odpovídá podmínkám vzniku.

Metamorfóza – soubor pochodů (přeměna minerálního složení a stavebních znaků horniny) – rekrystalizace v pevném stavu. Horninový cyklus – vyvěřelé, sedimentární a starší metamorfované horniny mohou podlehnout podmínkám stát metamorfózy.

Principy termodynamiky (chemické soustavy - horniny a minerály).

Uzavřená vs. otevřená soustava – rovnovážný stav (Gibbsova volná energie). Stupeň otevřenosti je závislý na měřítku (části minerálů, minerály, hornina). Ustavení chemické rovnováhy – rychlost chemických reakcí (podmínky reakce).

Chemická rovnováhy horniny-minerálů-částí zrn (rekonstrukce procesů – P-T podmínek).

Studium minerálních asociací, které vznikaly v jednom minerálním ději a rozpoznání jejich vzájemných vztahů.

Experimentální petrologie

VIII.2. 2. Metamorfní procesy

Metamorfní procesy (fyzikální, chemické, mineralogické, strukturní procesy) – procesy vedoucí k přeměně původní horniny an horninu metamorfovanou. Probíhají v pevném skupenství (fluida v intergranulárním prostoru). Mezi tyto procesy patří: A) vznik novotvořených minerálů, B) rekrystalizace minerálů (změna velikosti, tvaru), C) strukturní přestavba (reorientace minerálů) - blastéza, metamorfní foliace a lineace

Růstový tlak metamorfních minerálů

Anchimetamorfóza (spodní hranice metamorfózy – určení pomocí index. minerálů, krystalinity slídk, odraznosti vitrinitu).

Vhodné podmínky pro metamorfní procesy: deformace kůry, kolize litosférických desek, vysoký geotermický stupeň (vysoká tepelný tok).

VIII.2.3. Metamorfní činitelé

Hlavní (teplota, tlak, aktivní roztoky, čas) a vedlejší (vlastnosti a složení hornin, možnosti migrace látek, chemické reakce, atd.) - vzájemné působení a nejrůznější kombinace

VIII.2.3.1. Teplota

Pyrometamorfóza, kontaktní metamorfóza

Role teploty: zrychlení metamorfních reakcí, novotvořené minerály a jejich asociace, stupeň rekrystalizace.

Zdroje teploty - radioaktivní rozpad, výstup tavenin a fluid, tektonické procesy, chemické reakce.

Rozmezí od 150/300°C do více než 1000°C, svrchní hranice bod tavení (role tlaku, chemismu hornin, rychlosti reakce, obsahu fluid).

Vysokoteplotní minerály

VIII.2.3.2. Tlak

Způsobuje fázové změny, nárůst hustoty, zvýšení teploty tání, homogenní masivní hornina
Výsledný (celkový) tlak při metamorfóze je složen z a) všesměrného (litostatického) tlaku, b) orientovaného tlaku, c) tlaku fluid.

Všesměrný tlak ovlivňuje stabilitu minerálních paragenezí a reologické vlastnosti hornin (plastické deformace).

Orientovaný (směrný, deviatorický) tlak/ stress – způsobuje přednostní orientaci minerálů (foliace, lineace – metamorfnní břidličnatost), vede ke katakláze. Jeho rokle klesá s hloubkou.

Tlak fluid – orientovaný tlak.

VIII.2.3.3. Aktivní roztoky a fluida

Pórové a mezipórové roztoky a plyny (H₂O, CO₂, sloučeniny H, Cl, N, F, S, B, P, K, Na, atd.)

Zdroj - procesy diferenciacce, chladnoucí magmata, minerály s OH skupinou.

Způsobují - přeměnu minerálů a hornin, přenos tepla, ovlivňují teplotu tavení a rychlost reakcí.

Inkluze v minerálech

VIII.2.4. Intenzita metamorfózy

Intenzitu/stupeň metamorfózy a vyčlenění metamorfnních podmínek lze s pomocí: A) indexových minerálů, B) rovnovážných minerálních asociací, C) geotermobarometrie

VIII.2.4.1. Metamorfnní a indexové minerály

Metamorfnní reakce probíhající v určitém rozmezí teplot a tlaků - novotvořené minerály (rovnovážný systém s podmínkami vzniku), tedy charakterizující podmínky metamorfózy. První a poslední výskyt daného indexového minerálu – vznik linie tzv. izograda. Role složení výchozí horniny - (Al-metapelity), role tlaku (nízkotlaké vs. střednětlaké vs. vysokotlaké podmínky). Nejčastěji střednětlaké podmínky – sled izograd (od nejnižší po nejvyšší metamorfózu): (klastické slídy)-chlorit-biotit-granát-stauroolit-kyanit-silimanit (6-9 kb)

Některé minerály jsou typické pro podmínky orientovaného tlaku - tzv. stressové minerály (sericit, chlorit, biotit, albit, epidot, zoisit, kyanit, staurolit) jiné pro podmínky všesměrného tlaku tzv. antistressové minerály (anortit, ortoklas, hypersten, augit, olivín, andaluzit, cordierit, spinel).

VIII.2.4.2. Rovnovážné minerální asociace

Zákony termodynamiky. Vznik minerální asociace v P, T podmínkách za určitého výchozího složení soustavy. Horniny různého výchozího složení, které jsou řazeny společně.

VIII.2.4.3. Geotermometrie a geobarometrie

Vybrané minerální reakce probíhající v těsné závislosti na tlaku či teplotě (chemické složení minerálů je funkcí teploty či tlaku).

VIII.2.5. Klasifikace metamorfózy

Statická vs. dynamická metamorfóza

Polymetamorfóza

Alochemická vs. izochemická metamorfóza

Alofázová vs. izofázová metamorfóza

Klasifikace dle role metamorfních činitelů: a) kataklastická (dislokační) metamorfóza, b) šoková-impaktní metamorfóza, c) metasomatická metamorfóza, d) kontaktní metamorfóza, e) periplutonická metamorfóza, f) regionální metamorfóza.

VIII.2.5.1. Kataklastická (dislokační) metamorfóza

Nízká teplota, role orientovaného tlaku

Pohyby podél zlomů

Mechanická destrukce: drcení minerálů, ohýbání, rekrystalizace, novotvořené minerály (sericit, chlorit). Horniny: tektonické brekcie, kataklazity, mylonity.

VIII.2.5.2. Metasomatóza

Hlavní role aktivních roztoků a fluid, dále teplota, tlak.

Spojena s kontaktní i regionální metamorfózou.

Hydrotermální vs. pneumatolická metasomatóza

Autometasomatóza a chemicky konzervativní metamorfóza.

Procesy albitizace, sericitizace, serpentinizace, alunitizace.....

VIII.2.5.3. Kontaktní metamorfóza

Prostorová spojitost s tělesy magmatických hornin, často kontakt se sedimenty

Významná role teploty (650-900 °C), aktivních roztoků a fluid, nízký tlak.

Kontakt, kontaktní dvůr, kontaktní aureola, kontaktní lem

Intenzitu přeměny ovlivňuje teplota a velikost vyvřelého tělesa, rozdíly v chemismu, čas, charakter reakční plochy, geotermický gradient oblasti

Kontaktní metasomatóza (látková výměna)

Kaustická metamorfóza (porcelanity) a pyrometamorfóza

VIII.2.5.4. Periplutonická metamorfóza

Ve srovnání s regionální metamorfózou – nižší role tlaku, menší šířka izometamorfních zón.

Tepelná energie spojena s intruzemi granitoidů/plutony.

VIII.2.5.5. Regionální metamorfóza

Metamorfní pochod postihující rozsáhlé komplexy hornin na velkých areálech. Role teploty, tlaku (všesměrný i orientovaný), role fluid. Spojení s orogenezí, tvorba krystalických břidlic.

VIII.2.6. Klasifikace metamorfovaných hornin

Klasifikační kritéria – a) současné minerální složení, b) stupeň metamorfózy, c) složení výchozí horniny.

VIII.3. Sedimentární horniny

VIII.3.1. Úvod

Sedimenty, usazené horniny

Vznik sedimentárních hornin – součást exogenních procesů a dynamiky.

Horninový cyklus – vyvřelé, metamorfované a starší sedimentární horniny se mohou stát horninami sedimentárními díky procesům zvětrávání, eroze, transportu, depozice a diagenese/litifikace/zpevnění. Průběh na zemském povrchu a svrchních částech zemské kůry. Role dalších cyklů (vody, uhlíku..)

VIII.3.2. Zvětrávání - soubor procesů, jimiž se horniny svrchní části litosféry přizpůsobují podmínkám interakce litosféry, atmosféry, hydrosféry, biosféry a technosféry. Podílejí se na nich atmosféra tj. klimatické podmínky, geologické podmínky (endogenní např. tektonika i exogenní např. činnost organismů a člověka) a hydrosféra.

Eroze je rozrušující mechanický pochod na povrchu litosféry, způsobený pohybem vody, ledu a proudícího vzduchu (větru) a jimi unášenými částicemi. Hlavním projevem eroze je vymílání, koroze a obušování, abraze. Voda způsobuje též erozi chemickou (např. vznik krasových jevů).

VIII.3.3. Transport - na přenášení materiálu v zóně zvětrávání se podílí fyzikální a chemické faktory hydrosféry, atmosféry, biosféry a technosféry. Způsoby transportu : gravitační transport, transport atmosférou (úločky vs. plyny), transport vodou (probíhá: ve formě úlomků přímo ve vodním prostředí nebo pohybem po dně - vlečení, válení, saltace, suspenze, flotace nebo ve formě roztoků buď pravých či koloidních), transport ledem, transport činností organismů, transport činností člověka. Během transportu ovlivnění velikosti, tvaru i složení sedimentů (vytřídění, zralost, ..). Jednotlivé transportační mechanismy mají svá specifika.

VIII.3. 4. Usazování (sedimentace) - základní příčinou usazování je převaha gravitace nad energií pohybu (snížení rychlosti proudu, větru, ochlazení média, rozpouštění ledu, atd.). Sedimentace v určitém prostředí sedimentace, které je dáno souborem geologických, klimatických a biologických podmínek depozice. Základní prostředí sedimentace: terestrická/suchozemská/kontinentální, přechodná a mořská.

Termín **facie** - soubor všech znaků tělesa sedimentů, kterými se odlišuje od těles jiných (obvykle spojováno s depozičním prostředím).

Zpevnění/litifikace - tmel, základní hmota, matrix – karbonáty, křemen, oxidy a hydroxidy Fe,

VIII.3. 5. Klasifikace sedimentárních hornin

Tři základní typy depozičních procesů a tři základní skupiny/třídy sedimentů

Klastické(úločkovité) sedimenty: úločky hornin či minerální zrna

Chemogenní sedimenty: ionty vysrážené z roztoku tvoří minerály

Biogenní/biochemické: organismy odebírají ionty z roztoku, části těl organismů tvoří horniny

Detailnější klasifikace sedimentárních hornin dle jejich stavebních znaků (textura vs. struktura) a minerálního složení

Klastické sedimenty se dělí na (dle velikosti zrna):

Psefity (zrna nad 2 mm) – šterky, slepence, brekcie

Psamity (0,063-2 mm) – písky, pískovce

Aleurity (0,063-0,002 mm) – prachy, prachovce

Pelity (pod 0,002 mm) – jíl, jílovce

Chemogenní sedimenty- dobře rozpustné, sloučeniny Ca, Na, Mg, Cl, K,B – často monominerální horniny. Např. evapority a některé vápence

Biogenní - většina vápenců, silicity, uhelné a živičné sedimenty (bohaté organickým C)

VIII.3.6. Tělesa sedimentárních hornin

Základním tělesem sedimentů je vrstva – deskovité těleso přibližně stejného petrografického složení. Vrstevnatost-vrstva - podloží - nadloží

Spodní (báze) a svrchní (strop) vrstevní plocha

Klasifikace vrstev (pravá a nepravá mocnost) - lavice (nad 25 cm), desky (1-25 cm), laminy (do 1 cm). Mapy mocností – izolinie, interpretace

Změny mocnosti či výskytu vrstvy v ploše (paleogeografie) – výmol, prstovité vyklínění, nasazení, atd.

Vrstva z pohledu historické geologie, faciální analýza

Další tělesa sedimentů: sloj, rudní lože, vložka, proplástek, horizont, čočky, biohermy

VIII.3.6. Stavební znaky sedimentů

Chápání pojmu **textura** a **struktura** v rámci moderní sedimentární geologie (sedimentary structures, sedimentary textures)

Primární sedimentární struktury (vznikly v době depozice nebo velmi krátce po ní – odráží podmínky depozice) a sekundární sedimentární struktury

VIII.3.6.1. Sedimentární struktury

Lze je rozdělit podle výskytu v rámci sedimentárního tělesa na vnější a vnitřní struktury

VIII.3.6.1.1. Vnější strukturní znaky

Dle procesů vzniku někdy děleny na mechanoglyfy/fyzikální a bioglyfy/biologické znaky. Nutno odlišit pozitiv a negativ. V některých případech diagnostické pro odlišení převrácená a normální pozice vrstev.

Čeřiny (proudové - běžně asymetrické, prudší strana po proudu (lee side), sklon ve směru proudu nebo vlnové - hojně symetrické, vodní vs. eolické čeřiny)

Duny, valy

Bahenní praskliny, otisky dešťových kapek

Struktury na bázi vrstev - vtisky (Load casts)

Struktury vzniklé na povrchu vrstvy, ale zachované na bázi nadložní vrstvy – vtisky, proudové stopy (Flute Casts), stopy po vlečení (Tool Marks), proudové stopy (Flute Casts) – určení směru proudu - tvorba díky turbulenci, eroze do podloží/dna/depoziční plochy, hlubší a užší proti proudu

Bioglyfy (fosilní stopy/Trace Fossils/ichnofosilie)

VIII.3.6.1.2. Vnitřní sedimentární struktury

Vrstevnatost a zvrstvení – definice

Důvody- dynamika sedimentačního prostředí, změny ve zdrojové oblasti (klíma, tektonika),..

Typy zvrstvení - pravidelné vs. nepravidelné, horizontální zvrstvení, šikmá a protisměrná zvrstvení, gradační zvrstvení, konvolutní zvrstvení

Barva

Barva sedimentů je složena z barvy horninotvorných, barvy tmele a pigmentu.

Určování barvy - Munselova škála – 64 stupňů

Bioturbace (fosilní stopy)

Přednostní orientace sedimentárních částic (imbrikace, lineace)

VIII.3.6.2. Texturní znaky

Velikost a tvar částic

VIII.3.7. Soubor vrstev

Vrstevní sled – konkordance a diskordance (zjevná, skrytá)

Stratigrafický hiát

Zákonitosti v opakování vrstev v rámci vrstevního sledu - **rytmicita** a **cyklicita** (cyklotémy)

VIII.3.8. Sedimentární pánve

Sedimenty se hromadí ve významných mocnostech v sedimentárních pánvích, kde jsou zachovány po dlouhá časová období (mil.let). Vznik sedimentárních pánví – role tektoniky, pozice ve vztahu k litosferickým deskám a jejich pohybu (procesy endogenní dynamiky). Vývoj sedimentárních pánví – různá stadia Wilsonova cyklu (viz. dále), řada etap vývoje. Zánik sedimentární pánve.

Vyplňování pánve – kombinace tektonických a klimatických procesů (role endogenních a exogenních geologických procesů). Princip vztahu přínosu sedimentu a tvorby depozičního prostoru (subsidence dna, změny hladiny)- principy **sekvenční stratigrafie**.

IX. Zemětřesení

IX.1. Úvod, základní pojmy

Definice zemětřesení: Krátko-periodický (náhlý, pomíjivý) pohyb či série pohybů litosféry/zemské kůry v určité oblasti, ze které se tento šíří jako seismický vzruch všemi směry v závislosti na řadě faktorů (v různých místech v různém čase a s různou intenzitou).

Uvolnění velkého množství kinetické energie – katastrofické projevy na zemském povrchu („mezogenní procesy“).

Teorie samoorganizovaného kritického stavu

Seismika - seismické vlny – energie přenášená vlněním skrze zemské těleso (prostorové vlny) a podél zemského povrchu (povrchové vlny).

Deformace – elastické chování hornin – „seismické vlny se pohybují skrze zemské těleso jako mořské vlny“. Typy seismických vln: a) kompresní vlny: primární (rychlé) prostorové vlny P, průchod kapalinou, b) příčné vlny: sekundární (pomalejší) prostorové vlny S, neprochází kapalinou, c) povrchové vlny: Rayleighovy (orbitální dráha - vlnění na mořské hladině) and Loveovy (horizontální dráha, pomalejší).

Hypocentrum (ohnisko) vs. **epicentrum**

Lokalizace hypocentra

IX.2. Klasifikace zemětřesení

Množství různých klasifikačních kritérií

Klasifikace dle pozice epicentra - terestrická a podmořská zemětřesení

Klasifikace dle primárních účinků zemětřesení – stupnice MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), objektivní pozorování, označení římskými číslicemi, 12 stupňů. Druhotné účinky zemětřesení (liquefaction/zvodnění, svahové pohyby, výzdvih či pokles území –změny hladiny, tsunami, požáry, rabování, destrukce komunikací, vodovodního řádu a hrází,..).

Klasifikace dle intensity / množství uvolněné energie (Magnitudo), – množství uvolněné energie, měření množství uvolněné energie (seismografy, seismometry). Richterova stupnice (9 stupňů) - amplituda největší vlny měřené na běžném (Wood-Anderson) seismografu ve vzdálenosti 100 km od epicentra. Magnitudo narůstá logaritmicky dle amplitudy seismografu. Se změnou jednotky magnituda dochází k nárůstu uvolněné energie ~30-50x. Frekvence událostí klesá exponenciálně s nárůstem magnituda.

Klasický seismometr – lokalizace a popis zemětřesení

Klasifikace zemětřesení podle hloubky hypocentra

Mělká (do 70 km)

Střední (70-300 km)

Hluboká (300-700 km)

Četnost zemětřesení vs. hloubka hypocentra. Ohniska zemětřesení a pozice zemětřesení ve vztahu k litosferickým deskám.

Vztah účinky zemětřesení vs. množství uvolněné energie vs. hloubka hypocentra

Klasifikace genetická

- a) Říťivá zemětřesení
- b) Sopečná zemětřesení
- c) Antropogenní zemětřesení
- d) Tektonická zemětřesení (kinetická energie vyvolaná pohybem bloků litosféry po překročení možností absorpce/akumulace deformace, vyrovnání teplotních a hustotních nerovnováh, pevnost hornin vs. hromadící se napětí – nejčastější typ, chování na zlomech a zemětřesení, tektonický kontext zemětřesení)

Pozice hypocentra a desková tektonika - většina zemětřesení na okrajích litosférických desek (aktivní okraje se subdukci, středooceánské hřbety a riftové zóny, transformní zlomy – rozdílná hloubka hypocentra). Wadati-Benioffova zóna – seismicky aktivní zóna sledující rozhraní aktivního okraje kontinentu/subdukce (hluboká zemětřesení).

Ale také zemětřesení vnitrodesková – obvykle aktivní deformační zóny (výjimky). Zemětřesná a vulkanická činnost ve vazbě k tektonice litosférických desek.

IX.3. Podmořská zemětřesení

Přenos kinetické energie do vodního prostředí – vznik vlnění. Tsunami – druhotný účinek zemětřesení – katastrofická činnost.

X. Strukturní geologie a tektonika

X.1. Úvod, základní pojmy

Pojem struktura - prostorové uspořádání reálných i abstraktních strukturních prvků nebo jejich hmotná realizace.

Strukturní prvky a procesy (tektonické/diastrofické/orogenní vs. atektonické/nediastrofické/epeirogenní)

Primární struktury (současné se vznikem tělesa) – jejich modifikace vnějším napětím vede k vzniku sekundární struktury – deformace- Klasifikace sekundárních struktur (tektonické vs. atektonické, spojité vs. nespojité).

Primární struktury – většinou sedimenty (vrstevnatost, zvrstvení, vnější a vnitřní strukturní znaky) a magmatické horniny (pukliny S,L,Q, strukturní znaky hornin).

Sekundární netektonické struktury – exogenní procesy, povrchové partie litosféry (sedimenty) – role diagenese (konkrece, klastické žíly, stylolity, kompakce), gravitace (skluzu, sesuvy), objemové změny.

X.2. Tektonická geologie

Sekundární tektonické (diastrofické) **struktury** – role endogenních procesů.

Určující role reologických/materiálových vlastností hornin (fyzikální vlastnosti látek) a podmínek procesu (tlak, teplota, rychlost, velikost, orientace a povaha napětí) – možná vazba k hloubce.

Chování materiálu během deformace – **deformace pružná/elastická, deformace plastická, deformace tříštivá/křehká.**

Křehké chování látek a chování duktilní.

Pohyby hmoty v zemském tělese vyvolané gravitačními nestabilitami vedou ke vzniku napět'ových polí, které vedou ke vzniku deformací. Dle orientace lze odlišit normálová napětí (tlak, tah) a smyková/střižná napětí. Anizotropie hornin a horninové stavby – napět'ová pole – orientace - (3 ortogonální směry – trojosý deformační elipsoid). Deformace vnějšího tvaru a/nebo objemu tělesa.

Rozměry deformací

Sekundární tektonické (diastrofické) struktury se dělí na **spojité** (konjunktivní) a **nespojité** (disjunktivní)

X. 3. Spojité tektonické struktury

Někdy dále děleny na neperiodické a periodické

X.3.1. Neperiodické spojité tektonické struktury

ohyb/-flexura (vertikální/horizontální) – **kopule (dóm) – mísa**

X.3.2. Periodické tektonické struktury

Vrásy – zvlněná deformace strukturní plochy, která se periodicky opakuje do stran (objemová deformace).

Strukturní **vrásové prvky** (vrchol, inflexní bod, zámek, osa vrásy, rovina vrásy, **antiklinála, synklinála, ramena vrásy**)

Vrásový profil, symetrické vs. asymetrické vrásy, vergence vrás

X.3.2.1. Klasifikace vrás

Geometrické klasifikace – podle úklonu osní roviny (přímá, šikmá, překocená, ležatá, ponořená), podle velikosti meziramenního úhlu, ...

Lineární a nelineární vrásy/brachyvrásy, interference systémů vrás

Harmonické a disharmonické vrásy

Vrásové komplexy (antiklinórium, synklinórium)

Genetické klasifikace vrás - mechanismus tvorby vrás (vrásy prostého ohybu, vrásy ohybového skluzu, vrásy střižné, vrásy toku, diapirové vrásy, ...)

X.4. Nespojité/disjunktivní tektonické struktury

Příkrov/násun je litologický pestré těleso hornin přemístěné dalekosáhle podél subhorizontální plochy na cizorodý podklad na vzdálenost nejméně 5 km (více než mocnost tělesa).

Výrazná horizontální zkrácení kůry.

Termíny spojené s příkrovy: **autochton, alochton**, paraautochton, čelo příkrovu, příkrovová troska, kořenová zóna, plocha odlepení, násunová plocha, tektonické okno, palinspastická mapa.

Klasifikace příkrovů - **kerné příkrovy, vrásové příkrovy**, gravitační příkrovy, příkrovy gravitačního rozpínání, příkrovy generované zkrácením fundamentu

Pukliny

Drobné nespojité deformace. **Puklina**- nespojité struktura na níž dochází k zřetelné ztrátě soudržnosti a rozdělení do několika celků, bez jejich vzájemného přemístění. Systémy puklin. Puklinová analýza (tvar, velikost, četnost, orientace, morfologie, hustota, vzájemný vztah).

Kliváž

Kliváž je systém hustě vyvinutých, vzájemně paralelních sekundárních ploch, které jsou plochami potenciální štípatelnosti (aniizotropie) bez úplné ztráty soudržnosti. Domény (úzké zóny přepracování) a litony (méně postižené partie).

Vznik v určitém stupni deformace v závislosti na reologických vlastnostech horniny.

Budináž

Strukturní proces, kdy vlivem extenze (tah) viskózní vrstvy uložené v méně viskózní matrix dojde k jejímu rozdělení do samostatných těles (křehká vs. duktilní deformace).

Zlomy

Zlom - nespojitá disjunktivní struktura, vedoucí ke porušení spojitosti a rozdělení do zřetelně se vůči sobě přemísťujících celků/bloků (zlomových ker).

Zlomová spára/plocha, zlomová linie, dislokace, nadložní kra, podložní kras, směr zlomu, sklon zlomu, odskok, skok.

Klasifikace zlomů

Vertikální, ukloněné a horizontální zlomy

Planární, listrické a vrtulovité zlomy

Rotační zlomy vs. translační zlomy

Normálové zlomy (tahové, tlakové zlomy – extenze a komprese) a střížné zlomy (párové střížné plochy)

Střížné zlomy lze dělit na : **poklesy, přesmyky, horizontální posuny**

Poklesy rozeznáváme : pokles „čistý“, pokles s vlekem, stupňovitý pokles, syntetický a antitetický pokles

Přesmyky se dělí na : přesmyk „čistý“, přesmyk s vlekem, kerný vs. vrásový přesmyk

Horizontální posun může být pravostranný a levostranný. Kombinace horizontálních posunů (šikmá extenze a komprese - transtenze, transprese).

Systémy zlomů - souklonné a protyklonné zlomy, příkopová propadlina/tektonický příkop (symetrická vs. asymetrická) a hrást' (xenomorfní vs. automorfní hrást').

XI. Geotektonické hypotézy / tektonika litosférických desek

Historie problematiky:

Výchozí pozice geologická stavba kontinentů/kontinentální kůry (\pm geologická stavba oceánů).

XI. 1. Orogény a kratony

V rámci kontinentů lze vyčlenit (morfologicky, petrologicky, strukturně, gravimetricky, seismicky, vývoj v čase, ...) dvě základní oblasti tj. kraton a. orogeny/pásmová pohoří.

Kratony (štíty, tabule, platformy - germanotypní tektonika/syneklízy, anteklízy, hlubší části zemské kůry, dlouhodobá eroze- stratigrafické hiáty, procesy prekambrikové příp. sp. paleozoické). **Pásemná pohoří/orogény** (lineárně protáhlé horstvo, komplikovaná geologická stavba, charakteristická zonalita, role dalekosáhlých přesunů/příkrovy – alpinotypní tektonika)

Vznik orogénu/pásmového pohoří = orogeneze.

Geotektonické hypotézy v minulosti (neptunisté vs. plutonisté, mobilistické vs. fixistické hypotézy, kontrakční vs. expanzní vs. pulzační hypotézy)

Princip permanence pevnin a oceánů /izostatické vyrovnání vs. **teorie kontinentálního driftu** (A.Wegener) - Pangea, role slapových sil a precese.

Do 60. let 20. století geosynklinální teorie. Geosynklinála – protáhlá lineární deprese, s poklesávajícím dnem vzniklá mezi stabilními bloky. Několik stadií vývoje geosynklinály s rozdílnou sedimentací, magmatismem/vulkanismem, deformací, migrace aktivity - stadium individualizace (iniciální vulkanismus, miogeosynklinála vs. eugeosynklinála), stadium flyšové (kordiléry, hlavní vrásnění), stadium molasové (subsekventní vulkanismus, tvorba „hlubin“), stadium postgeosynklinální (finální vulkanismus). Tektonická jizva.

Některé termíny využívány v dnešních interpretacích teorie litosférických desek na tvorbu orogenních pásem.

Současný stav - Planeta Země – živá dynamická planeta. Geologické procesy (endogenní a exogenní) v celé šíři jejich vzájemných vazeb popisuje tektonika litosférických desek.

XI.2. Tektonika litosférických desek/desková tektonika

Vznik deskové tektoniky - studium mořského dna (morfologie, stratigrafie, paleomagnetismus, tepelný tok), teorie **rozšiřování oceánského dna**, renesance kontinentálního driftu).

Vyčlenění litosférických desek: litosféra vs. astenosféra. Vnitřní energetické zdroje planety – přenos tepla skrze většinu zemského tělesa se děje konvekcí. Dynamika konvekce se projevuje v nejsvrchnějších partiích tělesa pohybem litosférických desek. Vyčlenění desek-velké desky (eouroasijská, africká, severoamerická, jihoamerická, indoaustralská, antarktická, pacifická) a malé desky (Nazca, Cocos, karibská, arabská, Scotia,..). Hranice litosférických desek výraznější endogenní i exogenní geologická aktivita (zemětřesení, vulkanismus, orogeneze, tvorba sedimentárních pánví,..), v rámci hranic desek se také realizuje jejich vzájemný pohyb.

Předpoklady: nehomogenity v zemské kůře a plášti, rozdílné vlastnosti litosféry a astenosféry, plasticita astenosféry, relativní pohyb všech desek, neměnnost rozměrů zemského tělesa.

Hranice desek tvoří: A) **středoocéánské hřbety** (morfologie závisí na rychlosti rozpínání oceánského dna, rychlé a pomalé hřbety, riftové údolí, termální eroze kůry, vznik nové oceánské kůry, symetrické magnetické anomálie, rostoucí stáří od hřbetu), B) **hlubokomořské příkopy**, C) **transformní zlomy** (paralelní pohyb desek podél zlomu, kompenzace změn relativní rychlosti pohybu jednotlivých litosférických desek, délka zlomů závisí na vzdálenosti od pólů rotace, tvar úzkého (do 15 km) a hlubokého (1-3 km) lineárního údolí, prudké stěny, seismická aktivita), D) **pásmová pohoří**.

Vazba okraje litosférických desek vs. okraje oceánů a kontinentů (**aktivní a pasivní okraje oceánu**)

XI.3. Divergentní pohyb desek

Oddalování dvou sousedních desek

Divergentní pohyb desek/konstruktivní rozhraní.

Divergentní rozhraní v rámci oceánů – středoocéánské hřbety, divergentní rozhraní na kontinentech – riftová údolí. Typické znaky: intenzivní vulkanismus, relativně omezená seismická aktivita v oceánech, výraznější na kontinentech.

Trojný bod a aulakogén (failed rift).

XI.4. Konvergentní pohyb desek

Protisměrný pohyb, aktivní podsouvání jedné desky pod desku druhou

Konvergentní pohyb desek/ destruktivní rozhraní

Možnosti: A) oceánská litosféra vs. oceánská litosféra, B) oceánská litosféra vs. kontinentální litosféra, C) kontinentální litosféra vs. kontinentální litosféra. Scénáře vývoje: **subdukce** (A, B), **obdukce** (B), **kolize** (C).

Subdukce – deska obvykle s oceánským typem kůry se ohýbá pod druhou desku, láme se a klesá do pláště. Rozhraní oceánská litosféra vs. oceánská litosféra – **aktivní ostrovní oblouk**, rozhraní oceánská litosféra vs. pevninská litosféra – **aktivní okraj kontinentu andského typu**. Aktivní ostrovní oblouky a aktivní okraje kontinentů – vulkanické řetězce (intenzivní vulkanismus, intenzivní seismicitá, široký rozsah hloubek zemětřesení). Možnost migrace subdukční zóny v čase – systém ostrovních oblouků.

Morfologické, vulkanické, seismické, termální, gravimetrické, metamorfni a magmatické rysy ostrovních oblouků a aktivních okrajů kontinentů. Význam úhlu sklonu subdukční zóny.

Zonalita aktivního ostrovního oblouku – oceánská pánev, hlubokomořský příkop, akreční klín (tektonická melanž), **vnější oblouk** (nevulkanický, vytlačený akreční klín), **předoblouková pánev, ostrovní oblouk, zaoblouková pánev**.

Subdukce „chladné“ oceánské litosféry typický průběh termálního pole, deformace izoterm, metamorfóza tj. vysokotlaká nízkoteplotní metamorfóza (zeolitová facie, modré břidlice, eklogity), nízkotlaká vysokoteplotní metamorfóza – role dehydratace podsouvající se desky – uvolněná fluida usnadňují tvorbu magmat (především andezity).

Magmatická a vulkanická aktivita destruktivních okrajů litosférických desek je spojena s tavením subdukující desky – výrazná zonalita (nárůst Ca, Na a K), od tholeitové série přes vápenato-alkalickou (dominantní) až k alkalické (šošonitové) sérii. Role složení a mocnosti litosféry v nadloží subdukční zóny (rozdíly v kolizi v rámci ostrovního oblouku a aktivního okraje kontinentu, role kontinentální kůry a její tvorba – kyselé, více diferencované horniny, role asimilace a kontaminace, subvulkanická tělesa).

Obdukce – nasunutí oceánské litosféry do tektonického nadloží desky s kontinentální litosférou. **Ofiolity**.

Kolize- konvergentní pohyb dvou desek s kontinentální litosférou, vyvrásnění pásmového pohoří (alpsko-himalájský typ)

XI.5. Transformní rozhraní

Laterální pohyb desek / konzervativní rozhraní, minimální magmatická aktivita. Paralelní pohyb.

XI.6. Kontinentální rifty – extenze na kontinentech, rozpad kontinentu, tektonicky založená lineární deprese (délka vs. šířka), „příkop – stupňovité poklesy“. Sedimentace je ovlivněna klimaticky, alkalický vulkanismus, vysoký teplotní tok, mělká seismicitá. Možný vznik nového oceánu.

XI.7. Wilsonův cyklus/geotektonický cyklus

Wilsonův cyklus vzniku a vývoje oceánu – cyklus vzniku a vývoje oceánské a kontinentální litosféry. Několik stadií – superkontinent – riftogeneze- stadium ranného oceánu a jeho rozšiřování- oceán ve stadiu zralosti (pasivní okraje)- oceán ve stadiu staroby (aktivní okraje se subdukci)- kolize, úplné uzavření oceánu, vznik pásemného pohoří alpského typu-přeměna orogénu v platformu.

Aplikace základu deskové tektoniky do geologické minulosti – fanerozoikum vs. prekambrium.

XI.8. Orogeneze (vznik pásebného pohoří)

Zkracování prostoru díky konvergentnímu pohybu litosférických desek.

Orogeneze/ vrásnění – soubor geologických procesů (magmatické, metamorfni, sedimentární a deformační) odehrávajících se v zákonitém sledu (orogenní fáze – rychlost deformace) vlivem zkracování prostoru (díky konvergentnímu pohybu litosférických desek), vedoucí k vzniku pásmového pohoří, dlouhodobý proces – desítky Ma. Role izostatického výzdvihu díky lehkým granitickým hmotám.

Strukturní charakteristiky pásebných pohoří: a) lineární, obloukovitě zprohýbaná stavba, b) příčná metamorfni, deformační a litologická zonalita, c) složitá vnitřní stavba, d) kolmo na průběh orogénu se mění intenzita metamorfózy, charakteristika i mocnost sedimentů, e) stáří deformace, metamorfózy i sedimentů klesá z centra na periferii, f) velké laterální zkrácení prostoru.

Základní typy kolizních orogénů: a) kolize oceánská kůra-ostrovni oblouk, záhadné terány, b) kolize oceánská kůra-aktivni okraj, andský typ, c) kolize dvou kontinentálních litosférických desek, alpsko-himálajský typ kolize.

Metamorfni a magmatické procesy během kontinentální kolize

XI.9. Horké skvrny

Horké skvrny + vnitrodeskový vulkanismus. Nezávislost na struktuře litosférických desek ukazuje na hlubkový původ (interpretace ve spojení s hranicí jádro / plášť. Plášťové chocholy- hříby, seismická tomografie). Posouzení rychlosti a směru pohybu litosférických desek – absolutní vs. relativní rychlost a pohyb.

Výskyty horkých skvrn v oceánských pánvích – okraje “aseismických hřbetů” ostrovni řetězce, řetězce podmořských hor. Stopy pohybu v rámci jednotlivých desek jsou paralelní. Mnohé horké skvrny jsou spojovány s produkcí rozsáhlých lávových příkrovů flood bazalty, bazaltové trappy.

XII. Dynamika exogenních geologických procesů

Geologické procesy na planetě Zemi jsou výsledkem protikladného působení endogenních a exogenních činitelů. Geologický vývoj planety („tvořivé a rušivé geologické síly“)

Rozdílná časová měřítka. Rovnovážný stav. Energetická bilance Země (endogenní a exogenní zdroje).

Endogenní procesy – energie nitra planety

Exogenní procesy – vnější energetické zdroje (sluneční energie, přitažlivost Slunce a Měsíce, gravitační síla Země, činnost člověka a organismů).

Solární energie mnohonásobně převyšuje svým množstvím vnitřní zdroje planety.

Využití solární energie – Albedo (poměr mezi energií odraženou zpět mimo planetu a energií absorbovanou zemským povrchem – 0,3-0,4). Skleníkový efekt (skleníkové plyny).

Nerovnoměrné rozdělení sluneční energie v různých zeměpisných šířkách, sezónní rozdíly (klimatické cykly)- termální distribuce – role hydrosféry a atmosféry (evaporace, kondenzace).

Látková bilance geologických procesů – výměna hmoty v rámci zemského tělesa – cyklické procesy (rozdílný rozsah procesů-geosféry, rozdílná rychlost pohybů). Vzájemná vazba procesů – nejvýznamnější látková výměna mezi exogenními a endogenními procesy v rámci procesu subdukce / teorie litosférických desek. Dále vazba vulkanismu a atmosferických procesů (cyklus uhlíku, kyslíku).

Cyklus vody

Cyklus uhlíku

Výsledkem činnosti exogenních činitelů je rozrušování (eroze, zvětrávání) hornin, transport a usazení/sedimentace produktů zvětrávání. Těmito procesy vznikají sedimentární horniny (jejich studium umožňuje hodnocení těchto procesů) a také reliéf planety. Výsledné tvary zemského povrchu ovlivňuje zejména: a) geologická stavba a odolnost hornin vůči zvětrávání, b) rozdílné typy zvětrávání, rychlost eroze, c) tektonické a vulkanické pohyby, d) charakter produktů zvětrávání, odnos či akumulace zvětralin, e) změny erozních bází.

Studiem reliéfu se zabývá **geomorfologie**.

XIII. Zvětrávání

XIII.1. Úvod, základní pojmy

Zvětrávání – soubor procesů, kterými se horniny přizpůsobují podmínkám na zemském povrchu (kontakt litosféra vs. atmosféra, hydrosféra, biosféra).

Terestrické zvětrávání vs. zvětrávání na mořském dně (halmyrolýza)

Vzniká zvětralinový plášť – regolit.

Typ, rychlost a intenzita zvětrávání závisí na: klimatu, vlastnosti hornin, reliéf (geologické a geomorfologické poměry), čas, biogenní (vegetace, atd.) a antropogenní faktory.

Klima - teplota, srážky - množství, rozdělení, charakter srážek (humidity, výpar, hladina podzemní vody a její pohyb, atd.). Přímý vliv na biosféru (biogenní faktory).

Vlastnosti hornin – minerální složení (stabilní vs. nestabilní komponenty/ minerály), stavba (textura, struktura – pórovitost, propustnost, velikost klastů, uspořádání).

Geologické poměry – tektonické postižení, dlouhodobý vývoj oblasti

Geomorfologické poměry – reliéf, sklon, orientace ke světovým stranám

XIII.2. Typy zvětrávání

Mechanické (fyzikální) – dezintegrace/rozpad – změna velikosti nikoliv složení, nárůst reakčního povrchu minerálů

Chemické – rozklad, chemické reakce, změna složení, novotvořené minerály

Biochemické (biologické) – fyzikální i chemické procesy spojené s živými organismy

XIII.3. Procesy mechanického zvětrávání

Tepelné změny (smršťování a rozpínání), krystalizace vody/mráz, krystalizace solí (objemové změny), destrukce při pohybech (voda, vzduch, led, svahoviny, atd.), pokles hydrostatického tlaku (exfoliace, deskvamace).

Odnos zvětralého materiálu- pokračování zvětrávání

XIII.4. Procesy chemického zvětrávání

Reakce mezi horninami (litosféra) a plyny, kapalinami vnějších sfér planety Země (atmosféra, hydrosféra).

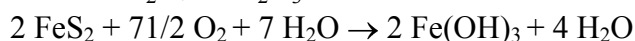
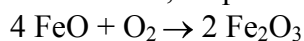
Složení reakčních činitelů - podmínky reakce (teplota, tlak, množství látek, reakční povrch)

Rozdílná rychlost zvětrávání

Změna složení atmosféry a hydrosféry v čase, průmyslové znečištění

Rozpouštění – vzácně primární minerály, obvykle rozpouštění sloučenin vzniklých dalšími reakcemi při chemickém zvětrávání, převedení do roztoku, transport na velké vzdálenosti.

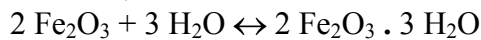
Oxidace – reakce s kyslíkem, vznik oxidů a hydroxidů, typicky procesy spojené se změnou Fe^{2+} na Fe^{3+} , rozpustné minerály přechází v nerozpustné, typicky červená a hnědá barva.



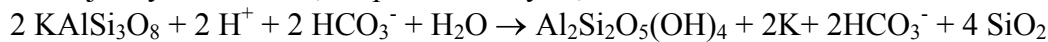
Redukce - typicky procesy spojené se změnou Fe^{3+} na Fe^{2+} , změna barvy na zelenou či modrozelenou, rozpustné minerály- horizonty vybělení v rámci půd (šedá a bělošedá barva).

Kyzové zvětrávání. prroterozoické Fe rudy.

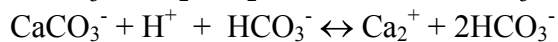
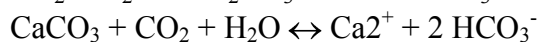
Hydratace a dehydratace – reakce bezvodého minerálu s vodou. Např. anhydrit vs. sádrovec, limonit.



Hydrolyza - disociační schopnost vody, role vodíkového iontu, chemické zvětrávání živců, vznik jílových minerálů, rozpustné formy Si, rozklad kalcitu.



Karbonatizace a dekarbonatizace – zachycení či uvolnění CO_2 v minerálech. Vysrážení kalcitu, cementace. Často vazba k evaporaci a fotosyntéze.



XIII.5. Procesy biochemické zvětrávání

Pronikání kořenů, destrukční činnost organismů

Chemické reakce organických sloučenin

Vazba ke klimatu – rozšíření organismů

XIII.6. Stabilita minerálů a hornin

Rozdílná stabilita minerálů při zvětrávání

Rozdílná stabilita minerálů při transportu – zonalita (alkálie, chloridy, sírany vs. alkalické kovy vs. Fe, Al, SiO_2) – typ roztoku, podmínky (pH, atd.)

Novotvořené minerály vs. fyzikální destrukce

XIII.7. Zvětrávání v klimatu

Společné působení- zastoupení jednotlivých typů i rychlost zvětrávání závisí na matečné hornině, teplotě a dostatku vody - především klima

Arktické klima – především fyzikální zvětrávání, nízká teplota – občasné procesy chemického zvětrávání

Aridní klima – smíšené chemické a fyzikální zvětrávání, střídání procesů rozpouštění a opětovného vysrážení. Sezónní cykly – tvorba hardplanů (calcrety).

Humidní klima – dominance chemického zvětrávání, zralé půdy, rychlý odnos rozpustných látek. Typický reliéf – „zaoblený“ profil, vegetace. (mírné pásmo – sialitický typ, subtropické klima – sialiticko-allitický typ, tropické klima – allitický typ)

Zvětralinová ložiska nerostných surovin

Diferencované zvětrávání - sferoidální zvětrávání

Termíny eluvium – aluvium - koluvium/ deluvium – proluvium

Eroze

XIV. Pedologie

XIV.1. Úvod, základní pojmy

Definice půdy – přírodní těleso vzniklé ze zvětralého horninového materiálu pozměněné fyzikálními, chemickými a biologickými procesy, které je schopno poskytnout živiny rostlinnému krytu.

Pedosféra (kontaktní zóna litosféry, biosféry, hydrosféry, atmosféry)

Zvětraliny zůstávají po delší dobu na místě – finální stadium zvětrávacího procesu - půdotvorný cyklus/ proces. Nezralé vs. zralé vs. degradované půdy.
Pedologie – popis, geneze a klasifikace půd.

XIV.2. Pedogenní/půdotvorní činitelé

Matečná hornina - výchozí substrát, rozdílná role v čase a klimatu. Ovlivňuje charakter půdního druhu (zrnitost), strukturu půdy i rychlost jejího vývoje.

Klima – půda je indikátor paleoklimatu. Klima má přímý a nepřímý vliv. Určuje rychlost a charakter zvětrávání, efektivita chemického zvětrávání, transport rozpuštěných látek. Sezónní rozdělení srážek - směr pohybu vody pásmem zvětrávání. Stupeň rozkladu organické hmoty. Antiklimatogenní půdy vs. klimatogenní zonální půdy (pedalfery, pedocaly, hardplany/ caliche, ortsteiny, pancíře/, laterity a bauxity)

Reliéf - přímé a nepřímé působení, aktivita vertikálního pohybu vody a zvětralin, výšková poloha, sklon, orientace, morfologie

Organismy a člověk - biogenní zvětrávání (edafon), koncentrace minerálních látek, prvků a sloučenin, vyrovnání teplotních a vlhkostních rozdílů, ochrana před erozí, mechanická destrukce, ovlivnění migrace látek i zvýšení bonity.

Čas – pedogenní proces, rychlost pedogenních procesů – stupeň zralosti půdy

XIV.3. Vznik půdy

Složité a dlouhodobý proces.

Geneticky spjatá vývojová řada půd lišící se stupněm zralosti. Proces pedogeneze (3 hlavní pochody): rozklad hornin a organických zbytků, tvorba novotvořených anorganických a organických sloučenin a (tvorba anorganické a organické komponenty), přemísťování a míšení složek půdy.

XI.4. Složení půdy, její vlastnosti a stavba

Půda se skládá z anorganická a organická komponenta, půdní vzduch a voda.

Vývoj půdy a její bonita (kvalita) - obsah minerálů, které uvolňují živiny – plagioklasy (Ca, Na), slídy (K, Mg, Fe), draselné živce (K), amfiboly, pyroxeny (Fe, Mg, Ca), novotvořené (jílové minerály, hydroxidy Fe), obsah organických sloučenin (humus), odolné minerály (křemen)- struktura půdy (vzduch, migrace vody).

Půdy lze charakterizovat zrnitostí, obsahem organických i anorganických sloučenin, barvy, pórovitostí, uspořádáním částic (půdní skladba) – geneze a klasifikace půd.

Dlouhodobé uplatnění pedogenních procesů vede k diferenciaci půdního profilu do půdních horizontů

XI.4.1. Půdní profil

Půdní horizonty – rozdíly v barvě, zrnitosti, struktuře, složení (mineralogické i chemické), stupeň rozkladu matečné horniny, obsah humusu, atd. Horizonty a subhorizonty.

Horizont A – zóna vyluhování

Horizont B – zóna akumulace, hardgroundy

Horizont C – zvětralá matečná hornina

Horizont D – nezvětralá hornina

Klasifikace půdního typu dle půdního profilu

XI.5. Klasifikace půd

Středoevropské půdy – 4 hlavní skupiny (dle směru perkolace tj. pohybu půdních roztoků)

- 1) Terestrické půdy (surové půdy, rankery, rendziny, černozemě, hnědozemě, podzoly, terraes calcis, platosolly, latosoly...)
- 2) Semiterestrické půdy (nivní, glejové a slané půdy)

- 3) Subhydrické půdy (jezerní křída, bažinné vápence-almy, sapropely, gytja)
- 4) Rašelinové půdy (slatiny, vrchoviště)

Fosilní půdy – pohřbené půdní horizonty
Transportované a autochtonní půdy

XV. Svahové pohyby a gravitace jako geologický činitel

XV.1. Úvod, základní pojmy

Gravitace – pohyb materiálu na povrchu planety i pod povrchem (gravitační diferenciace, konvekční proudy)

Reliéf povrch Země- svah - nejrozšířenější dynamický prvek reliéfu (90% - 60% sklon do 10°).

Zdroje energie na svahu: - sluneční energie, zemská gravitace, energie proudů vzduchu a vody, energie skalního podloží, objemové změny vody. Procesy probíhající v rámci svahu: gravitační pochody, zvětrávání, fluviální pochody (povrchová a podpovrchová voda), kryogenní pochody, biologické pochody

Pohyb po překonání vnitřních sil (vnitřní tření, koheze, atd.- role vlastností hornin, vody, ..)

Analýza svahu (sklon, délka, profil, mocnost sedimentů na svahu a při úpatí - geneze a vývoj svahu). Morfologie svahu : horní konvexní část, srub/sráz, akumulární konkávní část, erozní konkávní část.

Svahové pochody – přemísťování materiálu za účelem dosažení rovnovážného stavu – vznik těles sedimentů, tvorba reliéfu (eroze, deformace). Svahové sedimenty – kamenité, písčité, hlinité svahové sedimenty. Zonalita svahových sedimentů – odraz klimatu i nadmořské výšky.

XV.2. Klasifikace svahových pohybů

Dle rychlosti (hodnoty udávány v m či km za jednotku času)- a) pomalé/píživé, b) středně rychlé, c) rychlé/katastrofické (úlomkotoky, bahnotoky),

Dle mechanismu pohybu (reologie)- skluzu, proudy, říčení

Dle látek, které se po svahu pohybují – A) Svahové pohyby pokryvných útvarů /sutě, svahové hlíny (slézání suti/plíživý pohyb, soliflukce, plošné povrchové sesuvy, proudové sesuvy, suťové proudy/úlomkotoky (mury), suťové ledovce), B) Svahové pohyby nezpevněných/částečně zpevněných klastických sedimentů (tekoucí písky, lahary), C) Svahové pohyby nezpevněných/částečně zpevněných pelitických sedimentů (sesuvy podél válcových smykových ploch, svahové pohyby díky vytlačování měkkých plastických hmot v podloží, bahenní proudy), D) Svahové pohyby pevných skalních hornin (padání kamenů, říčení skal, sesuvy po předurčených plochách /vrstevní plochy, pukliny/, kamenné laviny, kerné sesuvy, gravitační skluzu, E) Zvláštní případy (subakvatické skluzu, laviny).

Slézání suti/plíživý pohyb – hákování vrstev, ploužení (creep), opilý les

Soliflukce – půdotok, pohyb po nepropustném podloží (zmrzlá půda - kongeliflukce)

Sesuvy - proces i těleso. Porucha pevnosti horniny, dlouhodobé namáhání, relativně rychlá deformace, novotvořená odlučná plocha – plocha smyku.

Klasifikace sesuvů dle tvaru tělesa – proudové vs. plošné sesuvy

Klasifikace dle tvaru smykové plochy – rotační vs. planární vs. složené (rotačně-planární) Sv

Tekoucí písky – přesycení vodou, zvýšený tlak

Padání kamenů, řízení skal – pohyb volným pádem vs. pohyb ve formě skalního proudu - osypové kužely, haldy

Subakvatické skluzu a laviny - další dělení dle mechanismu a rychlosti

XV.3. Stabilita svahu

Stabilita svahu – vnější a vnitřní činitelé snižující pevnost svahu

Vnitřní činitelé- vrstevnatost, puklinatost a její orientace vůči morfologii, úhel sklonu, mocnost pokryvných útvarů.

Vnější činitelé- zvýšení sklonu svahu, přetížení svahu (stavba, voda), odstranění boční či spodní části svahu, klimatické faktory (objemové změny, změna hladiny podzemní vody), změna sklonu svahu, vegetace, vibrace, poddolování, zhroucení půdní struktury, odstranění tmelu mezi zrny, činnost organismů, činnost člověka - těžba dřeva/odlesňování (vegetace absorbuje srážky, kořeny zvětšují soudržnost/kohese, snížení výparu, zvýšení vsaku – přetížení svahu, rychlý pohyb vody povrchové i podpovrchové), zářezy cest pro těžkou dopravu, role sufoze.

Nárůst populace, změna charakteru sídlišť – osídlování rizikovějších lokalit - úpatí svahů (fosilní sesuvy), svahy

Monitoring svahů, územní plánování, identifikace potencionálních rizikových oblastí, mapování nestabilních území, stabilní sklon svahu, terasování, opěrné zdi a pilotování, fixace/kotvení svahu.

XVI. Geologická činnost ledovců

XVI.1. Úvod, základní pojmy

Led – bod mrazu (složení vody, objemová změna, hexagonální soustava, tvrdost)

Regelace – tlakový tavný bod ledu, role vnějšího tlaku (tlakové rozpouštění, rekrystalizace) .

Translace – smyk podle bazální plochy ledu, pohyb

Výskyt ledu: současný stav (globální oteplování), geologická minulost (glaciály v rámci geologické minulosti, změny hladina vody v rámci světového oceán)

Výskyty ledu: mořský led, sladkovodní led, půdní led, jeskynní led, ledovce

XVI.2. Vznik ledovcového ledu

Překrystalování ze sněhu (sněžná čára – variabilní průběh, sněhová bilance – trvalá sněžná čára, tvary sněhové pokrývky /návěje, závěje, převěje, atd./, vrstevnatost sněhu – změna slohu sněhu).

Tání a opětovné mrznutí – ledové krusty, povrchové odtávání – ablace (tavné jamky - kajícníci). Prostor nad trvalou sněžnou čarou – firnoviště. Zde postupně v čase změna v řadě čerstvý sníh – zrnitý sníh (firn)- firnový led – ledovcový led. V této řadě změna objemu, měrné hmotnosti, obsahu vzduchu, uzavřenin, barvy, tvrdosti.

XVI.3. Pohyb ledovce

Gravitační nestabilita- pohyb ledovce.

Důležitost vody v kapalném skupenství pro pohyb ledovce a jeho geomorfologické působení - ledovec s chladnou bází vs. ledovec s teplou bází - tlakový tavný bod (voda na bázi ledovce, erozní činnost ledovce). Zdroje tepla – povrch ledovce, báze, vnitřní tření.

Pohyb nadložní masy ledu po podložní (role sklonu, mezivrstevní sklouzávání, role rychlosti – křehká a plastická deformace, vznik trhlin /podélné, příčné)

Po bázi – zvýšený ledovcový creep, pohyb po vrstvě vody

Rozdílná rychlost pohybu ledovce - střed vs. okraj, báze vs. povrch.

XVI.4. Hmotová bilance ledovce

Akumulační zóna vs. zóna splazu (hmotový deficit)

Ubývání hmoty ledovců – tání (ablace, ledovcové mlýny, ledovcová brána, ledovcové stoly), vypařování (sublimace), telení .

XVI.5. Klasifikace ledovců

Ledovce lze podle výskytu a tvaru rozdělit na:

- 1) **Vysokohorské/údolní ledovce** - vysoká pohoří. Nad trvalou sněžnou čarou, neustálý pohyb. Firnová čára odděluje sběrnou pánev/firnoviště od ledovcového splazu. Jednoduchý vs. složený ledovec, čelo ledovce.
- 2) **Úpatní/podhorské (piedmontní) ledovce** - Aljaška, údolní ledovce se rozprostírají na plochem přímoří a splývají v rozsáhlý málo pohyblivý ledovcový štít
- 3) **Kontinentální/pevninské ledovce** - ledovcové štíty, souvislá plochá klenba, bez respektu k tvaru podloží, sběrná pánev je celý povrch ledovce, pohyb od středů k okrajům. Grónsko, Antarktida, Island, Norsko.

XVI.6. Geologická činnost ledovců

Klimatické působení - periglaciální a proglaciální oblast

Geomorfologická a geologická činnost: ledovcová eroze, transport a sedimentace – Určité rozdíly mezi vysokohorskými a kontinentálními ledovci.

XVI.6.1. Ledovcová eroze

Přetváření podloží pohybem ledovce. Roli hraje: množství úlomků na bázi a okrajích ledovce, rychlost pohybu ledovce, mocnost ledovce, přítomnost vody na bázi, odolnost hornin v podloží ledovce, atd. Velmi nápadný reliéf.

3 typy erozní činnosti : 1) **brázdění/exarace**, 2) **odlamování/detrakce**, 3) **obrušování/deterze**. Vysokohorské ledovce obvykle všechny 3 typy, omezený plošný rozsah. Kontinentální ledovce – obvykle omezená exarace, rozsáhlá oblast jejich činnosti.

Brázdění- exarace

Ledovcové údolí / **ledovcový tróg**- tvar písmene U (přemodelování z písmene V). Předem připravená / řízená eroze – periglaciální údolí. Přehloubení ledovcového trógu v podélném profilu (rozdílná pevnost podloží). Kar / kotel – cirk.

Hlavní údolí vs. údolí visutá.

Fjordy/lochy

Carlingy/ matterhorny a arety – role zpětné eroze

Odlamování a obrušování – detrakce a deterze

Obrušování podloží i samotných transportovaných klastů – ledovcové škrábance/rýhy

Oblíky – rozdílná odolnost, typický tvar i orientace

Ledovcové mlýny, ledovcové hrnce

XVI.6.2. Ledovcový transport

Vysoká transportační schopnost – velké bloky

Malá schopnost třídění – úlomky nejrůznějších tvarů a velikostí, chaotické stavba. Velmi nezralý materiál.

Transport na bázi, uvnitř ledovce a na povrchu ledovce – rozdílná rychlost, kombinace pohybů.

XVI.6.3. Ledovcové sedimenty

Nevytříděný (velikostně), nezaoblený a nezralý (minerálně) slabě zvětralý materiál. Pohyb velkých bloků na značné vzdálenosti – eratické/bludné balvany (především kontinentální ledovce).

Till (nezpevněná hornina) – tillit (zpevněná hornina)

Těleso ledovcového sedimentů - **moréna**.

Klasifikace morén:

A) Pohyblivé morény (nacházejí se v těle ledovce a spolu s ním se pohybují)

B) Stacionární morény (nepohyblivé nebo vzniklé po odtátí ledovce) – materiál z nejrůznějších partií ledovce.

Pohyblivé morény lze podle pozice dělit na: 1) svrchní/povrchová morénu (tu lze dále dělit na a)postraní/okrajová, b)střední – pravá, nepravá), 2) vnitřní morénu, 3) spodní/základní moréna. Nunatak.

Stacionární morény lze dělit na: 1)čelní/koncová/terminální moréna, 2)ústupová moréna. Podkovovitý tvar- hrazení jezer. Ledovcová brána.

Odtátí ledovce – bazální moréna

Elevace tillu na tělese bazální morény – drumliny (tvar, orientace, geneze). Role podledovcových toků - eskery/osary

Deprese v tělese bazální morény - kettles (kotle) – pohřbený led.

Glacifluviální sedimenty – výplavová rovina – divočící řeky, sandr, divočící řeky.

Kamy – kuželovité výplavové kužele v místech čela ledovce/ledovcová brána.

Praúdolí – orientace vodních toků ve směru V-Z.

Glacilakustrinní sedimenty

Role vzdálenosti ledovce a tělesa stojaté vody – varvy, varvity

Glacimarinní sedimenty

XVII. Geologická činnost mrazu / kryogenní činnost

XVII.1. Úvod, základní pojmy

Periglaciální oblast – ovlivnění tavnými vodami ledovce, glacifluviální sedimenty, sezónní režim, kryogenní jevy, **permafrost**.

Proglaciální oblast – klimatický vliv ledovce.

Geologická činnost mrazu – kryogenní jevy (migrace vody a materiálu, výměny tepla a hmoty).

Mrazová poušť, tundra, lesotundra. Chladné klima, výskyt permafrostu, krátké období s kladnými teplotami, občasný povrchový nadbytek vláh. Periglaciální zóna – průměrná roční teplota přízemní vrstvy vzduch je pod 3oC.

Recent –polární pustiny a tundry Arktidy, nezaledněné oázy Antarktidy –Vnitrozemské oblasti Sibíře a Kanady – vysoké zeměpisné šířky-vysoká pohoří. Geologická minulost - pleistocén

Termokrasové jevy (vznik a vývoj permafrostu, ledových klínů, ping), procesy v činné vrstvě (mrazové zvětrávání, vzdouvání, třídění – kryoturbace), svahové procesy (kongeliflukce), fluviální sezónní režim, geologická činnost větru.

XVII.2. Klasifikace kryogenních jevů

Dle role eroze a akumulace: 1) **Odnosové tvary** – např. tumpy, skalní hradby, tory (izolované skály), mrazové sruby, kryoplanační lišty a terasy na svazích, vrcholové kryoplanační plošiny, nivační sníženiny, atd. 2) **Akumulační tvary** - balvanová moře, balvanové proudy, suťové pokryvy, kongeliflukční proudy a pokryvy

Dle materiálu, kde procesy probíhají: A) Tvary v zeminách, B) Tvary v pevných horninách (přechody mezi zeminami a pevnými horninami), C) Tvary vzniklé za spolupůsobení dalších činitelů (vegetace).

XVII.2.1. Tvary v zeminách

Permafrost (dlouhodobě zmrzlá půda) – půda s teplotou po více než 2 roky trvale pod bodem mrazu. Výskyt podzemního ledu. Souvislý permafrost (celé území s výjimkou talíků pod jezery a řekami) vs. nesouvislý permafrost (plochy permafrostu oddělená územím bez něj)/ostrovní permafrost

Mocnost přes 1 km. Hranice permafrostu – svrchní hranice – činná vrstva, boční hranice, vnitřní hranice – talík.

Činnost vody a ledu v permafrostu vede ke vzniku a vývoji typických kryogenních jevů

Ledové/mrazové klíny – polygony mrazových klínů, mrazové hrnce, pseudomorfézy po ledových klínech.

Agradace permafrostu – promrzání talíku – vznik pahorku s ledovým jádrem (pingo)

Degradace permafrostu – rozmrzání ledových klínů, boční degradace - vznik ostrých srubů (často břehy řek), degradace z povrchu (rozšiřování talíku – plochá mísovitá deprese – alas).

Procesy v rámci činné vrstvy – krypturbače, kongeliflukce, kryptektonika. Zřetelně viditelné především v nestejnorožném materiálu. Charakteristicky v rámci kryoplanačních teras (pevný materiál).

XVII.2.2. Kryogenní tvary v pevných horninách

Kryoplanační terasy – plošina terasy a stupeň terasy (mrazový srub vs. mrazový sráz).

Vývoj kryoplanační terasy – vznik nivační deprese a nivačního valu, spojení depresí, postupující eroze mrazového srubu, vznik skalní hradby či izolované skály (tor), zarovnání/kryoplén.

Strukturální půdy – množství hrubých úlomků vs. množství jemných úlomků, sklon svahu. Tyto lze dělit na : zvířené půdy, tříděné půdy (tříděné kamenné kruhy, tříděné kamenné polygony), dlážděné půdy, brázděné půdy – kamenné pruhy.

Skalní ledovce – balvanová moře

TXVII.2.3. vary vzniklé za spolupůsobení mrazu a dalších činitelů (vegetace, vítr)

Thufury, půdní girlandy, palsa.

XVIII. Geologická činnost větru

XVIII.1. Úvod

Procesy v rámci atmosféry. Pohyb částic vzduch – směr pohybu, rychlost pohybu.

Proudění v atmosféře – důvody: nestejněměrné zahřívání zemského povrchu slunečním zářením- tlakový gradient, nehomogenní rozdělení vodních par ve vzduchu – nestejněměrné rozložení souší a oceánů, role Coriolisovy síly, reliéf planety. Globální atmosférická cirkulace.

Absence erozní základny.

Síla větru - Beaufortova stupnice rychlosti větru.

Pohyb větru na překážce – vzdušné víry, návětrná a závětrná strana.

Geologická činnost větru – A) nepřímé působení – ovlivnění klimatu, transport srážek, vznik vln a mořských proudů, B) přímé působení – eolická činnost

Paleogeografický a paleoklimatologický význam eolických sedimentů (desková tektonika-superkontinenty)

Vítr často spolupůsobí, méně často se uplatňuje jako hlavní geologický činitel

Příznivé podmínky uplatnění: 1) síla větru, 2) váha, velikost a tvar částic, 3) poloha částic na povrchu terénu, 4) Sypké/suché/netmelené částice – hladina podzemní vody, 5) Vliv vegetace, organismů a člověka, 6) reliéf a charakter proudění.

XVIII.2. Větrná eroze – rušivá činnost větru

Větrná eroze má dvě složky: A) deflace (odnos), B) korase (fyzikální eroze/obrušování)

Deflace – aridní a semiaridní klima, vystavení skalních výchozů prakticky bez zvětralin.

Větrné víry – dálkový transport materiálu (prachové a písečné bouře). Pouštní dlažba, jardangy, svědecké (tabulové hory) – spolupůsobení větru.

Korase – závislost na síle větru- množství transportovaných částic (spojení s deflací).

Větrný ohlaz – facetované klasty/hrance/glyptolity/ventifactory

Selektivní působení – žlábkované kameny, voštiny / aeroxysty, viklany, skalní hříby/skalní pokličky, skalní okna, skalní brány.

Pouštní lak

XVIII.3. Transportační činnost

Transport valením-saltací-ve vlnosku. Rozdílná délka transportu – vazba na velikost částic.

Rozdílné opracování – výrazná minerální zralost. Separace různě velikých částic.

Problematika vytřídění eolických sedimentů-

XVIII.4. Tvořivá činnost – eolické sedimenty

Klasifikace dle zrnitosti: 1) hrubé, 2) písčité, 3) prachovité eolické sedimenty

XVIII.4.1. Hrubé eolické sedimenty

Dominantní část pouští, pasivní nebo jen krátce transportované sedimenty.

Hrance, pouštní dlažba. Kamenná poušť – hamada. Pouštní lak, solný květ

XVIII.4.2. Písčité eolické sedimenty

Asi 20-25% současných pouští

Relativně dobře vytříděné

Charakteristické sedimentární struktury – typické šikmé zvrstvení, typický sklon lamin, dobré vytřídění, dominance křemenných zrn, pouštní lak.

Klasifikace těles eolických písčitých sedimentů dle tvaru a velikosti

Pokryvy vátých písků vs. akumulace vátých písků

Akumulace lze dělit dle rozsahu na písečná moře, duny a čeřiny

Duny lze klasifikovat na: A) připoutané duny – písečné návěje, závěje, přívěje, větrné brázdy.

B) Stěhovavé duny – které se dělí na vnitrozemské a pobřežní duny

Tvar, velikost a orientace stěhovavých dun závisí na množství písku, síle větru, stabilitě směru větru, dále na velikosti zrn, atd.

Dle tvaru lze odlišit několik typu dun: a) barchan (srpovitá duna) – návětrná vs. závětrná strana, vnitřní stavba barchanu, b) příčné duny, c) podélné (lineární) duny, d) duny tvaru U/parabolické duny, c) hvězdicovité duny

Rychlost pohybu dun
Středoevropské váté písky

XVIII.4.3. Prachovité eolické sedimenty

Jednoduché tvary, zvýšené akumulace na návětrných a závětrných stranách svahu.

„Všudypřítomnost“

Proces „zesprašování“ (typ zvětrávání) – vznik spraše

Cicváry, rhizolity, pseudomycélie

Zdroje prachu - akumulace nepevněného materiálu (fluviální, ledovcové, vulkanické sedimenty) – vazba na klimatické změny (glaciály)

Klimatická zonalita spraší – sprašové hlíny

XVIII.5. Klasifikace pouští

Klasifikace pouští – klimatologická (množství srážek za jednotku času) – aridita – pouště, polopouště.

Geologická klasifikace – dle typu horniny/sedimentu na povrchu (skalnatá/hamada, oblázková/serir, písčinná/erg-areg, hlinitá, jílovitá a solná poušť).

Pohyb hladiny podzemní vody, mineralizace vod, výpar – vznik krust (kalcikrusta/caliche)

Občasné srážky- bezodtoká jezera (playa)- „evaporitová pumpa“- vznik krust, deflace.

XIX. Geologická činnost vody

Hydrosféra – voda atmosférická, povrchových toků, jezer, moří a oceánů, voda podpovrchová, tělesa ledovců.

Oceánografie, limnologie, hydrogeologie, hydrologie

Významná role při zvětrávání hornin, spojení se vznikem a vývojem biologického života.

Cyklus vody/hydrologický cyklus

Vazba mezi srážkami, odtokem, vsakem a výparem, tzv. LaMetheriovo „1/3“ pravidlo.

Poměr mezi odtokem, vsakem a výparem závisí na: 1) Klimatu – určuje vstup (množství, charakter srážek, rychlost, podmínky za kterých dochází k dalším procesům), dále silně ovlivňuje zvětrávání viz. dále., 2) Reliéf oblasti (sklon, nerovnosti povrchu.

srážkový stín), 3) Vegetace (regulace všech tří procesů, významná vazba vody, role odlesnění, změny travního porostu, evapotranspirace). 4) Geologická stavba oblasti

Role geologické stavby

Schopnost hornin přijímat a propouštět vodu – stavba horniny, tektonika („volné prostory“), role barvy hornin

Horniny nepropustné - **IZOLÁTOR**

Horniny propustné/permeabilní - **KOLEKTOR**

Druhy propustnosti – průlinová/pórová, puklinová, dutinová

Charakteristická morfologie oblasti různě propustných hornin

XIX.1. Podzemní voda – geologická činnost

Vadózní vs. juvenilní voda

Činnost rušivá, transportační a tvořivá

XIX.1. 1.Vadózní voda

Role vsakování/infiltrace vs. vcezování/impregnace

Kolektory vs. zvodně

Pásma pod zemským povrchem dle míry zvodnění: A) Pásmo intermitentní saturace/provzdušnělé pásmo – půdní voda, role kapilarity – podepřená a zavěšená kapilární voda. 2) Zvodněné pásmo/pásmo nasycení-saturace. Hranicí je hladina podzemní vody.

Pohyblivá/gravitační vs. statická voda – proud podzemní vody – gravitační zákonitosti.

Rychlost proudění (obvykle v řádu cm/den až m/rok) je ovlivněna – propustností/permeabilitou a hydraulickým gradientem.

Kolísání/režim hladiny spodní vody – závisí na: množství srážek, vlhkost, teplota, tlak, rostlinstvo, sklon podloží, změna vlastností kolektoru, vývoj reliéfu, přítomnost povrchového toku.

Režim spodní vody/rozkyv hladiny – permanentní hladina

Volná hladina (freatická-studniční voda) vs. napjatá hladina (zvodeň mezi dvěma nepropustnými vrstvami, role hydrostatického tlaku či tlaku plynů).

Hladinoměry- hydroizohypsy.

Čerpání spodní vody – depresní křivka/depresní kužel – akční rádius

Napjatá/artéská hladina spodní vody – vyrovnání tlaku (piezometrické nivó – pozitivní a negativní).

XIX.1.2. Klasifikace podzemních vod

Klasifikace podzemních vod dle geneze: skalní vlhkost, spodní voda, puklinová voda, náplavová/poříční voda.

Spodní a puklinová voda - rozdílná rychlost vsaku a pohybu – rozdílná filtrace a mineralizace
Náplavová (poříční) voda - vsakování a vcezování, hojné míšení vody poříční a spodní, vyrovnání hladiny, vazba směru pohybu vody vodního toku a vody podpovrchové.

Umělé vcezování – čerpání podzemní vody

Rušivá činnost podzemní vody (eroze/sufoze), rozpouštění a vyluhování, přeměna a rozklad minerálů

XIX.1.3. Prameny

Pramen – místo přirozeného výstupu podzemní vody na povrch (obvykle kontakt propustné a nepropustné horniny).

Dělení dle pohybu vody vůči hladině podzemní vody: sestupné vs. výstupné prameny

XIX.1.3.1.Sestupné prameny

„ukloněný proud podzemní vody“

Údolní (roklinové) prameny – vodorovné uložení zvodně

Vrstevní prameny – ukloněné zvodně

XIX.1.3.2.Výstupné prameny

Zlomové/dislokační prameny

Prameny přelivové/periodické/ občasné prameny – hojné např. v rámci krasu

Pozice pramenů vůči geologickým strukturám a geomorfologickým tvarům - pramenné linie/řady, suťové prameny

XIX.1.4. Vlastnosti podzemní vody

Mineralizace vody - měkké a tvrdé vody

Tvrdość vody (typy – všeobecná/celková, uhličitanová/přechodná a trvalá), stupně tvrdosti vody, hladová voda.

Minerální vody/minerálky (studené/akratopegy – teplice /termy-horké/ hypertermální-akratotermy)

Klasifikace minerálních vod (slané-glauberovy-alkalické-zemité-hořké...). léčivé vody

Ochranná pásma vody

XIX.2. Krasové jevy

XIX.2.1. Úvod

Termín kras - geologická činnost vody (povrchové a především podzemní) v krasových horninách (karbonáty, evapority) tj. horniny snadno rozpustné. Procesy rozpouštění a opětovné vysrážení minerálů a hornin (korose).

XIX.2.2. Povrchové/vnější krasové jevy

Škrapy - vazba na sklon, složení horniny, pokryv (přikrytý kras). Vývoj škrapu – vznik-zralost-degradace (terra rossa/červenice). Obecné a žlábkovité škrapy. Škrapová pole

Geologické varhany

Závrtý (doliny) - vazba mezi hloubkou a šířkou závrtu, závrtové řady či skupiny. Zející a uzavřené závrtý. Korozivní a říčené závrtý. Pseudozávrtý.

Uvala

Polje (korozivní, pánevní, příkopová)

Hum

Mogot

Krasový kaňon

Ponor-propadání-hltač

Slepé a poloslepé údolí, suchý žleb

Vyvěračky (izvory)

Vývěrová údolí

Estavely

Propast (povrchové a jeskynní propasti)

Krasové propasti – typ light hole vs. typ aven, stupňovitá propast

Horský a vysokohorský kras(velké rozdíly mezi erozními bázemi)

XIX.2.3. Vnitřní/podpovrchové krasové jevy

Jeskyně – krasové a nekrasové

Nekrasové jeskyně (puklinové, vrstevní, rozsedlinové, suťové, kombinované a jeskynní výklenky). Ledové jeskyně (dutina v tělese ledovce vs. ledová výzdoba)

Krasové jeskyně - klasifikace dle výzdoby (krápníkové, aragonitové,...), dle klimatických poměrů (tropické, mírného pásma, polární,...), dle proudění vzduchu (statické, dynamické,...), dle charakteru prostor (svislé, vodorovné, šikmé, kombinované,...).

Aktivní a pasivní jeskynní systém – role podzemního toku (rozpouštění/korose a výmol/eroze)

Tvary chodeb – eroze hloubková, boční, tlaková/eforace (stropní koryta), evorze (obří hrnce, facety), sifony.

Vznik krasové jeskyně a její vývoj (vazba na geologické faktory – rozdílná odolnost hornin – vrstevní plochy, pukliny, rozdílné složení hornin,...). Vazba korose a eroze- postupné zahlubování povrchových tvarů (propadání a vývěř). Jeskynní patro vs. jeskynní úroveň.

Jeskynní sedimenty/výplně – autochtonní vs. alochtonní.

Sedimenty okrajové (vchod, komín, závrt) vs. sedimenty vnitrojeskynní.

XIX.2.4.Tvořivá činnost podzemní vody

Povrchová i podpovrchová depozice, krasové i nekrasové oblasti

XIX.2.4.1.Podpovrchové sedimenty

Krápníky – dle pozice vůči podzemní dutině (stalaktity, stalagmity, stalagnáty), dle materiálu (sintrové, ...). Brčka

Sintr – krápníky, povlaky (sintrové náteky, kůry, vodopády, lekníny), svislé desky, excentrika /heliktity. Jeskynní perly - nickamínek

Egutační jamky

Geody, konkrerce, dendrity

XIX.2.4.2.Povrchové sedimenty

Depozice v oblasti pramenů - vřídelní kámen – gejzírit.

Osteokoly

Travertin (vápnitý sintr/sladkovodní vápenec) – dělení dle geneze pramenit vs. pěnovec/pěnitec. Dělení dle výsledných tvarů - travertinová kupa, travertinový kráter, travertinová kaskáda.

XIX.3. Geologická činnost tekoucí vody

XIX.3.1. Úvod

Voda na zemském povrchu (atmosférické především dešťové srážky, tání, prameny).

Nejvýznamnější terestrické depoziční prostředí, významná role při transportu a zvětrávání.

Pohyb vody ve vodních tocích - povrchový odtok je řízen především gravitací.

XIX.3.2.Dešťový ron

Procesy následující ihned po atmosférických srážkách, nesoustředěný odtok do vodních toků.

Plošný splach – výmolná eroze (vlastnosti hornin, reliéf, rostlinný kryt).

Dešťový ron (ronové stružky, ronové rýhy, ronové rokly, škrapy, badlandy, zemní pyramidy, zemní kulisy).

Ronová rokly – 3 části (sběrná oblast, hlavní koryto, náplavový/dejekční kužel – analogie vodního toku). Rozdílná geologická činnost v různých částech.

XIX 3.3.Vodní tok

Typický pramen, ústí (erozní báze - svrchní a spodní), koryto.

Povodí vs. rozvodí, hlavní vodní tok vs. přítoky - vodní/říční síť.

Hustota vodní sítě – typy vodní sítě dle půdorysu (stromovitá, rovnoběžná, pravoúhlá, radiální) role geologické stavba zájmové oblasti a klimatu (určuje množství charakter, rychlost srážek).

Geologická aktivita tekoucí vody (eroze – transport-sedimentace) je dána rychlostí pohybu vody, charakterem proudění, hustotou a viskozitou kapaliny - Reynoldsovo číslo). Hjulströmův diagram (eroze vs. transport vs. sedimentace). Průtočné množství – pohyb vody ve vodním toku (laminární vs. turbulentní proudění).

XIX.3.4. Říční eroze (říční výmol)

Rychlost proudění (sklon koryta - vnitřní a vnější tření). Rozložení rychlosti vodního toku v rámci říčního koryta – proudnice. Nepravidelná rychlost proudění různých částí vodního toku – nepravidelné rozložení eroze a depozice.

Role změny okolního reliéfu/sklonu, role velikosti erodovaných a transportovaných částic.

Hloubková eroze - boční eroze- eroze zpětná (říční pirátství) – evorze - koroze. Rozhodující faktor pro vznik říčních údolí (dále také sedimentace).

XIX.3.5. Říční údolí

Spádová křivka – její konstrukce a typy (nevyrovnaná spádová křivka vs. vyrovnaná spádová křivka(křivka profilové rovnováha)

Změny profilu spádové křivky (rozdílná odolnost skalního podkladu, pohyby zemské kůry, změny hladiny, klimatické procesy).

Spádová křivka vs. části vodního toku (horní tok, střední tok, dolní tok) – rozdílná role a poměr eroze, transportu sedimentace. Rozdílný typ eroze v různých částech vodního toku.

Role boční eroze - **zákruty** a **meandry** (zakleslé vs. volné meandry) vodního toku, napřimení vodního toku (protržení meandru)

Morfologické tvary spojené se zákruty a meandry - říční amfiteátr, říční niva, opuštěný meandr, okrouhlíky, skalní mosty, mrtvá ramena, nárazový břeh(výsep), nánosový břeh (jesep).

Vývoj říčního údolí (typy eroze, charakter hornin, geologický vývoj oblasti)

Říční údolí vs. selektivní eroze – **údolí epigenetická** a **antecedentní**

Říční údolí vs. sklon reliéfu (údolí konsekvntní, subsekvntní, resekventní, obsekvntní a insekventní).

Říční kaňony

Skalní stupně (vodopády, kataraky, kaskády, peřeje/prahy) - geneze skalních stupňů (rozdílná odolnost hornin, pásma luklin, vysutá údolí, travertinové hráze). Erozní procesy a vývoj stupňů.

XIX.3.5.1. Klasifikace fluviálních systémů/vodních toků

Fluviální režim – způsob transportu sedimentu, množství koryt, poměru jejich hloubky a šířky, sinusoidita koryt.

Typy řek (divočící vs. meandrující vs. anastomozní)

XIX. 3. 6. Říční terasy

Vznik říčních teras – terasové systémy (tektonické a klimatické procesy) – terasy erozní/abrazní a akumulární

Klasifikace říčních teras – terasové systémy (vazba ke stávajícímu toku), pozice nejvyšší a nejnižší terasy v čase, denudační chronologie klastů.

Důvody vzniku teras – střídání period hloubkové eroze a akumulace- důvody klimatické a tektonické .

XIX.3.7. Transportační činnost vodního toku

Zdroje materiálu pro vodní tok

Způsoby transportu v rámci vodního toku (trakce, saltace, suspenze, flotace, transport v roztoku)

XIX.3.8. Říční/fluviální sedimenty

Snížení rychlosti proudění, snížení průtočného množství. Role velikosti transportovaných částic (dále hmotnost, tvar). Role klimatu.

Fluviální sedimenty jsou obecně laterálně i vertikálně velmi proměnlivé. Tělesa fluviálních sedimentů a jejich prostorová distribuce.

Sedimenty říčních koryt vs. sedimenty mimo koryto.

Rozdílné zastoupení těchto dvou prostředí depozice v rámci hlavních kategorií aluviálních a fluviálních sedimentů - sedimenty aluviálních kuželů, sedimenty divočicích, meandrujících a anastomozních řek. Sedimenty opuštěných říčních ramen.

XIX.3.9. Říční ústí

Typy říčních ústí a jejich řídicí faktory (tektonické procesy, množství, rychlost a charakter přinášeného sedimentu, marinní procesy – vlnění, výčasy, proudění, reliéf)

Míšení vod v místech ústí - **homopyknický-hypopyknický-hyperpyknický proud**

Ústí otevřená/nálevkovitá – **estuárium** (specifický typ cirkulace vod, zóna míšení sladkých a slaných vod zasahuje hluboko do pevniny, výrazná role přílivovo-odlivových proudů).

Ústí uzavřená – kosa, liman

Říční delty- tělesa vějířovitého a klínovitého tvaru, přínos sedimentu je vyšší než jeho redistribuce v rámci pánve. Části delty – deltová plošina, čelo delty, svah delty, prodelta. Ovlivnění delt procesy terestrickými/zdrojová oblast (klíma, tektonika, vlastnosti hornin) a marinními (změny hladiny, role vlnění, výčasu a příbřežních proudů, modelace dna a sklon dna). Klasifikace delt – delty s dominancí fluviálních procesů, delty s dominancí vlnění, delty s dominancí výčasu. Rozdílný tvar tělesa delty, rozdílná distribuce sedimentů.

Rozsáhlá role člověka v moderních případech delt.

XIX.4. Geologická činnost jezer

XIX.4.1. Úvod, základní pojmy

Jezero – přirozené těleso stojaté vody nesouvisející s mořem.

Limnologie

Velikost, tvar a hloubka jezera – vazba ke genezi

Původ jezerní vody – srážková voda, pramen, přítok

Úbytek jezerní vody – výpar, však, odtok (trvalý, občasný) – bezodtoká jezera

Bilance jezerní vody – kolísání hladiny

Stratifikace jezerní vody – důvody, rozložení v čase

Chemismus jezerní vody

Pohyby jezerních vod

XIX.4.2. Geneze jezer

Jezera hloubená (prvotní) a hrazená (sekundární)

XIX.4.2.1. Hloubená jezera

Endogenní procesy- vulkanická jezera (kráterová, kalderová, maarová), tektonická jezera (vrásová, zlomová).

Exogenní procesy- krasová jezera (závrty, slepá údolí, polje), solná jezera, glacienní jezera (karová, jezera v rámci ledovcového trógu), jezera vzniklá říční činností (zakleslé meandry, erozní deprese – ústup vodopádu), eolická činnost, termokrasová jezera (alas), meteoritická jezera, činnost člověka.

XIX.4.2.2. Hrazená jezera

Endogenní procesy – vulkanická jezera (proud lávy, proud pyroklastik), tektonická jezera, Exogenní procesy – gravitační procesy (sesuvy, skluzy, skalní řízení), ledovcové procesy (ledovcový splaz, morény, eskery/osary), říční činnost (mrtvá ramena, boční přítok, delty),

eolická činnost (přesypy), člověka činnost moře (liman), činnost organismů a člověka (bobří, korálové útesy, rostliny, rybníky a přehrad).

XIX.4.3. Rušivá činnost jezer

Podemílání břehů, svahové nátrže, jezerní terasy

XIX.4.4. Transportační činnost

Změna rychlosti a složení vody, transport od vstupu k výstupu.

XIX.4.5. Jezerní sedimenty

Role klimatu, morfologie a rychlosti přínosu sedimentu. Relativně malá stálost jezer v rámci jednotek geologického času (výjimka jezera tektonická)

Chemogenní – role minerálního a chemického složení zdrojové oblasti, bahenní Fe rudy, karbonátové sedimenty, evapority

Klastické – rozdílné poměry v místech vstupu říční vody (delty) a v oblastech vzdálenějších. Typicky horizontální vrstevnatost, zvrstvení/laminace. Rytmičké střídání různých typů sedimentů – sezónnost změn.

Organogenní – diatomit, jezerní křída, slatiny, rašeliniště

Vývoj jezera (přínos sedimentu vs. pokles jezerního dna)

Zánik jezera – důvody (klimatické, destrukce jezerní hráze – zpětná eroze, zanesení jezera/zazemnění, zarůstání jezera).

Umělá jezera – přehrad, rybníky

XIX.5. Geologická činnost moří a oceánů

XIX.5.1. Úvod

Oceánografie - světový oceán (70,7% zemského povrchu), oceány a moře, moře vnitřní a okrajová, zálivy.

Střední hloubka oceánu

Chemické složení mořské vody

XIX.5.2. Stratifikace mořské vody

Teplotní a hustotní/salinitní stratifikace vede k vertikálnímu členění vodního sloupce v oceánech: A) Povrchová vrstva, B) Přejídní vrstva / thermoklina, C) Hlubinná vrstva

XIX.5.3. Pohyby mořské vody

Důvody pohybu- účinek větru, stratifikace, slapové síly, změny množství vody v pánvi, změny tvaru oceánského dna, katastrofické události (zemětřesení, sesuvy, vulkanické erupce,..)

Klasifikace pohybů mořské vody:

Dle směru pohybu vodních částic – vertikální a horizontální pohyby

Dle mechanismu pohybu vodních částic – **vlnění, mořské proudy / výčasy**(dmuťi-příliv a odliv)

Transgrese, regrese, ingrese

Eustatická vs. relativní změna mořské hladiny

XIX.5.3.1. Vlnění

Typy vlnění: eolické vlnění, vnitřní vlnění, stojaté vlnění, katastrofické jednorázové vlny

Pohyb částice při vlnění - orbita a **orbitální dráha částice**

Výška vlny-délka vlny-rychlost-perioda

Vrchol (hřbet) vlny- sedlo (důl)- směr vlny- čelo vlny

Vlny hlubokého vs. vlny mělkého oceánu

Deformace orbitální dráhy – hloubka menší než polovina vlnové délky vlny, vlnění zasahuje do částic dna, zpomalení pohybu částic, pokles vlnové délky a nárůst výšky vlny. Lámání vln - **příboj** – vlnolam (brejkr).

Příbojový proud

Nucené a volné vlny

Refrakce vln (ohýbání vln) – zpomalování postupu vlny k pobřeží v místech výběžků pevniny do oceánu- ohýbání průběhu vlnové linie podélně s pobřežím.

Příbřežní proud vs. kompenzační/zpětný proud (rip current)

XIX.5.3.2. Výčasy / dmutí moře

Slapové síly – příliv a odliv – vertikální změna mořské hladiny a pohyb vody.

Přitažlivost Slunce a Měsíce – přivrácená a odvrácená strana. Pozice Slunce a Měsíce - skočný vs. hluchý příliv. Bouřlivý příliv

Plochá pobřeží s otevřenými zálivy (Bay of Fundy, Gulf of St.Lawrence,..).

Příliv a odliv jako vlnění, přílivový a odlivový proud -

Supralitorál (supratidal), sebchy,marše, eulitorál (intertidal), sublitorál (subtidál) – infralitorál a cirkalitorál

Přílivo-odlivové plošiny – kanály a valy, protisměrné šikmé zvrstvení.

XIX.5.4. Rušivá činnost vlnění (abraze pobřeží)

Abrazní srub (klif), útesy, skalní brány, skalní jehly, jeskyně.

Abrazní mořská plošina/mořské terasy

Transport materiálu – rovnoběžně s pobřežím (příbřežní proudy) - bariérové ostrovy, písčné kosity, valy, tombolo.

Morfologická klasifikace typů pobřeží (fjordová, šerová, riasová, limanová, vulkanického typu, dalmatského typu, ...)

XIX.5.5. Mořské proudy otevřeného moře

Povrchové vs. hlubinné proudy

Povrchové proudy – rozhodující role směr a síla větru, účinek Coriolisovy síly a efekt tzv. Ekmanovy spirály, morfologie pánví – vznik systému mořských povrchových proudů.

Hlubinné proudy- termohalinní cirkulace, role výstupu a poklesu různě teplých mas vody (**upwelling**).

Proudění a **produktivita organické hmoty** v oceánech.

XIX.5.6.Mělkomořské procesy

Problematika šelfu

XIX.5.7. Hlubokomořské procesy

XIX.5.8. Mořské/marinní sedimenty

Klastické vs. neklastické

Sedimenty březního pásma, sedimenty mělkomořské a sedimenty hlubokomořské

Hlubokomořské sedimenty (eupelagické a hemipelagické)

Doporučená literatura dostupná studentům PřF MU v ústřední knihovně

Chernicoff, Stanley.(1995): Geology : an introduction to physical geology.

Kachlík V., Chlupáč I. (2003): Základy geologie. Historická geologie.-skripta UK Praha.

Kumpera O., Foldyna J., Zorkovský V. (1988): Všeobecná geologie.- SNTL, Praha.
Plummer Ch.C., McGeary D. (1982): Physical Geology.- Wm.C.Brown. Publ. Iowa.
Plummer, Ch. C. (1996): Physical Geology : with interactive plate tectonics CD-ROM.
Plummer, Ch. C.(1996): Physical geology : student study art notebook.
Tarbuck, E. J.(2002): Earth : an introduction to physical geology.
Thompson, G. R.(1998): Introduction to physical geology .

Thompson, G. R.(1993): Modern physical geology.
Turk, J.(1991): Modern physical geology.