1.5 Pevninská a ostrovní část

„Člověk, který se zabývá ledovci, se časem začne cítit bezvýznamný."
Americký novinář, spisovatel a humorista Mark Twain (1835–1910), *Tramp v zahraničí*

1.5.1 Reliéf

(*Zbyněk Engel*)

Reliéf Arktidy je výjimečný rozsáhlým přemodelováním ledovci, sezónním táním povrchu a nízkým stářím. Převážná část zemského povrchu se do současné podoby vyvíjela dlouhodobým působením morfologických činitelů, jejichž účinnost se mění v závislosti na klimatických podmínkách a odolnosti hornin. V arktické oblasti byla většina území v průběhu posledních 2,5 mil. let opakovaně zaledněna, což vedlo k postupnému přetvoření původního reliéfu erozí a ukládáním ledovcových sedimentů. Nový reliéf se začal objevovat na povrchu s ústupem ledových štítů, který začal přibližně před 18 tis. let. Zánik ledových štítů doprovázel pomalý zdvih odlehčeného zemského povrchu, který pokračuje v oblasti posledního kvartérního zalednění dodnes. Zdvih se projevuje posunem břehové čáry do přilehlé části šelfů, které se stávají novou součástí souše. Nejmladší části reliéfu vznikají v dříve nezaledněných oblastech, kde se vytvořil permafrost s vysokým obsahem ledu. V důsledku klimatické změny led taje, svahy se stávají nestabilní a dochází k sesuvům. Extrémním příkladem současných změn reliéfu podmíněných rozpadem permafrostu je rychlý ústup svahů na mořském pobřeží a vznik tzv. kryovulkanických kráterů (odd. 1.5.4) v pobřežních oblastech.

Převaha mladého reliéfu platí především pro severoamerickou Arktidu, která byla s výjimkou severního pobřeží Aljašky souvisle zaledněna. Největší ledové štíty se vyvíjely v oblasti kanadského štítu, ze kterého odstranily většinu starších sedimentů a zarovnaly výchozy pevných hornin. V rozsáhlých rovinách Kanady vznikly erozí oválné vyvýšeniny zvané oblíky, v horách Labradoru, Baffinova ostrova a Ellesmerova ostrova ledovce přemodelovaly pramenné oblasti toků a údolí do podoby karů, resp. trogů. Největší erozní účinky měly dlouhé ledovce, které dolní úseky údolí prohloubily pod úroveň současné hladiny moří, a vytvořily tak fjordy. Uvolněné bloky horninového podloží byly posouvány postupujícími ledovci, drobnější úlomky unášely tavné vody na rozhraní s podložím. Materiál transportovaný na okraji ledovců se v místě největšího rozšíření zalednění uložil v podobě velkých morén, které jsou soustředěny v oblasti šelfů a v jižní části kanadského štítu daleko za hranicí Arktidy. Hojně zastoupené jsou v oblasti bývalého zalednění desítky kilometrů dlouhé valy sedimentů (tzv. eskery), které se ukládaly v korytech na bázi ledovců, a pahorky doutníkovitého tvaru (drumliny), protáhlé ve směru pohybu ledovců. Výsledkem rozsáhlého zalednění a homogenní stavby kanadského štítu je převážně jednotvárný reliéf nízko položených částí kanadské Arktidy, který zpestřují výchozy odolnějších hornin, pinga (vyvýšeniny s ledovým jádrem) v deltě řeky Mackenzie či impaktní (dopadové) krátery na poloostrově Ungava.

Arktický okraj Eurasie má v porovnání s kanadskou Arktidou reliéf rozmanitější,

Foto: P. Kahánek ←←



Obr. 1.76 Reliéf modelovaný ledovci a tundra patří k hlavním rysům Polárního Uralu (foto O. Čegodajev).

především díky pestré geologické stavbě a omezenému rozsahu bývalého zalednění. Mezi severní Evropou a východní Sibiří zasahují do arktické zóny na několika místech stará horská pásma, která tak člení dlouhý pás pobřežních nížin. Ledové štíty postupovaly v průběhu kvartéru pouze západní částí eurasijské Arktidy a ve vrcholném období posledního glaciálu pokrývaly již jen Skandinávský poloostrov a blízké okolí. Na východ od oblasti bývalého zalednění určovalo vývoj reliéfu především mrazové zvětrávání a přemísťování suti, v teplejších obdobích ukládání říčních sedimentů. Sedimentace na dolních tocích sibiřských řek pokračuje i v současnosti, a vznikající akumulační roviny proto patří společně s pobřežními valy a plážemi k nejmladším částem zdejšího reliéfu. Pobřežní oblasti východní Sibiře a přilehlých ostrovů podléhají mimořádně rychlým změnám a unikátním procesům: zatímco ústup pobřeží Novosibiřských ostrovů a delty Leny dosahuje nejvyšších rychlostí v rámci celé arktické oblasti, vznik kryovulkanických kráterů na poloostrovech Jamal a Gyda nebyl dosud jinde na souši pozorován.

Eurasijská Arktida

Eurasijská část Arktidy zahrnuje pobřežní pás kontinentu na sever od hranice lesa a ostrovy přilehlého šelfu. Převážná část území na okraji pevniny má podobu rozsáhlých rovin, jejichž celistvost přerušují ojedinělé pahorkatiny a výběžky hor (mapa na předsádce). Pobřežní pás rovin za polárním kruhem se rozprostírá v délce 4500 km od Mezeňského zálivu v Bílém moři po ústí řeky Kolymy na pobřeží Východosibiřského moře. Zde se hranice lesa stáčí k jihovýchodu, arktická zóna se rozšiřuje a zahrnuje hornaté území severovýchodní Sibiře. Souostroví západní části eurasijské Arktidy mají členitý a z velké části zaledněný reliéf, povrch ostrovů ve Východosibiřském moři je nižší a téměř bez ledovců.

Kontinentální oblast eurasijské Arktidy zasahuje na okraj Skandinávského poloostrova, kde zahrnuje členité severní výběžky poloostrovů Sværholthalvøya, Nordkinn a Varanger (obr. 1.50). Souvislý pás arktické pobřežní zóny začíná na poloostrově Kanin v severní části Východoevropské nížiny. Směřuje od pobřeží Češského zálivu na východ, protíná se-



Obr. 1.77
Severosibiřská nížina v době jarního tání (foto P. Prokosch).

verní část Timanských vrchů a přes Malozemskou a Velkozemskou tundru pokračuje k západnímu úpatí horského pásma Uralu. Charakter reliéfu udávají valy morén z období posledního zalednění, termokrasové jevy a systém mořských teras. Tundrové roviny se vyznačují mírně zvlněným povrchem, velkým množstvím jezer a zamokřením rozsáhlých ploch v důsledku sezónního tání činné vrstvy permafrostu. Nad východní okraj rovin se zvedají mírně ukloněné svahy Uralu (obr. 1.76), jehož severní část vznikla kolizním vývojem v závěru paleozoika. Reliéf Polárního Uralu s maximální výškou 1499 m n. m. získal v období kvartéru převážně glaciální ráz, současné zalednění je omezeno pouze na nejvýše položené údolní uzávěry. Paj-Choj, severní výběžek Uralu na Jugorském poloostrově, dosahuje výšky 467 m n. m. a jeho kary a trogy jsou již bez ledovců.

Na strmé východní úbočí Polárního Uralu navazují rozsáhlé roviny Jamalské a Gydské nížiny, které vznikly akumulací ledovcových sedimentů v glaciálech a mořskou transgresí v období holocénu. Roviny jsou rozčleněné stovky kilometrů dlouhými nálevkovitými zálivy (estuárii), které vymezují poloostrovy Jamal, Taz a Gyda. Estuária svědčí o dlouhodobém poklesu severního okraje Západosibiřské nížiny i navazující Severosibiřské nížiny (obr. 1.77), jejíž střední část protíná estuárium řeky Chatangy na východním okraji poloostrova Tajmyr. Jádro poloostrova tvoří 1100 km dlouhé horské pásmo Byrranga (1146 m n. m.), které vzniklo horotvornou činností hercynské fáze. Hřbetní část byla zarovnána do podoby plochého temene, které bylo následně rozčleněno fluviální činností a zaledněním. Ledovcový původ má také největší jezero eurasijské Arktidy Tajmyr



Obr. 1.78 Hornatá východní část poloostrova Tajmyr se stejnojmenným jezerem (foto A. Dinu).

(4560 km²), odvodňované stejnojmennou řekou napříč horami do Karského moře (obr. 1.78). V současnosti jsou zaledněny již jen kary nejvyšší východní části hor.

Východní okraj Severosibiřské nížiny ohraničuje pahorkatina Čekanovského (529 m n. m.), na kterou navazuje největší říční delta eurasijské Arktidy, naplavená tokem Leny (29 tis. km²). Ta se na začátku delty dělí na 4 hlavní toky, které se dále větví a vytvářejí spletitou síť říčních ramen (obr. 1.59). V opuštěných korytech se hojně vyskytuje obnažený podzemní led a říční jezera. Sníženiny na povrchu delty jsou v důsledku letního tání zamokřené a vzniká zde velké množství sezónních tůní. Východně od delty protíná arktická zóna severní výběžek Verchojanského pohoří, které na hranici lesa dosahuje výšky 1246 m n. m., a následujících 1100 km pokračuje Východosibiřskou nížinou. Tu tvoří převážně říční sedimenty ukládané v poklesové oblasti Kolymského pohoří. Sedimenty se vyznačují velkým obsahem podzemního ledu, který vystupuje na povrch v říčních korytech a pobřežních svazích. Monotónní povrch akumulačních rovin zpestřuje pahorkatina Ulachan-Sis (754 m n. m.), která jižně od ústí Indigirky odděluje Jano-indigirskou a Kolymskou nížinu.

Při ústí Kolymy se charakter eurasijské Arktidy mění a nížiny ustupují horskému reliéfu, který je převážně výsledkem horotvorné činnosti v období mesozoika. Na východ od Kolymské nížiny zahrnuje arktická oblast Raučuanský hřbet (1853 m n. m.), Anadyrskou vulkanickou plošinu (1185 m n. m.) s impaktním kráterem Eľgygytgyn a Čukotské pohoří s nejvyšším vrcholem eurasijské Arktidy Ischodnaja (1887 m n. m.). V západní části Anadyrské plošiny se arktická zóna rozšiřuje na jih od polárního kruhu a smě-



Obr. 1.79 Zasněžené svahy Západního Špicberku na konci zimy (foto Z. Engel).

řuje do tektonicky podmíněné Anadyrské nížiny, která zůstala v období glaciálů nezaledněna. Nejjižnější výběžek eurasijské Arktidy zahrnuje hřbet Ukvušvujnen (1423 m n. m.) na východním okraji Korjackého pohoří, které bylo na pobřeží Beringova moře vyvrásněno v kenozoiku. Zcela odlišný ráz má severní a jižní pobřeží Čukotského poloostrova: zatímco břehy Čukotského moře jsou lemované bariérovými valy, kosami a lagunami, do Beringova moře spadají strmé svahy členěné fjordy.

Z ostrovů eurasijské Arktidy se pestrou morfologií vymyká souostroví Svalbard (74–81° s. š.), které je vertikálně i horizontálně mimořádně členité a zahrnuje nejvyšší vrchol eurasijských ostrovů Newtontoppen (1713 m n. m.). Glaciální reliéf je nejlépe vyvinutý na ostrově Západní Špicberk, který je rozčleněn hlubokými trogy a fjordy (obr. 1.79). Více než polovina souostroví je zaledněna, od konce 20. století však ledovce ustupují. Souostroví Země Františka Josefa (80–82° s. š.) budují mesozoické sedimenty překryté bazalty, které tvoří charakteristické plošiny se strmými okrajovými svahy (obr. 1.80). Navzdory klimatické změně pokrývají ledovce téměř 80 % povrchu souostroví, jehož nejvyšší bod dosahuje 622 m n. m. Nová země (70–77° s. š.) vznikla jako součást horského pásma Uralu a tvoří ji stejné horniny. Povrch Jižního ostrova je nízký a sezónně zamokřený po 72. rovnoběžku, kde se reliéf zvedá a nabývá horského rázu. Hornatou část ostrova člení hluboká příčná údolí a fjordy založené na zlomech. Stejný původ má i úzký průliv Matočkin Šar, který odděluje vyšší (1547 m n. m.) a mohutně zaledněný Severní ostrov. Souostroví Severní země (78–81° s. š.) má základ v proterozoických





Obr. 1.80 Mohutně zaledněná Země Františka Josefa (foto C. Michel).

Obr. 1.81 Pobřeží Novosibiřských ostrovů v důsledku tání půdního ledu rychle ustupuje (foto Y. Nikitin).

a paleozoických sedimentech, které jsou na většině ostrovů zarovnané do podoby náhorních plošin. Zaledněna je necelá polovina souostroví, jehož nejvyšší bod (965 m n. m.) tvoří temeno největší z ledových čapek. Novosibiřské ostrovy (73–77° s. š.) mají pestrou geologickou stavbu, jsou však z velké části tvořeny kvartérními sedimenty s vysokým obsahem podzemního ledu (obr. 1.81). Ten postupně odtává a odhaluje množství kosterních pozůstatků mamutů. Ostrovy jsou nízké (nejvyšší bod 374 m n. m.) a bez ledovců.

Severoamerická Arktida

Arktická oblast přiléhající k severoamerickému kontinentu zahrnuje okraj pevniny ohraničený na jihu hranicí lesa, Kanadské arktické souostroví a Grónsko. Téměř třetinu americké Arktidy pokrývá Grónský ledový štít (1,6 mil. km^2), dalších 5 % povrchu (236 tis. km^2) zaujímají ledovce. Reliéf severního okraje kontinentu i přilehlých arktických ostrovů je členitější než v eurasijské části Arktidy (mapa na předsádce). Horská pásma vystupují na severu Aljašky, ve východní části Kanadského arktického souostroví a v pobřežní části Grónska. V pevninské a ostrovní části kanadské Arktidy převládá mírně zvlněný reliéf pahorkatin a jezerních rovin, nížiny jsou omezené na úzké pobřežní zóny a ústí největších řek.

V západní části amerického kontinentu zasahuje arktická oblast nejdále k jihu (59° s. š.) na pobřeží Bristolského zálivu. Severní hranice lesa zde překračuje horské pásmo Kuskokwim a vymezuje jeho nejvyšší, převážně nezalesněnou část zvanou Tikchik. Tato horská oblast dosahuje nadmořské výšky 1508 m a je výrazně modelovaná ledovci. Charakteristickým rysem reliéfu jsou morfologicky výrazné trogy a protáhlá ledovcová jezera ve východní části hor. K západnímu úpatí horského pásma zasahuje největší říční delta americké Arktidy, která se rozprostírá na 130 tis. km^2, dosahuje délky 300 km a šířky 400 km. Převážná část říčních akumulací naplavených toky Yukon a Kuskokwim má charakter rovin, které jsou v podmínkách letního tání činné vrstvy permafrostu zamokřené. Rozšířeným jevem je spletitá síť říčních koryt a přítomnost velkého množství termokrasových jezer (obr. 1.82). Z centrální části akumulačních rovin vyčnívají protáhlé vyvýšeniny z pyroklastického materiálu a sopečné kužely z bazaltu kvartérního stáří. Mírně zvlněný reliéf ve velkém ohybu řeky Yukon je podmíněný křídovými sedimenty, které vystupují na povrch severním směrem až k Nortonovu zálivu. Severní břeh tohoto zálivu ohraničuje Sewardův poloostrov, který se vyznačuje členitým reliéfem přesahujícím nadmořskou výšku 1400 m. Základ poloostrova tvoří paleozoické břidlice prostoupené granity a kenozoickými vulkanity. Jižní část poloostrova pokrývají spraše, severozápadnímu pobřeží dominují recentní písečné přesypy a rychlý ústup břehů v důsledku tání permafrostu. Na severu poloostrova se nacházejí největší známé explozivní krátery (maary) na Zemi, které vznikly sopečnými erupcemi v prostředí permafrostu.

Rozsáhlé bezlesí v severní části Aljašky je podmíněno polohou oblasti za polárním kruhem a značnou nadmořskou výškou Brooksova pohoří, které je nejvyšším horstvem pevninské části americké Arktidy (Mt. Isto 2736 m n. m.). Horské pásmo začíná na západě u mysu Lisburne a rozprostírá se v délce 1200 km podél 68. rovnoběžky. Jižní svahy hlavního hřbetu jsou pozvolné, strmé severní úbočí spadá k paralelně orientované plošině, která má povrch ve výšce kolem 700 m a severním směrem je oddělena dalším stupněm od úzké pobřežní nížiny (obr. 1.83). V období posledního glaciálu bylo Brooksovo pohoří masivně zaledněné, současné



Obr. 1.82 Meandry, opuštěná říční ramena a množství jezer v deltě Yukonu (foto K. Sowl).

zalednění je omezeno na vysoko položené kary. Horské pásmo vzniklo vyvrásněním paleozoických hornin na okraji kanadského štítu v období křídy a na počátku kenozoika, podobně jako oblast Skalnatých hor. Na východní okraj Brooksova pohoří navazují nižší pásma Britských a Richardsonových hor, jejichž východní úpatí ohraničuje akumulační rovinu řeky Mackenzie. Západní část údolí charakterizují rozsáhlé sesuvy, které jsou aktivní v průběhu krátkého letního období, kdy dochází k tání činné vrstvy permafrostu s velkým obsahem půdního ledu. Dolní tok Mackenzie vytváří rozsáhlou deltu (obr. 1.62), jejíž povrch charakterizuje velké množství říčních ramen a ostrovů, četná termokrasová jezera a polygonální vzory strukturních půd. Unikátním znakem delty jsou rozsáhlé oblasti vyvýšenin s ledovým jádrem (tzv. pinga), které dosahují výšky kolem 50 m (obr. 1.84).

Na východ od delty Mackenzie pokračuje úzká zóna bezlesí k Franklinovu

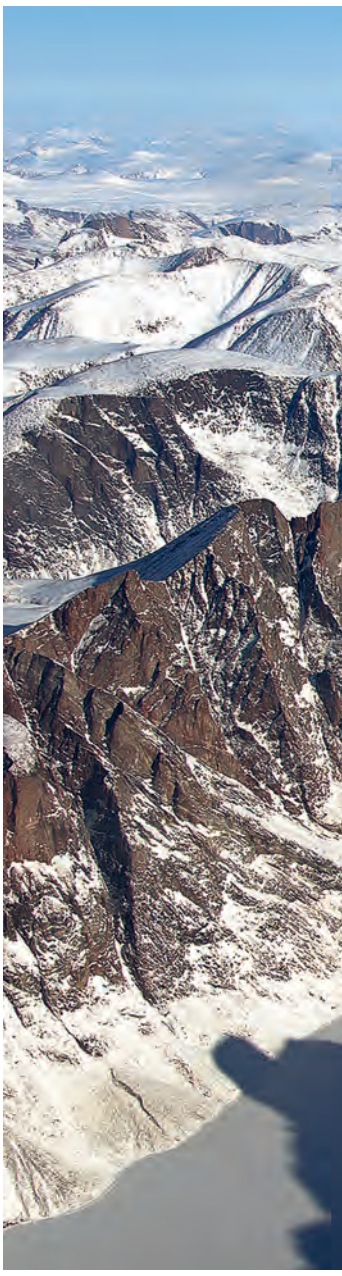


Obr. 1.83 Pobřežní plošiny na severním úpatí Brooksova pohoří, jimiž protéká řeka Canning (foto L. Hupp).



Obr. 1.84 Vyvýšenina s ledovým jádrem zvaná pingo v deltě řeky Mackenzie (foto W. R. Weber).





Obr. 1.85 Severní větev fjordu Saglek v Torngatských horách (foto D. Chute).

zálivu, kde se začíná rozšiřovat. Hranice lesa se stáčí k jihozápadu a protíná rozsáhlou oblast mírně zvlněného reliéfu, který se rozprostírá až k západnímu pobřeží Hudsonova zálivu. Geologický základ oblasti tvoří staré horniny kanadského štítu, které vystupují na povrch v pahorkatinné západní části kanadské Arktidy vymezené Velkým Medvědím jezerem, zálivem Bathurst (Kiluhiqtug) a Velkým Otročím jezerem. Východní část území směrem k Hudsonovu zálivu (plošinu Keewatin) pokrývají mocná souvrství ledovcových sedimentů, které tvoří morfologicky velmi dobře vyvinuté eskery a drumliny. Velký rozsah přemodelovaného území a dobře dochované tvary ledovcového reliéfu jsou výsledkem zalednění, které mělo v posledním glaciálu jedno z center právě v oblasti Keewatin. Druhé nejvýznamnější centrum Laurentinského ledového štítu se nacházelo v oblasti Labradoru, jehož severní výběžky tvoří východní výspu arktické kontinentální zóny. Poloostrov Ungava i Torngatské hory (1652 m n. m.) jsou součástí kanadského štítu, jejich geologický vývoj a morfologie jsou však odlišné. Méně členitý reliéf poloostrova Ungava odráží glaciální přemodelování nezvrásněných proterozoických hornin, strmé svahy Torngatských hor s hlubokými trogy a fjordy (obr. 1.85) jsou podmíněné rychlým tektonickým zdvihem v závěru kenozoika a soustředěnou erozí v období glaciálů. Jedinečným rysem obou oblastí jsou morfologicky výrazné impaktní krátery, kterých bylo v severní části Labradoru identifikováno šest. V největším kráteru vyplněném jezerem Clearwater West se nachází charakteristický prstenec ostrovů, nejmenší kráter Pingualuit na severu poloostrova Ungava má téměř dokonale kruhový půdorys.