Kvartérní jevy a sedimenty Mongolského Altaje v oblasti okresů Munchchajrchan, Manchan a Dzereg

Quaternary phenomena and sediments of the Mongolian Altai: area of districts MunkhKhairkhan, Manchan and Zereg

Pavel Havlíček – Jan Hošek – Pavel Čáp

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

Key words: *Mongolian Altai, geological mapping, Quaternary/Neogene sediments, glacial sediments, eolian sediments, alluvial fanes, fluvial terraces, intermontane basins, periglacial processes*

Summary: In the frame of the project of Czech International Development Cooperation *Geological mapping and mineral prospecting at a scale of 1:50 000 in the selected part of Western Mongolia* geological surveying continued last year in the districts of MunkhKhairkhan, Manchan and Zereg. Cenozoic (Quaternary and Neogene) sediments of this part of Mongolian Altai have a supra-regional importance from the viewpoint of paleogeography, stratigraphy and economic geology. In this respect fluvial sediments are the most significant. Relics of terraces have been found in the relative heights of 0(+5) m (Upper Pleistocene), +9 to +15 m, +18 to +20 m, +30 m, +40 to +50 m (Middle Pleistocene), 70 m and 100–150 m (Lower Pleistocene). Alluvial fans appear to have been deposited during two or three major stages, with significant erosion levels between them. Horizons of fluvial accumulation can also be observed in these sediments. Intermontane basins are filled with weathered crystalline rocks ("gruss") and with loamy calcareous silt. Glacigenic sediments and glacial geomorphology (glacial valleys, moraines, drumlins, kettle lakes etc.) are typical of areas above 3 600 m a. s. l. Periglacial features such as palsas, polygonal soils, ice-wedges and others were found to be also abundant in the area studied. In the surroundings of springs some thick sequences of minero-organic sediments were identified. Red-brown Neogene (probably Miocene) calcareous sandy silts are rich in osteological remains. Due to high winds up to 2 m high aeolian sand dunes accumulated on the surface of Holocene floodplain and in intermontane basins.

V roce 2014 pokračovala další etapa terénního geologického a ložiskového průzkumu Mongolského Altaje v oblasti okresů Munchchajrchan, Manchan a Dzereg. Pokračovali jsme v geologickém mapování v měřítku 1 : 50 000 na území směru V-Z o rozměrech 100 × 20 km. Mapy byly záměrně vybrány napříč pohořím Altaj, kolmo na tektonické struktury oblasti. Práce provádí Česká geologická služba ve spolupráci s organizací Mineral Resources Authority of Mongolia (MRAM).

Po první terénní etapě uskutečněné v roce 2013 byly poznatky o kvartérních sedimentech a procesech v oblasti shrnuty v dílčí zprávě Havlíčka et al. (2014). Předkládaná práce slouží jako doplnění publikovaných zjištění o nové poznatky, které autorský tým nasbíral v etapě roku 2014. V tomto roce se pozornost soustředila zejména na oblast východní (okresy Manchan a Dzereg) a také na doplňující výzkum glaciální oblasti na západě (okres Munchchajrchan). Zvláštní pozornost je v tomto příspěvku věnována fluviálním procesům v kontextu celého zkoumaného území. Nově jsou hodnoceny také organické sedimenty a periglaciální jevy.

Geomorfologie území

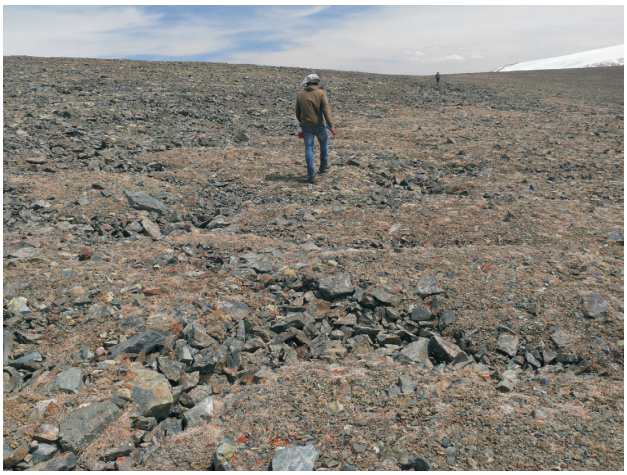
Geologický a ložiskový průzkum v roce 2014 probíhal většinou ve vysokých polohách mezi 2000–3600 m n. m. Reliéf zde má charakter krajiny s oblými tvary, širokými plochými horskými depresemi a údolími, svědčící o poměrně dlouhodobé modelaci, při níž byly elevace erozí a denudací zaobleny a deprese vyplněny zvětralými horninami. V níže položených oblastech se říční toky v důsledku poměrně rychlého výzdvihu oblasti a snížení erozní báze hluboce zařezávají do podložních hornin. Na prudkých svazích dochází místy i ke skalnímu řícení. Je pravděpodobné, že tento erozní trend pokračuje dodnes.

Předkvartérní geologické jednotky

Celé mapované území generelně tvoří tři dominující horninové jednotky (od západu): petrograficky poměrně jednotvárný masiv granitu, několik kilometrů mocná sekvence flyšových sedimentů a na východě dominují metamorfované jednotky (Havlíček et al. 2014). Pro jevy, které zkoumá tato práce, je podstatné zejména geologické podloží typu prvního a třetího, tj. granity a komplex metamorfovaných jednotek. Pro úplnost je třeba dodat, že některé zajímavé kvartérní jevy (viz dále) vznikly v plošně nepříliš rozsáhlé oblasti tvořené karbonskými a neogenními sedimenty.

Biotitické hrubě krystalické granity v z. části území náležejí tzv. altajskému komplexu a jejich stáří je s největší

DOI 10.3140/zpravy.geol.2014.40



Obr. 1. Polygonální půdy s průměrem až 2 m / Fig. 1. Polygonal soils up to 2 m in diameter.

Obr. 2. Červenohnědé miocenní písčité silty překryté sedimenty kvartérní, patrně středně pleistocenní fluviální terasy / Fig. 2. Red-brown Miocene sandy silt covered with sediments of Quaternary fluvial terrace.

pravděpodobností devonské. Tvoří rozsáhlou intruzi, v níž jsou zapracovány relikty kontaktně metamorfovaného obalu, nejčastěji v podobě kontaktních rohovců (Havlíček et al. 2014). Typická je pro ně intenzivní exfoliace. Území tvořené tímto typem hornin má obvykle charakter mírně zvlněné krajiny s průtočnými i bezodtokými depresemi. Ve vrcholových partiích elevací se místy vyskytují poměrně rozsáhlé komplexy granitových skalních měst.

Plošně velice významným horninovým typem, tvořícím

Obr. 3. Půda typu terra rosa vyvinutá na krystalickém vápenci / Fig. 3. Terra rossa palaeosol developed on crystalline limestone.

geologické podloží popisovaných kvartérních jevů, jsou metamorfované komplexy. Jsou tvořeny jednotkami strukturně uspořádanými převážně do směru SZ-JV a mají velmi pestrý litologický charakter. Dominují především složité komplexy ortorul, zelených břidlic a metadioritů, do nichž jsou zavrásněny amfibolity, migmatity, pararuly a nápadné kvarcity. V případě glacigenních jevů vázaných na horské pásmo na východě území jsou geologickým podložím zejména amfibolické diority, amfibolity a menší tělesa hrubozrnných gaber.

Z hornin karbonského stáří se vyskytují téměř výhradně hrubozrnné konglomeráty a jemnější flyšové sedimenty (střídání prachovců a břidlic, popř. pískovců a jemnozrnných konglomerátů). Zaujímají málo rozsáhlé území ve v. části zkoumané oblasti. Tvoří hřebeny, případně se nacházejí v podloží kenozoických sedimentů. V dezintegrovaných svrchních vrstvách karbonských sedimentů byly často pozorovány kryogenní jevy – palsy, polygonální půdy (obr. 1) a mrazové klíny.

Rozlohou nejmenší jsou sedimenty neogenního stáří. Jde o poměrně heterogenní horniny, v němž dominují červenohnědé, místy vápnité silty a nezpevněné písčité štěrky. Neogenní sekvence jsou často velmi špatně odlišitelné od faciálně podobných nadložních sedimentů kvartérních fluviálních teras (obr. 2). Předkvartérní stáří těchto popsaných sedimentů bylo doloženo osteologickými nálezy (tuři, koně, velbloudi, nosorožci). Neogenní sedimenty se vyskytují pouze ve velkých severojižně protažených depresích (j. od obce Manchan). Lze předpokládat, že tyto deprese, ústící do velké předpolní pánve táhnoucí se dále k S (k Chovdu), byly synsedimentárně ovlivňovány tektonickou aktivitou okrajových zlomů. Důkazem intenzivního chemického zvětrávání, ke kterému docházelo v humidnějších podmínkách neogenního (popř. spodně pleistocenního) klimatu, jsou půdy typu terra rosa vyvinuté na krystalických vápencích (obr. 3).

Kvartérní uloženiny a jejich charakteristika

S ohledem na denudační charakter zdejšího terénu jsou kvartérní uloženiny plošně poměrně málo rozšířeny. Mají

však značný paleogeografický a stratigrafický význam a jejich výskyt je důležitý z praktického hlediska (hydrogeologie, vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin). Zvlášť významné jsou fluviální akumulace (terasy) včetně štěrkovité a balvanité výplně údolních niv, sedimenty výplavových kuželů, svahoviny, sedimentární výplně vysokohorských depresí a ojediněle i naváté písky. Nově jsme se věnovali i glacigenním uloženinám vysokohorských ledovců a organickým sedimentům ve vztahu ke kryogenním procesům.

V reliktech se na svazích plochých i hluboce zařízlých údolí podél větších řek i periodicky protékaných údolí zachovalo až osm úrovní fluviálních teras s bázemi v relativních výškách v rozpětí 0 (+5) až 150 m (viz též Havlíček et al. 2014). Terasy jsou často překryty svahovými uloženinami značných mocností, nebo jsou po svazích rozvlečeny geliflukčními procesy. Převážně jsou to šedohnědé hrubě až středně zrnité písčité štěrky, s oválenými až polooválenými polymiktními valouny a balvany o velikosti 5–50 (100) cm. Mocnosti, rozsah i relativní výška akumulací se v závislosti na geomorfologických podmínkách značně liší. Dobře patrné je to na dvou paralelních s.-j. údolích j. od Manchanu. V širokém plochém údolí, podél nově budované silnice do Číny, byly zdokumentovány až 20 m mocné sledy pokrývající rozsáhlé plochy ve třech terasových úrovních s bázemi v relativních výškách +5 až +40 m. Stratigraficky jde pravděpodobně o terasy svrchního (+5 m) a středního pleistocénu. V paralelním údolí zhruba 15 km na V, kde se tok ostře zařezává do neogenních sedimentů a karbonských hornin, dosahují akumulace max. metrových mocností a jejich rozsah je značně omezen. Mimo již zmíněné výškové úrovně zde byly nalezeny relikty teras ve výškách +70 a 100–150 m a jejich akumulace zařazeny do spodního pleistocénu. Na tomto místě je nicméně třeba zdůraznit, že stratigrafické zařazení je vzhledem k absenci podpůrných argumentů (fosilií, paleomagnetického výzkumu) spíše orientační a vzhledem k poměrně aktivním neotektonickým procesům probíhajícím ve zkoumané oblasti dosti nejisté.

Nejmladšími fluviálními sedimenty jsou písčité štěrky, vyplňující údolní nivy stálých a občasných toků. Tyto velmi hrubé polymiktní fluviální písčité štěrky s dokonale oválenými až polostrohrannými valouny a balvany oválenými až polooválenými o průměrné velikosti 10–50 cm mají mocnosti převážně 1–3 (5) m. Jižně od Manchanu v nich převládají různé granity, gabra, amfibolity, křemen a silicity. Místy je v nivách vyvinut i vyšší nivní stupeň. Kromě těchto hrubých nivních sedimentů bývají místy vyvinuty jemnější, hlinito-písčité sedimenty. Povrch údolních niv je rozbrázděn morfologicky výraznými erozními rýhami, často s projevy zpětné eroze.

Sedimenty výplavových kuželů (obr. 4) jsou morfologicky nejvýraznějším kvartérně geologickým fenoménem zkoumaného území. Petrografické složení poloostrohranných až polooválených klastů odpovídá – na rozdíl od polymiktních fluviálních štěrků – vždy lokálním horninám v daném údolí. Jsou subhorizontálně i diagonálně zvrstvené, střídají se štěrkovité a písčité polohy. Výplavové kužele často zatlačují vodní toky a ty pak výrazně meandrují. Jsou

Obr. 4. Výplavový kužel porostlý vegetací / Fig. 4. Alluvial fan covered with vegetation.

Obr. 5. Sedimenty bazální morény s jezerem typu kettle / Fig. 5. Basal moraine and kettle lake.

zde ale i případy úplného přehrazení hlavního údolí a následného protržení mladší erozí. Erozní rozhraní, případně s vyvinutými mrazovými klíny uvnitř vrstevního sledu, dokládají polycyklický vývoj nejméně ve 2–3 fázích. Proximální části výplavových kuželů bývají často v kontrastu s okolní krajinou porostlé vegetací, neboť jsou na ně vázány prameny podzemní vody. Jílovité jemnozrnné písky se lokálně využívají na výrobu cihel sušených na slunci.

Svahové sedimenty jsou tvořeny jemnozrnnými až hrubě zrnitými písky, hlínami s ostrohrannými klasty o mocnosti až 3–4 m. Vznikala zde také kamenná moře, s klasty o velikosti 0,50–3 m.

Pokračovali jsme rovněž ve výzkumu horských depresí v nadmořské výšce 2500–2700 m (viz Havlíček et al. 2014). V západní části mapovaného území byly mezi depresemi zjištěny na povrchu podložních hornin polygonální půdy, palsy a mrazově provířené eluviální jíly s přimísenými hrubě zrnitými zvětralinami žul. Povrch depresí je rozbrázděn erozními odtokovými rýhami; časté jsou doklady zpětné eroze. Západně od Dzeregu jsou na jihu horské deprese bělošedé písčité sedimenty, na jejichž povrchu vznikly na podmáčených místech drobné polohy organických sedimentů.

Glacigenní sedimenty se nacházejí v nejzápadnější části mapovaného území (okres Munchchajrchan), ve výškách

Obr. 6. Drumlin vysoký 15 m na dně ledovcového údolí, Munchchajrchan / Fig. 6. 15 m high drumlin on the botom of the glacial valley, Munchchajrchan.

Obr. 7. Erozní odkryv vrstevního sledu organominerálního sedimentu u prameniště / Fig. 7. Erosive outcrop at the spring area shows sequence of clastic sediment with organic admixture.

Obr. 8. Palsa vysoká až 2 m v blízkosti prameniště / Fig. 8. Up to 2 m high palsa in the vicinity of spring area.

okolo 3600 m n. m. a jižně od Manchanu cca 3400 m n. m. Tyto oblasti popisují Klinge et al. (2003) a Kamp et al. (2013). Akumulační oblast má na západě charakter vnitrohorské deprese, do které ledovec a tavné vody přemístily velké množství nevytříděného klastického materiálu z okolních horských masivů. Kary dvou hlavních ledovcových splazů se nacházejí sv., resp. jz. (oblast masivu Munchchajrchan – 4362 m n. m.) od zkoumaného území, již mimo mapovanou oblast. V oblasti lze vyčlenit několik typů glacigenních sedimentů. Plošně nejrozšířenější jsou sedimenty bazálních morén (obr. 6), zčásti erodované činností současných toků (Dodoonnuryn a Uljastaj) a překryté svahovými sedimenty. Materiál má nevytříděný a polymiktní charakter. Jde o písčité štěrky, v nichž převažují oválné valouny až balvany granitů (místy i 3 m v průměru). Povrch bazálních morén je charakteristický výraznými nerovnostmi. V depresích se místy nacházejí nehluboká jezírka typu kettles (obr. 5). V plošších částech se vyskytují až 15 m vysoké drumliny (obr. 6). V předpolí ledovce (sandrová plošina) se vyplavoval jemnozrnnější písčito-prachovitý sediment se štěrkem. Geomorfologicky nápadné jsou boční morény, lemující hlavní ledovcová údolí. Mocnost těchto sedimentů dosahuje až 20 m. Nepříliš zřetelné elevace tvořené písčitým štěrkem s valouny až balvany polymiktního složení představují pravděpodobně zbytky čelních (ústupových?) morén. V Munchchajrchanu a j. od Manchanu se podařilo identifikovat tři fáze ústupu ledovce. Recentními změnami rozsahu ledovce Munchchajrchan se v nedávné době zabývali Krumwiede et al. (2014), kteří konstatují, že mezi roky 1990–2006 se jeho plocha zmenšila o 12 km^2, což představuje přibližně 30 % celkového rozsahu. V okolí ledovce jsou výrazné palsy. Mapovaný vysokohorský terén, zejména pak bezprostřední okolí proglaciální oblasti, je charakteristický značným mrazovým porušením podložních hornin. Časté jsou také polygonální půdy s polygony o průměru až 2 m (obr. 1).

Obr. 9. Neaktivní tufury v místě vyschlého prameniště / Fig. 9. Inactive thufur at the place of former spring area.

Organické sedimenty se v oblasti, zejména vzhledem k výrazně kontinentálnímu charakteru klimatu, vyskytují jen velmi vzácně. Jsou vázány výhradně na pramenné oblasti nebo podmáčené nivy, kde vznikají akumulací zetlelé organické hmoty (především trávy a mechů). Tato organická hmota bývá průběžně překrývána svahovými sedimenty, často přemístěnými ze zvětralých karbonských konglomerátů. Vznikají tak až několik metrů mocné vrstevní sledy organominerálního sedimentu, tvořené tmavými písčitými hlínami s organickými zbytky, oddělené klastickým sedimentem (obr. 7). Vrstvy bývají často kryoturbačně

provířeny. V podmínkách trvalého zamokření se vzhledem k nízkým průměrným ročním teplotám a předpokládané přítomnosti nesouvislého permafrostu tvoří pod povrchem segregační led, který neodtává ani během letní sezóny. Při větších mrazech dochází v důsledku objemových změn ledové čočky k vyzvedávání a narušení povrchu. Vznikají tak geomorfologicky poměrně nápadné struktury – palsy (či lithalsy), které mají kruhový tvar o průměru až 10 m a mohou dosahovat výšky až 2 m (obr. 8). Tyto útvary byly popsány z mnoha boreálních, subarktických a arktických oblastí (srov. Kociánová et al. 2010). Pokud se led tvoří mělce pod povrchem, vznikají méně nápadné struktury – tufury, jejichž neaktivní formy byly nalezeny i na místech již dávno vyschlých pramenišť (obr. 9).

Závěr

Kvartérně geologický průzkum horské oblasti Mongolského Altaje přinesl řadu nových paleogeografických a stratigrafických poznatků z hlediska výzkumu nerostných surovin. Fluviální akumulace v relativních výškách báze +5 m odpovídá pravděpodobně svrchnímu pleistocénu, +9 až +50 m střednímu pleistocénu a +70 až +150 m spodnímu pleistocénu. Složitý geologický vývoj dokládají také sedimenty výplavových kuželů, vyvinuté ve třech hlavních fázích. Typické pro tyto vysokohorské oblasti jsou mezihorské deprese, vyplněné převážně zvětralinami žul („gruss“). Činnost vysokohorských ledovců dokládají glacigenní sedimenty a typická geomorfologie (ledovcová údolí, morény, drumliny) ve výškách 3400–3600 m n. m. Z periglaciálních jevů jsou doloženy palsy, polygonální půdy, ojediněle tufury a ledové klíny. Kvartérně geologický vývoj dokládají i organominerální hlíny u pramenišť a eolickou činnost drobné duny navátých písků v nivách větších řek.

Poděkování. Tato publikace vznikla v rámci projektu zahraniční rozvojové pomoci České republiky „Geologické mapování 1 : 50 000 a zhodnocení ekonomického potenciálu vybrané oblasti Západního Mongolska” (úkol České geologické služby č. 681800). Autoři děkují editorovi J. Kadlecovi a recenzentům A. Zemanovi a J. Vítovi za cenné připomínky a doplňky.

Literatura

HAVLÍČEK, P. – ČÁP, P. – VOREL, T. (2014): Kvartérní sedimenty Mongolského Altaje: předběžné výsledky výzkumu. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2013,155–159.

KAMP, U. – KRUMWIEDE, B. – MCMANIDAL, K. – PAN, C. – WALTHER, M. – DASHTSEREN, A. (2013): The glaciers of Mongolia. – Occ. Pap. 61, 43 str., Univ. of Colorado.

KLINGE, M. – BÖHNER, J. – LEHMKUHL, F. (2003): Climatepattern, snow- and timber-line in the Altai Mountains, CentralAsia. – Erdkunde 57, 296–308.

KOCIÁNOVÁ, M. – JANKOVSKÁ, V. – ŠTURSOVÁ, H. (2010): Palsy a lithalsy, proč ano, proč ne v minulosti v Krkonoších. – Opera corcont. 47, 83–110.

KRUMWIEDE, B. S. – KAMP, U. – LEONARD, G. J. – DASHTSEREN, A. – WALTHER, M. (2014): Recent glacier changes in the Altai Mountains, western Mongolia: case studies from Tavan Bogd and MunkhKhairkhan. In: KARGEL, J. S. – BISHOP, M. P. – KAAB, A. – RAUP, B., ed.: Global Land Ice Measurements from Space. Satellite Multispectral Imaging of Glaciers. – Praxis-Springer, 481–508, Berlin.