

# Mongol Altai 50 – projekt zahraniční rozvojové spolupráce České republiky s Mongolskem v geologii (2013–2016)

Mongol Altai 50 – a Development Cooperation Project of the Czech Republic with Mongolia in geology (2013–2016)

VLADIMÍR ŽÁČEK<sup>1</sup> – PETR BOHDÁLEK<sup>1</sup> – EVA BŘÍZOVÁ<sup>1</sup> – DAVID BURIÁNEK<sup>1</sup> – PAVEL ČÁP<sup>1</sup> – ENKHJARGAL MIJIDDORJ<sup>2</sup> – JURAJ FRANCŮ<sup>1</sup> – GELEGJAMTS ADILBISH<sup>2</sup> – ALEXANDRA GUY<sup>1</sup> – PAVEL HANŽL<sup>1</sup> – PAVEL HAVLÍČEK<sup>1</sup> – ERIC HENRION<sup>3</sup> – JAN HOŠEK<sup>1</sup> – JAN JELÉNEK<sup>1</sup> – ILJA KNĚSL<sup>1</sup> – JANA KARENOVÁ<sup>1</sup> – LENKA KOCIÁNOVÁ<sup>1</sup> – JANA KOTKOVÁ<sup>1</sup> – ZUZANA KREJČÍ<sup>1</sup> – PETR MIXA<sup>1</sup> – JAN MRLINA<sup>4</sup> – VRATISLAV PECINA<sup>1</sup> – ZOLTÁN PÉCSKAY<sup>5</sup> – ALICE PRUDHOMME<sup>3</sup> – IGOR SOEJONO<sup>1</sup> – MARTIN SVOJTKA<sup>6</sup> – ZBYNĚK ŠIMŮNEK<sup>1</sup> – RADEK ŠKODA<sup>1</sup> – KRYŠTOF VERNER<sup>1</sup> – LUKÁŠ VONDROVIC<sup>1</sup> – TOMÁŠ VOREL<sup>1</sup> – STANISLAV VRÁNA<sup>1</sup> – RENATA ČOPIJKOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Czech Geological Survey, Klárov 3, 118 21 Praha 1, Czech Republic; vladimir.zacek@geology.cz

<sup>2</sup> Mineral Resources Authority (MRA), Barilgahdyn talbai 3, Governmental building 12, Ulaanbaatar 15170, Mongolia

<sup>3</sup> Institut du Physique du Globe, University of Strasbourg, France

<sup>4</sup> Institute of Geophysics, Czech Academy of Sciences, Boční II/1401, 141 31 Prague 4, Czech Republic

<sup>5</sup> Institute for Nuclear Research, Hungarian Academy of Sciences (ATOMKI), Bem tér 18/c, Debrecen, Hungary

<sup>6</sup> Institute of Geology, Czech Academy of Sciences, Rozvojová 269, 165 00 Prague 6, Czech Republic

Please cite this article as: Žáček, V. et al. (2017): Mongol Altai 50 – a Development Cooperation Project of the Czech Republic with Mongolia in geology (2013–2016). – Geoscience Research Reports, 50, 159–166. (in Czech)

**Key words:** geological maps, exploration geochemistry, education, Altai, Hovd, CAOB, Mongolia

**Summary:** Results of the project “Mongol Altai-50” of the Czech Development Cooperation with Mongolia, were successfully defended before the Mongolian Stratigraphic Commission in September 2016, in Ulan Bator. The project was carried out during 2013–2016, and experts from four countries participated in its implementation. The project was located in western Mongolia in the Hovd Department (Ховд аймаг) and the districts (soums) of Munhkhairkhan, Mankhan, and Zereg (Fig. 1). The western part of the Mongolian Altai Range has a mostly character of stepped plateaus, some of which rise above 4000 m a.s.l. There is a different morphology in the lower and peripheral parts of the mountain rejuvenated by deep faults or in places with former glaciation. Rocky ridges and deep gorges and canyons originated due to intensive feedback erosion (Figs. 2a–h). Five base geological maps at a scale of 1 : 50,000 (sheets L\_46\_28V, L\_46\_28G, L\_46\_29V, L\_46\_29G and L\_46\_30V) covering an area of 1770 km<sup>2</sup> were compiled during the project implementation. The field-work in

Mongolia was realised during three main campaigns in 2013–2015, each year 2–3 months long (Figs. 3 a–d). The project also had an educational significance, which involved training of 19 young Mongolian geologists in the field (Figs. 4 a–d). The Final Report (Žáček et al. 2016a) presents 43 new geochronological data, new insights into petrology, geochemistry, mineralogy, structural geology, sedimentology and palaeontology, and also includes a chapter on economic geology, and 50 applied maps showing results of exploration geochemistry. A set of geological maps represents an instructive E–W profile across an area on the contact of Lake, Altai and Hovd terranes (zones), which are part of the Central Asian orogenic belt (CAOB, Badarch et al. 2002), Fig. 5. These terranes are a collage of Lower Palaeozoic volcanic arcs, accretionary wedges, and back-arc basins separated from one another by deep-seated faults. The generally NW–SE trending and relatively steeply dipping lithological contacts, deformational fabrics and morphological pattern are common geological feature of a western Mongolian Altai. Structural record in the rocks is a result of polyphase development of three ductile deformational phases portrayed in varying intensity. The youngest deformation phase is associated with penetrative hydrothermal event, which produced abundant epidote and chlorite, ubiquitous in whole research area. Previous maps of the area on the scale 1 : 200,000 were given by Luvsandanzan et al. (1999) and Baatarhuyag and Gansukh (1999), general and local stratigraphy by Ariunchimeg et al. (2012). The Lake Zone in the E of the research area is formed by mid-Cambrian volcano-sedimentary Baatar Formation. It is intruded in several stages by the Togtokhinshil Igneous Complex, the age of which was newly determined to be Middle Ordovician (gabbros and diorites), and Upper Devonian (granites), Soejono et al. (2016). Thick sequence of folded Lower Palaeozoic sediments prevails in the Hovd and Altai zones. The sediments are ascribed to Zuun Nuruu (Ordovician), Tsetseg (Silurian) and Sagsai (Lower Devonian) formations (see Fig. 5). The age of these sediments decreases generally westwards, but the stratigraphic record is complicated by strong deformation when the same part of the sequence may be repeated. The sediments occur in several developments: deep basinal (shales), common flysch, shallower calcareous flysch, minor volcano-sedimentary, and shallow psammitic. Fossils are rare and poorly preserved, and usually indicate a broader age. The following groups of fossils were found: Graptoloidea, Anthozoa, Crinoidea, Brachiopoda, Bryozoa, Cephalophoda and abundant ichnofossils.

Wide contact metamorphic rims are developed around the plutons intruding Palaeozoic sediments, especially in the west of research area, where the sediments are intruded by the huge granite Zuun Bulgan Pluton of the Upper Devonian age. A sequence of cited Lower Palaeozoic sediments in the Hovd Zone is tectonically interrupted by two large slices of the Bij Group

(Fig. 5). This metamorphic unit consists of a sequence of volcanics and sediments of Cambrian to early Ordovician ages, which were intruded by gabbros, diorites to granites of mid-Ordovician age. The entire unit then underwent a polyphase Devonian deformation and metamorphism reaching up to amphibolite facies, and was exhumed along Tolbonuur and Hovd deep-seated faults of NW–SE strike (Soejono et al. 2015). The early Carboniferous (Viséan) Khurengol Formation, slightly coal-bearing, occurs in the eastern part of the area studied. It is mostly developed in flysch facies being strongly folded; from fossils lycophytes and scarce pteridosperms occur. A variegated, newly dated dyke swarms display mostly early Permian age and show signs of anorogenic volcanic activity (Žáček et al. 2016b). Jurassic, mostly undeformed sediments, correlated with the Jargalant Formation are

preserved mainly in intra-mountain depressions, but also form scarce relics preserved in high mountains. Siliciclastic sediments of Neogene age, possibly correlated with Altanteel and Upper Uush formations, in places with bones of large mammals (*Equidae*, *Rhinocerotidae*, *Camelidae*, *Bovidae*), emerge in the valleys in central and eastern part of the studied area (Fig. 5). Giant alluvial fans up to 300 m thick are developed in the marginal part of intra-mountain depressions (basins). Relics of glacial morains in the western part of the area indicate the extent of Pleistocene glaciation. The system of paleoterraces of recent streams developed up to +150 m above the existing floodplain, indicates a continuing rapid uplift of the area (Havlíček et al. 2015, 2016). A giant rock avalanche was discovered in the valley of Dund Tsenkher gol River (Fig. 1).

V září roku 2016 byl v Ulánbátaru před Mongolskou stratigrafickou komisí obhájen projekt zahraniční rozvojové spolupráce České republiky s Mongolskem „Geologické mapování 1 : 50 000 a zhodnocení ekonomického potenciálu vybrané oblasti Západního Mongolska“, zkráceně Mongol Altai 50 ([http://www.geology.cz/extranet/onas/aktuality/text-aktuality?id\\_aktu=14365](http://www.geology.cz/extranet/onas/aktuality/text-aktuality?id_aktu=14365)).

Řešitelem projektu byla České geologická služba, partnerskými organizacemi v Mongolsku Mineral Resources Authority (MRA, MRAM), Geological Investigation Center (GIC) a Mongolian University of Science and Technology (MUST).

Tato práce podává základní informaci o cílech, realizaci a výsledcích projektu, který probíhal v letech 2013–2016 a autorsky na něm spolupracovalo 33 odborníků ze čtyř zemí, kromě dalších 40 spolupracovníků a techniků z Mongolska i České republiky. Účelem projektu bylo geologické mapování a výzkum vybraného území, sestavení jednotlivých geologických map 1 : 50 000 a geochemická (ložisková) prospekce se zaměřením na rudní minerály a průmyslové suroviny. Důležitou částí projektu byla edukace mladých mongolských geologů z GIC a studentů geologie z MUST v terénu.

## Metodika

Projekt zahrnoval plochu pěti mapových listů měřítka 1 : 50 000 (L\_46\_28V, L\_46\_28G, L\_46\_29V, L\_46\_29G a L\_46\_30V) a byl situován do velmi řídké osídlených okresů (somonů) Munhkhairkhan, Mankhan a Zereg. Terénní práce v Mongolsku začaly krátkou rekognoskační etapou ve dnech 8.–20. dubna 2013 a pokračovaly ve třech hlavních etapách: 27. 5.–31. 9. 2013, 13. 5.–31. 7. 2014 a 20. 5.–11. 7. 2015. Místa pro základní jurtové tábory expedice byla situována v roce 2013 na západě území do údolí řeky Dund Tsenkher gol, v následujících dvou letech pak u „podsomonu“ Botgon bag (Ботгон бар) ve východní polovině území (obr. 3a–d). Oba tábory byly v nadmořské výšce kolem 1900 m. Geologické mapování a odběry vzorků všeho typu pak probíhaly za podpory 4 až 5 automobilů formou jednodenních túr s návratem do kempu nebo dvouaž třídních túr s přenocováním v dočasných stanových

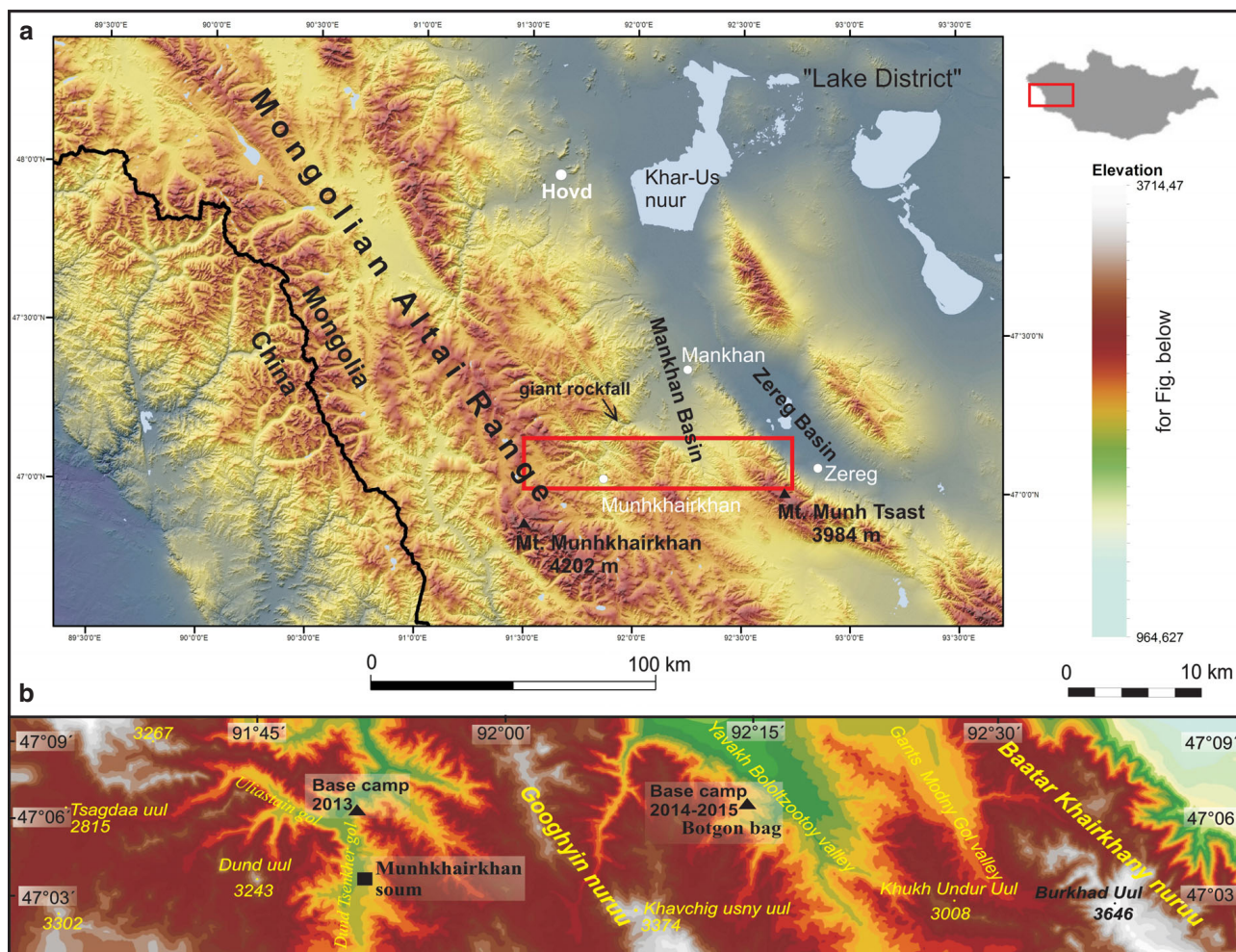
kempech. Článek o projektu a o první etapě terénních prací byl uveřejněn 9. října 2013 v Lidových novinách ([http://www.geology.cz/mongolsky-altaj/vystupy/clanek-ln\\_20131009\\_lap\\_20.pdf](http://www.geology.cz/mongolsky-altaj/vystupy/clanek-ln_20131009_lap_20.pdf)). Ve dnech 13. a 14. 11. 2013 byl odvysílán pořad České televize „Na cestě po Mongolském Altaji“ (<http://www.ceskatelevize.cz/porady/1185966822-na-ceste/213562260120029-na-ceste-po-mongolskem-altaji/>) s blokem věnovaným práci českých geologů v terénu.

Důležitou částí projektu byla **edukace mongolských geologů** (obr. 4a–d). Bylo vyškolen celkem 19 mladých mongolských geologů z GIC a studentů geologie z MUST: G. Altansoyombo, J. Bat-Erdene, N. Bayart, Ch. Choisu-renderorj, D. Davaasukh, O. Erdene, B. Ganzorig, S. Jamsranjav, B. Javzanpagma, T. Khash-Erdene, D. Munkhbold, J. Munkhkjin, G. Nasantogtokh, G. Nyamtsetseg, U. Odbileg, I. Sandagdorj, B. Seddari, U. Soyoloo-Erdene, M. Tumenbayar. Laboratorní práce probíhaly průběžně od září 2013. Geochemické analýzy („whole rock“, ložisková litogeochemie a analýzy stream sedimentů) byly provedeny v ActLabs Asia v Mongolsku, separace a rozborů frakcí těžkých minerálů (šlichů) a malá část výbrusů v partnerské organizaci GIC. Ostatní analytické práce byly provedeny v České republice (petrografické výbrusy, datování metodou U-Pb, analýzy na elektronové mikrosondě, rentgenová difrakce, paleontologie), datování metodou K-Ar v Maďarsku.

Dne 6. července 2016 byly výsledky projektu oficiálně předány partnerské organizaci MRA, a to z rukou české velvyslankyně v Mongolsku paní Ivany Grolové za účasti mongolského tisku (<http://theubpost.mn/2016/07/06/czech-republic-presents-150000-scale-geological-maps-to-the-mra/>) a projekt byl úspěšně obhájen na MRA v Ulánbátaru dne 22. září 2016.

## Topografie

Altaj představuje téměř 2000 km dlouhý a až 600 km široký horský systém v centrální Asii na rozhraní Ruska, Kazachstánu, Číny a Mongolska. Pohoří se dále dělí na Ruský Altaj, Gobi Altaj a plošně nejrozsáhlejší Mongolský Altaj, sestávající z několika paralelních hřbetů o šířce 150–300 km a délce přibližně 1000 km (obr. 1). Pohoří má převážně charakter stupňovitých náhorních plošin, z nichž



Obr. 1. Topografie. a – výřez terénní mapy s využitím výškových dat SRTM se zvýrazněným výzkumným územím pěti topografických listů 1 : 50 000, b – topografie výzkumného území s lokalizací základních táborů expedice.

Fig 1. Topography. a – inset of a field map compiled using the SRTM elevation data with the highlighted research area of 5 topographic sheets 1 : 50,000, b – topography of the research area with shown base camps of the expedition in 2013–2015.

některé vystupují nad 4000 m n. m. (obr. 2a, b). V nižších a okrajových částech pohoří, oživených tektonickými zlomy, případně v místech se zaledněním, je však často odlišná morfologie a vlivem intenzivní zpětné eroze řek i menších toků jsou hřbety skalnaté a údolí mají kaňonovitý charakter (obr. 2c). Dále uváděné geografické názvy jsou v celém textu psány v anglické transkripci, ve formě doporučené profesorkou O. Gerel (MUST).

Studovaná oblast leží asi 1000 km z. od Ulánbátaru v kraji Hovd (Ховд аймаг) na sv. úbočí hlavního hřebene Mongolského Altaje, kterému zde vévodí hora *Munhkhairkhan* (Věčná hora, 4202 m n. m., obr. 2a). Výzkumné území, tvořící obdélník o rozměrech asi 98 × 18 km a rozloze 1770 km<sup>2</sup>, je přirozeně rozděleno údolními do tří hlavních hřbetů směru SZ-JV (obr. 1). Západní část území patří k hlavnímu hřebeni Altaje a tvoří ji systémy vysokohorských plošin oživených glaciální činností (obr. 2b). Střední část území tvoří horský hřbet *Googhyin nuruu*, s nejvyšší horou *Khavchig Usny uul*, 3374 m n. m., též s pozůstatky po zalednění (obr. 2d). Tento hřbet se směrem na SZ postupně snižuje a končí na zlomovém svahu v *Mankhan Basin*. Mezi hlavním a středním hřbetem získala údolí vlivem

intenzivní zpětné eroze poměrně vodnatých řek napájených z ledovců výrazně kaňonovitý charakter. Naproti tomu suchá nebo jen občasně protékána údolí řek *Yavakh Bolotzootoy* a *Gants Modny gol* na V jsou převážně plochá a zachovaly se v nich neogenní i kvartérní sedimenty až ve stametrových mocnostech (obr. 2e). Na východě vystupuje samostatný horský hřbet *Baatar Khairkhan nuruu* (s nejvyšší horou *Munh Tsast*, 3984 m n. m.), který je na JZ nápadně oblý a na SV naopak extrémně strmý (srov. obr. 2f, g). Zde jej tvoří tektonický svah s převýšením hřebene oproti blízké pánvi Zereg až 3000 m. V této bezodtoké pánvi také končí všechny řeky z oblasti a leží v ní nejnižší bod výzkumné oblasti s nadmořskou výškou 965 m (obr. 2h).

## Geologická stavba

Výzkumná oblast je součástí středoasijského orogenního pásma (CAOB), resp. jeho dílčích zón či teránů Lake, Hovd a Altai (Badarch et al. 2002, obr. 5). Základním rysem celého západního Mongolska je průběh geologických jednotek, horninových těles, kontaktů i většiny strukturních





Obr. 3. Základní tábory a tým. a – základní kemp expedice na fluvialní terase při soutoku řek Dund Tsenkher gol a Uliastain gol v srpnu 2013, b – tým „Expedice 2013“ v základním kempu tamtéž, 30. 6. 2013, c – tým „Expedice 2014“ v základním kempu u Botgon bag (5. 6. 2014), d – tým „Expedice 2015“ v základním kempu u Botgon bag (somon Mankhan), 7. 6. 2015.

Fig. 3. Base camps and team. a – the base camp situated on fluvial terrace at the confluence of Dund Tsenkher gol and Uliastain gol (Munhkhairkhan soum), in August 2013, b – team of “Expedition 2013” in the base camp at the same place in June 30<sup>th</sup>, c – Team of “Expedition 2014” in the base camp at Botgon bag (Mankhan soum) in June 5<sup>th</sup>, d – members of “Expedition 2015” in the base camp, ibid, in June 7<sup>th</sup>.

a morfologických prvků ve směru SZ-JV. Geologické jednotky na mapovaném území mají převážně spodně až svrchně paleozoické stáří, dále jsou zastoupeny jurské, neogenní a kvartérní horniny (stratigrafie viz Ariunchimeg et al. 2012). Zvrásněné jsou všechny spodně paleozoické jednotky a sedimenty spodního karbonu, mladší jednotky v oblasti

(zřejmě od jury) pak mají platformní vývoj. Hlavní metamorfnní událost je v našem pojetí variská a proběhla hlavně v devonu s přesahem deformací do svrchního paleozoika.

**Lake Zone** je zastoupena jen svou nejzápadnější částí, a to vulkanosedimentárním souvrstvím Baatar středně kambrického stáří, do kterého intrudoval magmatický

←

Obr. 2. Morfologie. a – pohled do údolí řeky Dund Tsenkher gol a na jedinou osadu v mapovaném území, somon Munhkhairkhan. V pozadí vystupuje zaledněný plošinatý hřeben Mongolského Altaje, jemuž vévodí hora Munhkhairkhan, 4202 m n. m., b – vysokohorská plošina tvořená bazální morénou s bludným balvanem v moréně s hlavním hřebenem Altaje v pozadí; západní část výzkumného území sz. od hory Tsagdaa uul, c – kaňonovitá morfologie v pestrých zvrásněných paleozoických sedimentech, asi 5 km sv. od Munhkhairhan soum, d – ploché údolí Yavakh Bolotzootoy s výplní neogenních a kvartérních sedimentů. Vlevo v pozadí hora Khavchig Usny uul, 3374 m n. m., šipkou je označeno místo hlavního kempu u Botgon bag, e – ploché suché údolí Gants Modny gol zčásti zaplněné neogenními a kvartérními sedimenty, f – morfologie jz. okraje horského masivu Baatar Khaikrhany nuruu s nejvyšší horou Munh Tsast (3984 m n. m.) se zbytkem ledovce, g – ústí rokly Buurgiin gol ostře zařiznuté do východního, 3 km vysokého zlomového svahu masivu Baatar Khaikrhany nuruu, h – mezihorská deprese Zereg Basin se zbytkem jezera, je s nadmořskou výškou 965 m nejnižším místem ve výzkumném území.

Fig. 2. Morphology. a – Dund Tsenkher gol valley with Munhkhairkhan soum, an only settlement in research area. In the background appears flat ridge of Mongolian Altai Range with glaciers dominated by Mount Munhkhairkhan, 4202 m a.s.l., b – a mountain plateau covered by basal moraine with erratic boulder with main ridge of Mongolian Altai in the background. The western part of the research area in the vicinity of Mount Tsagdaa uul, c – rocky morphology in variegated and folded Palaeozoic sediments, about 5 km NE from Munhkhairhan soum, d – flat valley of Yavakh Bolotzootoy filled with Neogene and Quaternary sediments, the arrow shows the place of main camp at Botgon bag, the mount behind is a Khavchig Usny uul, 3374 m a.s.l., e – flat, dry valley Gants Modny gol partly filled with Neogene and Quaternary sediments, f – the southwestern edge of the Baatar Khaikrhany nuruu Range and highest mountain Munh Tsast (3984 m a.s.l.) with the rest of the glacier, g – the gorge of Buurgiin gol sharply cut into the eastern, 3 km high tectonic slope of Baatar Khaikrhany nuruu Range, h – intramountain depression Zereg Basin with the rest of the lake, represents the lowermost point (965 m a.s.l.) in the research area.



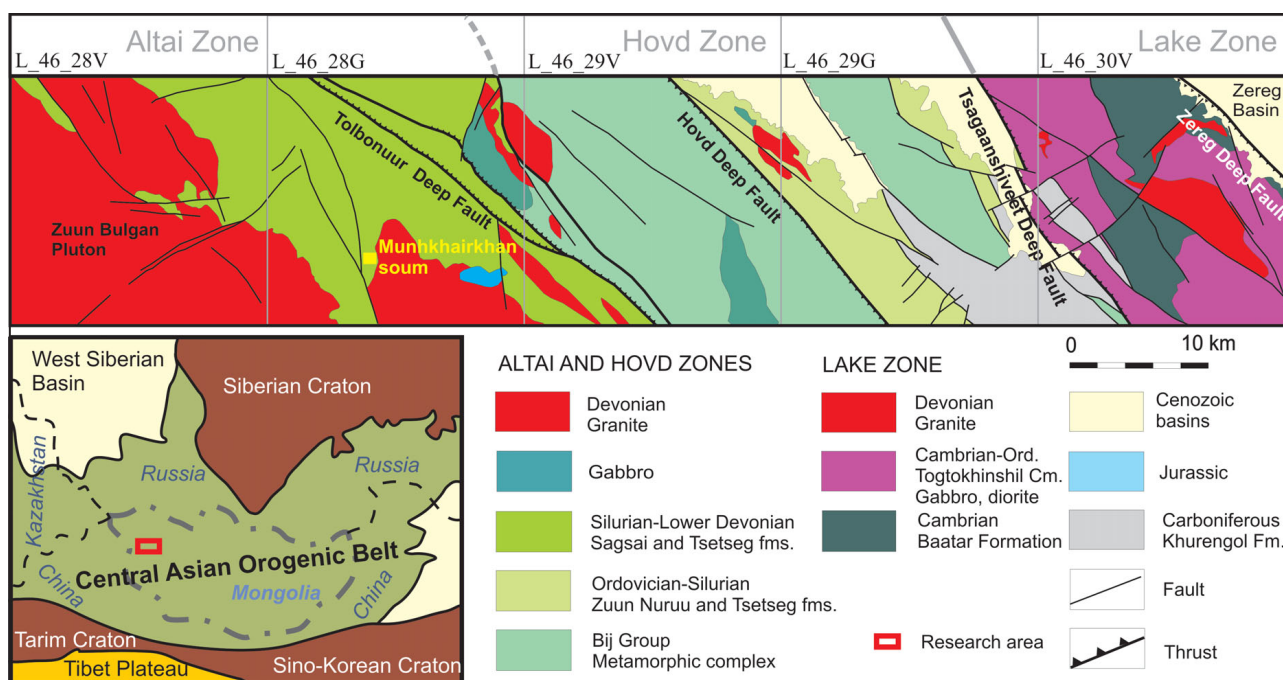
Obr. 4. Terénní školení mongolských studentů a geologů. a – geologické mapování v krystaliniku při sv. okraji hřbetu Googhyin nuruu, b – odběr petrografických vzorků ve flyši asi 5 km sv. od somonu Munhkhairkhan, c – odběr šlichového vzorku v údolí, asi 12 km sv. od Burkhad uul na východě území, d – trénink v rýžování šlichových vzorků u Botgon bag. Všechny uvedené fotografie pořídil V. Žáček v červnu až srpnu v letech 2013–2015.

Fig. 4. Field training of Mongolian students and geologists. a – geological mapping in metamorphic rocks at NE edge of Googhyin Nuruu ridge, b – sampling for petrography in flysch about 5 km NE from Munhkhairkhan soum, c – digging for a heavy mineral sample in the Burkhad Uul valley, in the east of research area, d – training in panning of heavy mineral concentrates at Botgon bag. All photos by V. Žáček taken between June to August in 2013–2015.

komplex Togtohinshil. Na bázi souvrství Baatar vystupují bazické tufy až tufity, místy vápnité, nad nimi vystupují v mocnosti až kolem 200 m poměrně čisté vápence s častými, ale neurčitelnými bioklasty. Směrem do nadloží pokračuje mocná sekvence láv a tuřů bazaltového až andezitového složení, méně časté jsou lávy a pyroklastika ryolitového složení. Ve svrchní části vystupují pískovce až droby s podřízenými vložkami vulkanitů. Metamorfóza hornin dosahuje nejvýše facie zelených břidlic, na kontaktu s granitoidy je však vyvinut výrazný a široký kontaktní dvůr. Togtohinshil Complex se podle nových radiometrických dat skládá ze starší gabrodioritové suity středně ordovického stáří, která má vápenato-alkalický až tholeiitický charakter a mladší, vysoce draselné až shoshonitové granitové suity svrchně devonského stáří. Žilný doprovod v Togtohinshil Complex je svrchně devonského až spodně karbonického stáří. Podle starších prací i nového výzkumu reprezentuje západní část Lake Zone magmatický oblouk nebo systém ostrovních oblouků (Soejono et al. 2016).

V teránech **Hovd** a **Altai** dominují až několik kilometrů mocná souvrství zvrážděných nemetamorfovaných až slabě metamorfovaných pánevních sedimentů a šupiny meta-

morfovaných hornin Bij Group (na východě oblasti v Hovd Zone). Pánevní sedimenty ordovického až spodně devonského stáří byly řazeny dřívějšími autory (Luvsandan et al. 1999) do souvrství Zuun Nuruu (ordovik), Tsetseg (silur) a Sagsai (spodní devon). Tato souvrství tvořící mocnou pánevní výplň vystupují v několika faciích: hlubokomořské (břidlice), klasické flyšové, mělčí facii vápenného flyše, které do sebe místy vzájemně přecházejí, a v menší míře i vulkanické a mělkovodní psamitické facii (zřejmě jen ordovik). Stáří těchto sedimentů (ordovik až spodní devon) klesá generálně směrem na Z, ale stratigrafický záznam komplikuje silná deformace, kdy se stejné části vrstevního sledu mohou opakovat. Deformace a slabá metamorfóza je vyšší na V a v blízkosti hlubinných zlomů. Fosilie jsou vzácné a špatně zachované. Byli nalezeni zástupci skupin Graptoloidea, Anthozoa, Crinoidea, Brachiopoda, Bryozoa a Cephalophoda a hojně ichnofosilie. Kromě nově nalezených graptolitů (stáří llandovery až wenlock) většinou neumožňují bližší stratigrafické zařazení sedimentů. Část paleozoické sedimentární výplně, zejména ve vápenném vývoji, má velmi podobný faciální vývoj a částečně i stejné stáří v Altai (na západě) i v Hovd



Obr. 5 Schematická geologická mapa výzkumného území sestavená na základě nových map 1 : 50 000 s listokladem a vyznačením teránů.  
Fig. 5. Simplified geological map of research area based on new 1 : 50,000 geological maps with sheet index and marked terranes.

Zone (na východě), proto hranice mezi oběma „terány“ není výrazná a nejspíše jde o jednu jednotku.

Část oblasti na východě řazená do Hovd Zone je silně deformovanou koláží již zmíněných paleozoických sedimentů a tektonicky oddělených pásů metamorfovaných hornin řazených do Bij Group. Protolit metamorfní jednotky Bij Group je tvořen vulkanosedimentárním komplexem hornin pozdně kambrického až spodně ordovického stáří, do kterého intrudovala gabra, diority až granity středně ordovického stáří. Celý komplex pak prodělal polyfázovou metamorfózu zejména během spodního devonu, která dosáhla podmínek amfibolitové facie; k rychlé exhumaci jednotky pak docházelo podél hlubinných zlomů Tolbonuur a Hovd, hlavně během svrchního devonu až spodního permu, ale i neotektonicky. Badarch et al. (2002) i nové výzkumy (Soejono et al. 2015) interpretují Hovd Zone jako spodně paleozoický akreční klín.

Do flyšových hornin intrudoval v západní části oblasti (Altai Zone) mohutný granitový **Zuun Bulgan Pluton** a řada dílčích menších plutonů (vesměs biotitické vápenato-alkalické granity, někdy s turmalínem, muskovitem a cordieritem) svrchně devonského až spodně karbonského stáří. Kolem plutonů je vyvinuta v okolních sedimentech výrazná kontaktní aureola o šířce několika set metrů až jednoho kilometru. Pozdně devonský až spodně karbonský magmatismus pak reprezentuje výsledek tektonometamorfní události rozšířené v celém CAOB, která nejspíš souvisela s litosférickým ztluštěním nebo s vyklenutím astenosféry.

Převažující **žilný doprovod**, který pronikl do zvrásněných hornin paleozoika i svrchně devonských granitoidů, je zastoupen hlavně bazalty, bazalt-andezity až mikrodiority, méně dacity, křemennými porfyry a alkalickými ryolity

spodně permského stáří (280–299 Ma), s rysy anorogenní vulkanické aktivity. Alkalický ryolit obsahuje ojedinělou minerální asociaci se Zr-bohatým alkalickým amfibolem a extrémně železnatým astrofylitem (Žáček et al. 2016b).

Ve východní části vystupuje na rozhraní teránů Hovd a Lake zvrásněné **souvrství Khurengol spodně karbonského stáří** (visé), které vedle akumulací hrubých bazálních slepenců obsahuje převážně sedimenty ve flyšovém vývoji a jen ojediněle i jemnější klastika a slabé uhelné sloje. Z makroflóry se zachovala hlavně lycophyta a ojediněle pteridospermy. Karbonské sedimenty nasedají diskordantně na horniny spodního paleozoika, v závěru „variského“ cyklu však byly také zvrásněny a zešupinatěny s podložními horninami.

Siliciklastické nezvrásněné sedimenty **jurského stáří** (paralelizovatelné se souvrstvím *Jargalant*) byly nově identifikovány jako drobný relikv spočívající diskordantně na erodovaných horninách staršího paleozoika a granitu až v nadmořské výšce ~2600 m. Stáří těchto sedimentů, které se litologicky podobají hrubě klastickým faciím karbonského souvrství *Khurengol*, bylo doloženo K-Ar datováním valounu ignimbritu ( $200 \pm 8$  Ma). Větší akumulace jurských sedimentů se předpokládají v mezihorských depresích (např. *Zereg Basin*), kde jsou však překryty mladšími mezozoickými i kenozoickými sedimenty.

V údolích ve východní části území (hlavně *Gants Modny gol*) se pod kvartérními uloženinami zachovaly až ~150 m mocné siliciklastické i vápnité **neogenní sedimenty**, korelovatelné se souvrstvími Altanteel a Upper Uush (pozdní miocén až pliocén). Místa se v nich vyskytly kosterní pozůstatky velkých savců (*Equidae*, *Rhinocerotidae*, *Camelidae*, *Bovidae*). Nejmladšími horninami jsou **kvartérní sedimenty** pleistocenního až holocenního stáří. Dejekční

kužely až 300 m mocné se vytvořily při vyústění údolí a roklí do mezihorských depresí, zejména do pánve Zereg. Zbytky ledovcových morén a sandrových plošin v západní části oblasti ukazují rozsah maximálního zalednění v pleistocénu. Systém paleoteras současných toků, zachovaných ve výšce až +150 m nad současnými nivami, indikuje pokračující rychlý výzdvih oblasti během celého kvartéru (Havlíček et al. 2014, 2015).

Zhruba 10 km s. od výzkumného území byl v údolí řeky *Dund Tsenkher gol* nově zjištěn a dokumentován gigantický, původem **tektonický sesuv** holocenního stáří, který vedl ke vzniku hrazeného jezera (obr. 1).

## Závěr

Projekt „Mongol Altai 50“, realizovaný v letech 2013–2016 ve velehorách Západního Mongolského Altaje v kraji (ajmagu) Hovd a v okresech (somonech) Munhkhairkhan, Mankhan a Zereg, přinesl velké množství dat a poznatků, z nichž dosud jen část byla publikována (viz citace dále a <http://www.jgeosci.org/issue-61-1>). Detailně zmapované území o celkové rozloze 1770 km<sup>2</sup> představuje instruktivní profil přes terány středoasijského orogenního pásu Lake, Hovd a Altai a bohatý materiál k dalšímu studiu. Obsáhlá závěrečná zpráva (Žáček et al. 2016a) přináší mimo jiné 43 nových geochronologických dat, dále nové poznatky z petrologie, mineralogie, geochemie, strukturní geologie, sedimentologie a paleontologie. Z mapových výstupů to je vedle pěti geologických map 1 : 50 000, doplněných o mapy dokumentačních bodů, také přehledná strukturní mapa v měřítku 1 : 100 000. Výsledky geochemické prospekce a zhodnocení ekonomického potenciálu dokumentuje obsáhlá kapitola v závěrečné zprávě a soubor 50 map (tj. 10 map pro každý mapový list). Databáze dokumentačních bodů geologického mapování i geochemické prospekce obsahuje celkem 2832 záznamů. Nezanedbatelný byl také edukační význam projektu, při němž bylo proškoleny 19 mladých geologů GIC a studentů geologie MUST.

*Poděkování.* Projekt a tato práce vznikly za podpory České rozvojové agentury v rámci projektu *Geologické mapování 1 : 50 000 a zhodnocení ekonomického potenciálu vybrané oblasti Západního Mongolska CzDA-RO-MN-2013-1-32220 a výzkumného zá-*

*měru České geologické služby. Autoři děkují dalším asi čtyřiceti spolupracovníkům z Mongolska (řidiči, kuchařka, pomocníci) i z České republiky (technická podpora). Zvláštní dík patří paní O. Oyun-Enkh, panu V. Fűrychovi, paní profesorce O. Gerel a paní A. Tamiraa.*

## Literatura

- ARIUNCHIMEG, Ya. – BADAMGARAV, D. – BYAMBA, J. – DORJNAMJAA, D. – MAKHBADAR, Ts. – MINJIN, CH. – NARANTSETSEG, Ts. – OROLMAA, D. – SERSMAA, G. (2012): Geology and Mineral Resources of Mongolia, Vol. I, Stratigraphy. 562 str. – Soembo, Ulaanbaatar. (in Mongolian)
- BAATARHUYAG, A. – GANSUKH, L. (1999): Geological map 1 : 200,000, L-46-IX, L-46-II-G. – MS Geofond, Ulaanbaatar. (in Mongolian)
- BADARCH, G. – CUNNINGHAM, C. W. – WINDLEY, B. F. (2002): A new terrane subdivision for Mongolia: implications for the Phanerozoic crustal growth of Central Asia. – *J. Asian Earth. Sci.* 21, 87–110.
- HAVLÍČEK, P. – ČÁP, P. – VOREL, T. (2014): Quaternary sediments of Mongolian Altai Mts., preliminary results of the survey. – *Geosci. Res. Rep.* 47, 155–159.
- HAVLÍČEK, P. – HOŠEK, J. – ČÁP, P. (2015): Quaternary phenomena and sediments of the Mongolian Altai: area of districts Munhkhairkhan, Mankhan and Zereg. – *Geosci. Res. Rep.* 48, 109–115.
- LUVSANDANZAN, B. – KHRAPOV, A. A. – DEJIDMAA, G. – DANDAR, S. – ENKHBAATAR, S. – AMAR, U. (1999): Geological map 1 : 200,000, L-46-VIII. – MS Geofond, Ulaanbaatar. (in Mongolian)
- SOEJONO, I. – BURIÁNEK, D. – SVOJTKA, M. – ŽÁČEK, V. – ČÁP, P. – JANOUŠEK, V. (2016): Mid-Ordovician and Late Devonian magmatism in the Togtokhinshil Complex: new insight into the formation and accretional evolution of the Lake Zone (Western Mongolia). – *J. Geosci.* 61, 5–23.
- SOEJONO, I. – ČOPIJKOVÁ, R. – ČÁP, P. – BURIÁNEK, D. – VERNER, K. (2015): Lower Palaeozoic tectonometamorphic evolution of the Bij Formation, Hovd Zone, western Mongolia. CETEG 2015, 13<sup>th</sup> Meeting of the Central European Tectonic Groups. Abstract Volume 82. – Czech Geol. Survey, Prague.
- ŽÁČEK, V. – BRÍZOVÁ, E. – BOHDÁLEK, P. – BURIÁNEK, D. – ČÁP, P. – ENKHJARGAL, M. – FRANCŮ, J. – GELEGIAMTS, A. – GUY, A. – HANŽL, P. – HAVLÍČEK, P. – HENRION, E. – HOŠEK, J. – JELÉNEK, J. – KNĚSL, I. – KARENOVÁ, J. – KOCIÁNOVÁ, L. – KOTKOVÁ, J. – KREJČÍ, Z. – MIXA, P. – MRLINA, J. – PECINA, V. – PĚCSKAY, Z. – PRUDHOMME, A. – SOEJONO, I. – SVOJTKA, M. – ŠIMŮNEK, Z. – ŠKODA, R. – VERNER, K. – VONDROVIC, L. – VOREL, T. – VRANA, S. – ČOPIJKOVÁ, R. (2016a): Geological mapping 1 : 50,000 and assessment of economic potential of selected region in Western Mongolia (Mongol Altai 50, Ma-50), Final Report + Appendices. 518 str. – MS Czech Geol. Survey, Mineral Resources Authority Mongolia.
- ŽÁČEK, V. – BURIÁNEK, D. – PĚCSKAY, Z. – ŠKODA, R. (2016b): Astrophylite-alkali amphibole rhyolite, an evidence of early Permian A-type alkaline volcanism in the western Mongolian Altai. – *J. Geosci.* 61, 93–103.