

Jak vznikaly šumavské žuly

NOVÝ MODEL VZNIKU ŠUMAVSKÝCH ŽULOVÝCH TĚLES

Žuly a jim příbuzné horniny vytvářejí v Čechách velké žulové masivy – lužický, krušnohorský, krkonošsko-jizerský, středočeský a moldanubický pluton – a bezpočet drobných těles. Magmatická aktivita se v karbonu přesouvala od středu země směrem k periférii dnešní Šumavy, kde během poměrně krátké doby, trvajících jen několik milionů, let vznikla řada žulových těles.

text **MILOŠ RENÉ**

ČESKÝ MASIV vznikl převážně v průběhu mladších prvohor mezi 360–245 miliony let jako variské pásemné pohoří, které výškou místy zřejmě přesahovalo Alpy. V kořenech těchto hor – stejně jako v Alpách či Himálaji – nalezneme žulová tělesa, která poměrně rychle, tedy již během svrchního karbonu, odkrylo zvětrávání. Vznik Českého masivu spojujeme s kolizí tří velkých kontinentů, na jihu Gondwany a na severu Laurentie a Baltiky, při které došlo k výzdvihu a pozdějšímu natáčení celého horstva. Základním stavebním prvkem Českého masivu jsou tělesa kyselých vyvřelých hornin, které označujeme jako granitoidy, tedy horniny blízké či podobné žulám. Ty jsou obklopeny širokým pásem přeměněných hornin, jako jsou ruly či migmatity a řada dalších horninových typů.

Prostorově nejrozsáhlejším granitoidním tělesem ČR je moldanubický batolit, který je

obvykle rozdělován na dvě relativně samostatné jednotky – centrální moldanubický masiv, tvořící vrcholovou část Českomoravské vrchoviny, a šumavské granitoidy, které jsou významným krajinným prvkem tohoto pohoří. Batolit je velké těleso vyvřelých hornin, jehož původní tavenina utuhla v hloubkách několik kilometrů pod zemským povrchem. Při krystalizaci původní taveniny vznikla minerální zrna, která jsou v případě granitoidů tvořena především křemenem, draselnými a sodno-vápenatými živci (plagioklasy) a slídamy (světlým muskovitem a tmavým biotitem). Kromě toho žuly obsahují i drobná zrna minoritních (akcesorických) minerálů, jež mívají zvýšená množství např. thoria či prvků vzácných zemin, které se díky svým vlastnostem „nevešly“ do mřížek horninotvorných minerálů. Právě tyto akcesorie umožňují poznat zdroj, vývoj a stáří celých žulových komplexů.

ŠUMAVSKÉ ŽULY

Geologické jednotky ignorují státní a jazykové hranice. V případě moldanubického batolitu to platí zejména o jeho šumavské větvi, jejíž jednotlivá granitoidní tělesa jsou součástí České republiky, Německa (Bavorska) a Rakouska (Lesní a Mlýnská čtvrť). Na rozdíl od centrálního moldanubického masivu je šumavská větev moldanubického

Geologie bez hranic

PO ZMĚNĚ politických poměrů ve střední Evropě v letech 1989–1990 poměrně rychle navázaly širší spolupráci vědecko-výzkumné organizace všech tří hraničních států Šumavy. Významným prvkem těchto nově navázaných vztahů byl projekt česko-rakouské vědecké spolupráce, na jehož řešení se v letech 1999–2012 významně podílely Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR a katedra mineralogie a materiálového inženýrství Univerzity v Salcburku. Výsledkem této skoro dvacetileté spolupráce byl nový model vzniku šumavských žulových těles, který počítal s jejich vývojem v několika fázích.

batolitu tvořená větším počtem samostatných magmatických těles. Nejvýhodnější část šumavské větve těchto kyselých vyvřelých těles tvoří lipenský masiv a masiv Bärenstein v Rakousku. Lipenský masiv, ležící mezi Rožmberkem nad Vltavou a Aigenem v Rakousku, je východo-západním směrem protažené těleso kyselých vyvřelých hornin. Masiv Bärenstein vystupuje na východním svahu šumavského hřebene mezi obcí Aigen a významným hraničním vrcholem jihovýchodní Šumavy – Smrčinou (Hochficht). Oblast Smrčiny je na rakouské straně oblíbenou lyžařskou lokalitou s větším počtem sjezdovek a vleků.

Nejvyšším bodem šumavské větve moldanubického batolitu je Trístoličník, tvořený několika typy dvojslídých žul. Vzhledem k tomu, že masiv Trístoličníku se rozkládá na území tří států, jedna varieta těchto žul byla ve starších geologických mapách a publikacích označována třemi různými názvy. Podobně tomu bylo v případě masivu Strážný – Finsterau.

Granitoidy šumavské větve moldanubického batolitu lze na základě jejich stáří i minerálního a chemického složení rozdělit do pěti relativně samostatných skupin kyselých vyvřelých hornin, které geologové často označují jako magmatické suity – od nejstarších durbachitů masivu Knížecího stolce po nejmladší biotitické granodiority suity Freistadt/Mauthausen. Jako durbachity (podle obce Durbach v německém Černém lese) jsou označovány horniny velmi bohaté na draslík a obsahující zejména nápadně velké vyrostlé draselné živce a tmavou hmotu tvořenou hlavně biotitem. Durbachity často obsahují zvýšená množství uranu, thoria, ceru, yttria, stroncia a dalších prvků vázaných hlavně na již zmíněné akcesorické minerály, převážně fosfáty a křemičitany.

Předmětem našeho výzkumu byly především biotitické žuly weinsberské suity

RNDr. MILOŠ RENÉ, CSc., (*1944)
vystudoval mineralogii na Přírodovědecké fakultě UK v Praze. V oddělení geochemie Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR v Praze se zabývá mineralogii a geochemií granitoidních hornin a uranovou mineralizací.

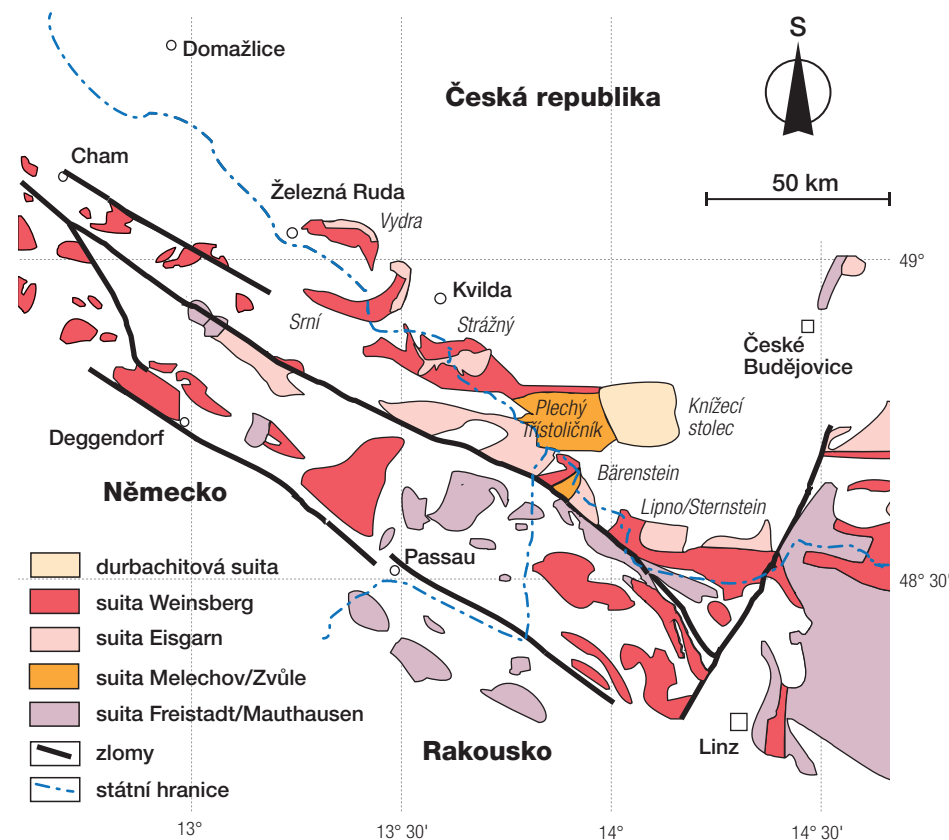


a dvojslídne žuly suity Eisgarn z masívů Vydry, Strážného, Plechého a lipenského masívu. Kromě detailního studia minerálního a chemického složení byla značná pozornost soustředěna na výskyt a složení významných akcesorických nerostů - allanitu, titanitu, monazitu, zirkonu a ilmenitu. Tyto nerosty se na celkovém složení kyselých vyvřelých hornin podílejí z velmi malé části (obvykle 0,5-2 objemovými procenty), ale vážou na sebe geneticky významné stopové prvky. Jsou drobné, jejich velikost se zpravidla pohybuje v rozmezí setin až desetín milimetrů. Proto je lze nejlépe pozorovat v elektronovém mikroskopu a jejich chemické složení studovat pomocí elektronové mikrosondy.

Prokázalo se, že rozdíly v obsazích thoria a zirkonia lze společně s vzácnými zeminami použít k určení stáří a vývoje žulových komplexů. Hlavní období vývoje šumavských žul je tak možné zařadit na konec spodního karbonu, přesněji do rozmezí 331 až 326 milionů let. V předhlubni šumavské a středočeské části variského horstva tehdy vznikala uhelná ložiska kladensko-rakovnické pánve. Nejstarší námi studovanou skupinu granitoidů šumavské větve moldanubického batolitu tvoří hrubozrnné, obvykle nestejně porfyrické biotitické granitoidy weinsberské suity. Na základě detailnějšího výzkumu jejich textury i minerálního a chemického složení lze tuto skupinu magmatických hornin rozdělit na Weinsberg I, II a tzv. „Schlieren-granity“, které představují přechod mezi staršími pararami moldanubika a vlastními magmatickými horninami této suity. Mezi skupinu žul Weinsberg I a II svým chemickým složením zapadají granity až granodiority typu Srní, které lze najít na české straně Šumavy ve vyderském a prášilském masívu.

Granitoidy magmatické suity Weinsberg jsou rovněž významnou součástí masívu Strážný, který je na bavorské straně označován jako masív Finsterau. Z hlediska minerálního složení a textury se jedná o výrazně porfyrické, biotitické granitoidy. Protože tento masív tvoří podlouhlé těleso v blízkosti státní hranice, byl jeho podrobnější výzkum možný až v rámci společného česko-rakouského projektu. V západní části masívu Strážný jsou granitoidy typu Weinsberg proráženy mladšími žilnými tělesy dvojslídlných žul typu Lusen (Luzný), které svoje označení získaly podle rozsáhlých kamenných sutí ve vrcholové části Luzného, nejvyššího horského vrcholu v této části Šumavy (1373 m n. m.).

Druhou, prostorově značně rozšířenou suitou kyselých vyvřelých hornin šumavské větve moldanubického batolitu jsou dvojslídlné žuly typu Eisgarn. Tyto žuly jsou výrazně hojnější v centrálním moldanubickém masívu, kde jsou dosud těžené pro dekorační účely na české straně v okolí



ŠUMAVSKÁ VĚTVE moldanubického batolitu je tvořená větším počtem samostatných magmatických těles. Mapa Miloš René

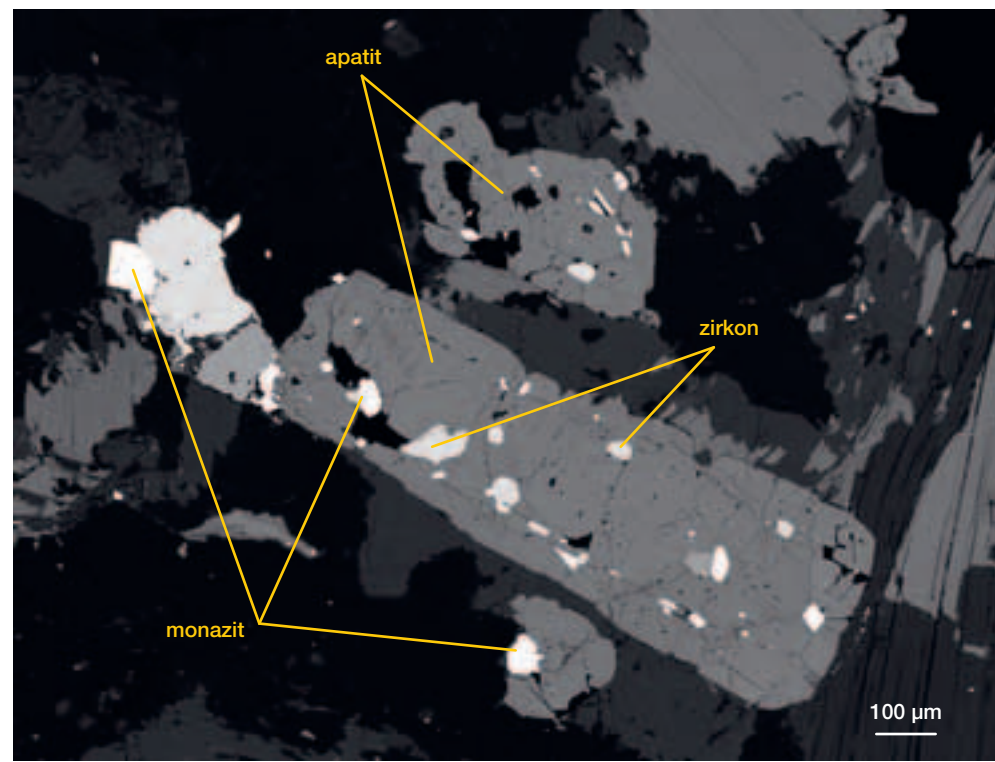
Mrákotína a v Rakousku poblíž příhraniční obce Eisgarn. Na rozdíl od centrálního moldanubického masívu byly dvojslídlné granity tohoto petrografického typu v šumavské větvi moldanubického batolitu v minulosti využívány jako stavební kámen v okolí Vyššího Brodu, kde mimo jiné posloužily pro stavbu vyšebrodského kláštera a množství budov v jeho okolí jak na české, tak na rakouské straně hranic.

Ve dvojslídlných žulách lipenského masívu je vybudována podzemní lipenská elektrárna. Na obou stranách státní hranice tvoří tyto žuly množství různých velikých balvanitých výchozů a rozličných skalních útvarů

včetně pověstné Čertovy stěny. Řada těchto skalních útvarů, zejména v lipenském masívu a masívu Třístoličnicku, je využívána jako přírodní rozhledny. Na jednotlivých výchozech se dvojslídlné žuly odlišují svojí texturou, velikostí minerálních zrn a poměrem obsahu biotitu a muskovitu. Z hlediska chemického složení lze šumavské dvojslídlné žuly rozdělit do tří různých velikých skupin, kdy nejlepší klasifikační kritérium poskytují rozdíly v obsazích thoria a zirkonia. Nejvyšší obsahy obou prvků jsou typické pro stejnozrnné granity odrůdy Mrákotín, kdežto nejvyšší obsahy obou prvků vykazují žuly typu Steinberg.

Slovníček

- allanit** — silikát vznikající jak za nízkých, tak vysokých teplot; v moldanubickém plutonu primární allanit vznikl za vyšších teplot
- batolit** — velké těleso magmatické horniny, které vniklo do starší horniny, spodní okraj není znám
- durbachit** — jedna z odrůd hlubinně krystalizovaného magmatu se zvýšeným obsahem tmavých minerálů
- karbon** — předposlední stadium paleozoika (hranice svrchního karbonu 285 milionů let, spodního karbonu 350 milionů let)
- migmatit** — hornina složená ze dvou složek, granitové a rulové
- moldanubický pluton** — jedno z největších magmatických těles Českého masívu; dvojslídlné žuly převažují na Českomoravské vrchovině (mrákotínská žula)
- monazit** — minerál kyselých vyvřelin; obsahuje vzácné prvky (Ce, La, Nd)
- pluton** — velké těleso magmatického původu
- rula** — silně metamorfovaná krystalická břidlice (patří do ní i minerály biotit, muskovit aj.)
- variské pohoří** — středoevropská pohoří mezi Rýnským břidličným pohořím a Sudetami vzniklá během variského vrásnění
- zirkon** — minerál křemičitan zirkoničitý, často obsahuje thorium a uran



Nahore: MIKROSNÍMEK minoritních (akcesorických) minerálů žuly typu Steinberg ve zpětně odražených elektronech pořízený na elektronové mikrosondě. **Dole: MAKROSNÍMEK** žuly typu Steinberg.

Tyto žuly tvoří drobné výchozy v masívu Třístoličnicku na Trojmezí a v jeho bezprostředním okolí. Vzhledem k tomu, jak obtížně byl přístupný hraniční hřeben před rokem 1990, měla tato odrůda dvojslídlných žul tři různá pojmenování. Jedním z výsledků našeho společného česko-rakouského projektu bylo odstranění zmatků v regionální horninové typologii a přijetí původně bavorského označení Steinberg. Typickými minoritními nerosty dvojslídlných žul jsou apatit, ilmenit, zirkon, monazit a xenotim. Jak monazit, tak zejména zirkon jsou často výrazně zonální. Zonální struktura zirkonu dokazuje jeho velmi pozvolnou krystalizaci z původně tekutého magmatu. Monazit spolu se zirkonem se svým velmi rozdílným obsahem thoria v jednotlivých odrůdách dvojslídlných žul podílejí rozhodujícím způsobem na odlišnosti chemického složení těchto žul a ukazují na existenci několika magmatických pulzů.

Většina akcesorických minerálů tvoří různě veliká zrna uzavíraná v tabulkách biotitu či v apatitových zrnech. Nejvíce informací poskytuje chemické složení monazitu, který obsahuje vyšší koncentrace lehkých vzácných zemin, především ceru a lanthanu. Vyšší koncentrace thoria jsou typické zejména pro dvojslídlné žuly typu Steinberg z Trojmezí. Plošně nejméně rozsáhlou suitou dvojslídlných žul jsou žuly typu Sulzberg, které tvoří co do plochy nevelké těleso v blízkosti hraničního přechodu Zadní Zvonková / Schöneben. Od nepatrně starších žul typu Eisgarn se tyto vyvřelé horniny odlišují výrazně nižšími obsahy thoria a zirkonia a naopak vyššími obsahy rubidia. Minerálním a chemickým složením jsou žulám typu Sulzberg podobné žuly z masívu Plechého. Pro tyto žuly jsou

rovněž charakteristické velmi nízké obsahy prvků vzácných zemin.¹

VZNIK A VÝVOJ ŠUMAVSKÝCH ŽULOVÝCH MASÍVŮ

Pro šumavskou oblast je rozhodující francká linie, která se v samotném pohoří projevuje jako dlouhé, mnohokrát oživané zlomové pásmo v severozápadním-jihovýchodním směru, jež sleduje i dunajské a pfaňské zlomové pásmo. V Českém masívu se v mladších prvohorách během karbonu magmatická aktivita pozvolna přesouvala od středu země, kde leží středočeský pluton, směrem k jeho jihozápadním okrajům, tedy do oblasti dnešní Šumavy, pro kterou je charakteristický celý soubor různě starých a chemicky poněkud odlišných granitoidů. V západní části batolitu krystalizovaly žuly, které dnes nalzáme na povrchu, v hloubkách 18-20 km, zatímco ve východní části v hloubce „jen“ asi 7-9 km.

Tvorba žulových plutonů začala natavením starších sedimentárních hornin, ale později pokračovala zejména pronikáním (intruzí) poměrně pohyblivého magmatu do kůry. Pravděpodobně došlo k opakovaným vertikálním pohybům v obou směrech. Při výzdvihu docházelo k rychlé erozi rul obalujících žulový pluton, ale i vlastních žul. Při poklesech naopak mohlo dojít k opakovaným intruzím žulových hornin. Tyto složité procesy sice trvaly asi 30 milionů let, ale hlavní masa šumavských granitoidů zřejmě vznikla jen během několika mála milionů let před 331-321 miliony let na rozhraní staršího a mladšího karbonu. Na jedné straně se ukazuje složitá magmatická historie mnoha šumavských žulových masívů, na druhé straně se však začíná rýsovat velký globální obrázek vzniku hor, jako je marocký Atlas či jeho pokračování do amerických Apalačských hor, jejichž jedna orogenní fáze se odehrávala zhruba ve stejné době jako vznik moldanubického plutonu.

Dlouhodobý rakousko-český vědecký projekt umožnil detailní studium žul a příbuzných hlubinných vyvřelých hornin, které tvoří významný horský hřeben Šumavy, respektive Bavorského lesa na rozhraní tří států. Na tento náš výzkum následně navázalo na bavorské a české straně detailní geologické mapování, organizované geologickými službami obou států. Díky našemu výzkumu, na jehož počátku byla společná myšlenka „geologie bez hranic“, se území Bavorského lesa a Šumavy stalo jedním z geologicky nejlépe prozkoumaných regionů střední Evropy. ●

Článek vychází s podporou Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR.

literatura na www.vesmir.cz

1) Viz Vesmír 101, 237, 2022/4.