

Niektoré črty geochemie zvetrávania andezitov

JOZEF FORGÁČ

Abstract.

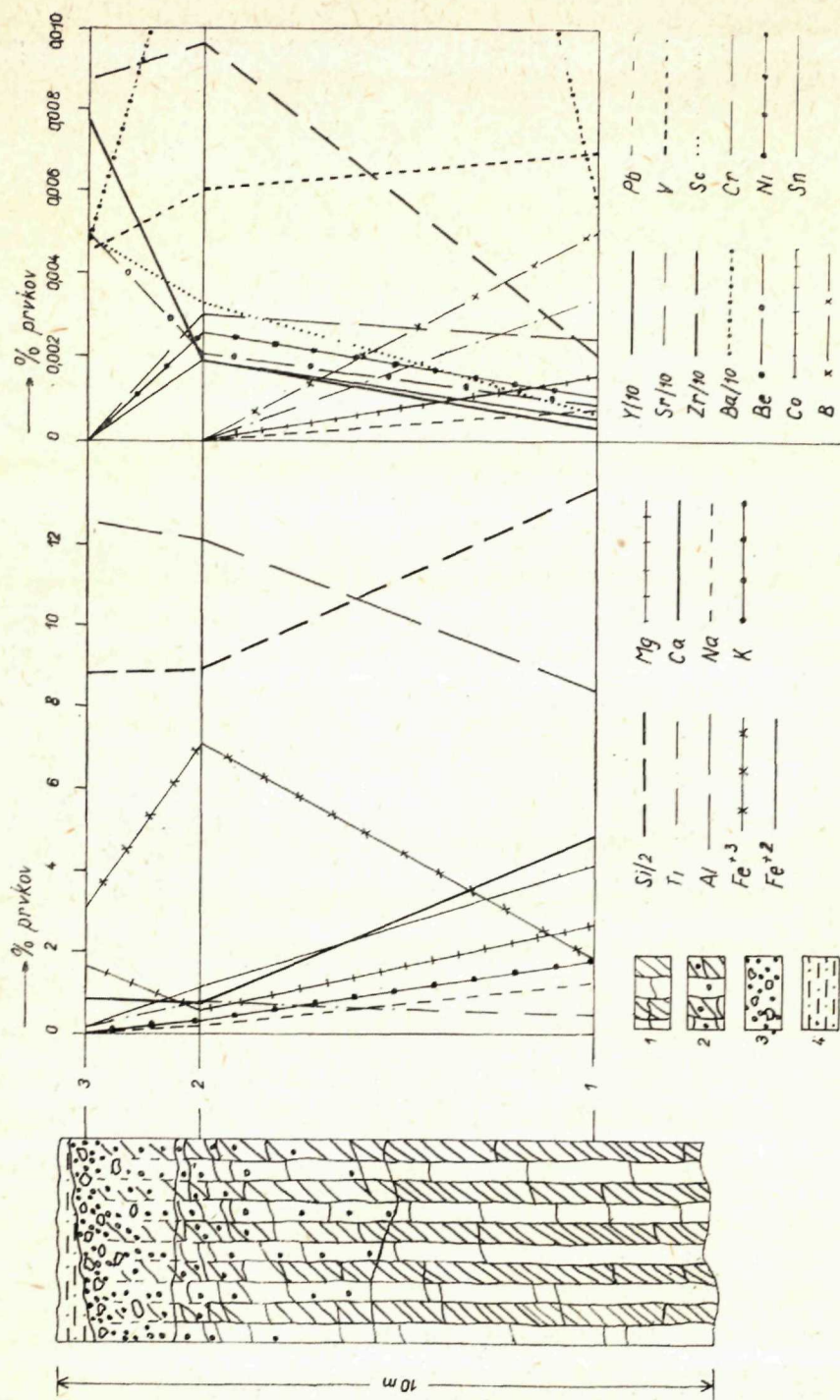
La contribution est dédiée aux changements du chimisme des roches en relation avec les micro et macroéléments et aux changements pétrographiques — minéralogiques au cours du processus de la désagrégation. Le changement de la composition chimique et minéralogique des roches prouve que la migration la plus grande des éléments se produisit après la désintégration complète des roches au cours de la désagrégation les silicates primaires, en ce temps-là, les éléments migraient en prédominance dans les solutions et le coefficient de lessivage était maximal.

Úvod

V oblasti slovenských neovulkanitov na povrchu najrozšírenejší proces je zvetrávanie. Vyznačuje sa postupnou dekompozíciou vulkanických hornín, pri ktorej dochádza k výraznej zmene v mineralogickom a chemickom zložení hornín. Zvetrávanie som študoval na plynulých profiloch od andezitu čerstvého až po úplne rozvetralý a na profile chloritizovaného andezitu so slabou impregnáciou pyritu pod povrchom, kde došlo k úplnej dekompozícii hornín pri prenikaní povrchových roztokov cez uvedené horniny. Študoval som zmeny v zastúpení hlavných horninotvorných prvkov a prvkov stopových a ich vzájomné vzťahy v procese zvetrávania so stúpajúcou intenzitou premeny hornín. Geochemické zmeny súvisia bezprostredne s premenou pôvodných hornín a preto pri charakteristike študovaných profilov uvádzam aj stručnú charakteristiku zmien v mineralogickom zložení horniny s postupom zvetrávania. Do štúdia nebola pojatá skryvka elúviálnych hlien.

Fieberg

V kameňolome Fieberg, cca 1 km severozápadne od Krupiny, je odkrytý výrazný profil zvetrávania v pyroxenickom andezite s výraznou stĺpovitou odlučnosťou. K silnej premene andezitu došlo v severnej a severozápadnej časti lomu, kde je andezit premenený od povrchu do hĺbky 6 až 11 metrov pod humusovitou sivohnedou hlinou, ktorá má nad andezitom mocnosť 40 cm až 1 m. Na lomovej stene je plynulý prechod od úplne premeneného andezitu až po andezit čerstvý v spodnej časti lomu (obr. 1.). Čerstvý andezit je tmavej farby, porfyrickej štruktúry. Základná hmota je vitrifiricko-skytokryštalická s jemne rozptýleným rudným pigmentom magnetitu. Z minerálov sú v hornine najviac zastúpené plagioklasý vo forme tabuliek a líšt, bazicitou odpovedajú andezin — labradoritu ($Ab_{60}An_{40}$ až $Ab_{42}An_{58}$). Z tmavých minerálov je prítomný augit a hyperstén. Smerom k povrchu dochádza postupne k vyľučovaniu Fe — oxidov na puklinách a hornina nadobúda sivú, sivohnedú až svetlosivohnedú farbu. Na hranách sa odlupuje od horniny temer čerstvej vo forme konkávných kôr 1 až 6 cm mocných. Vo vyšších častiach lomovej steny



Obr. 1.: Profil zvetrávania pyroxenického andezitu v kameňolome Fieberg. 1. Tmavý pyroxenický andezit. 2. Sivý až sivobledý, slabosúdržný, čiastočne rozpadový pyroxenický andezit. 3. Úplne zvetralý a rozpadnutý pyroxenický andezit. 4. Sivo-hnedá humusovitá hlina.

je hornina svetlosivonahnedlej farby, premena postupne prestupuje celou horninou, stáva sa menej súdržná a začína sa rozpadávať na drobné úlomky, najmä na hranách stĺpovitej odlučnosti. Pôvodná stĺpovitá odlučnosť sa stáva menej výraznou ako v spodnej časti lomu. Pri premene horniny plagioklasy strácajú lesk a postupne sa rozpadávajú na svetlú gélovitú hmotu so slabými znakmi polarizácie. Z tejto hmoty postupne kryštalizuje submikroskopický agregát prevažne svetlej farby. Miestami, v priestoroch po plagioklasoch, sa vytvárajú kolomorfné štruktúry, ojedinelé sú sfarbené do hneda od Fe — oxidov. Z pyroxénov v prvom stupni premeny sa začína vylučovať železo vo forme povlakov a zhlukov tvorených Fe — oxidmi a v ďalšom štádiu sa v nich uplatňuje serpentinizácia tvorbou chrysotilu a antigoritu, ktoré sa vo vyššom štádiu premeny rozpadávajú na gélovitú hmotu prevažne nahnedlej farby a z nej kryštalizuje submikroskopický agregát. Pri rozpade horniny sa uplatnila selektívna premena minerálov, kde plagioklasy sa začínajú rozpadávať prv a intenzívnejšie ako pyroxény. Základná hmota horniny nadobúda svetlohnedú farbu, ktorá je tvorená submikroskopickým agregátom bližšie neurčiteľným. Pri premene horniny podľa analýzy DTA a RTG vznikali montmorillonit a kaolinit. V hornine v tomto stupni premeny, je ešte markantná porfyrická štruktúra. Výrazné petrografické zmeny sa odrazili aj v chemickom zložení horniny (obr. 1). Z horniny boli intenzívne vyluhované prvky: Ca, Mg, Na, K, Si, Pb, Co, Sr, B, V. V tomto stupni premeny málo pohyblivými až nepohyblivými prvkami sa prejavili Al, Be, Sn, Ga, Y, Zr, Ba a Fe. U železa došlo k intenzívnej oxidácii Fe^{+2} na Fe^{+3} , ktoré z horniny nebolo odnášané. Pre slabú pohyblivosť uvedených prvkov dochádza, vzhľadom k čerstvej hornine, k relatívnemu zvýšeniu ich zastúpenia v premenenej hornine, alebo sa ich pomerné zastúpenie vôbec nemení. Vo vrchných častiach lomovej steny — pod tenkou humusovou skryvkou — je andezit úplne rozvetralý a rozpadnutý (za vlhka sa roztiera v prstoch), strácajú sa znaky pôvodnej stĺpovitej odlučnosti a porfyrickej štruktúry horniny. V najvrchnejších častiach sa nachádza hornina už iba ojedinele vo forme mäkkých, vetraním zaoblených častí premeneného andezitu v úplne rozpadnutej a nesúdržnej hornine. Smerom do hĺbky sa postupne zväčšuje množstvo úplne premeneného, avšak slabó súdržného, andezitu. Až sa postupne začínajú objavovať znaky (slabé) pôvodnej stĺpovitej odlučnosti. Vo vrchných častiach lomu pri premene andezitu došlo k vzniku väčšieho množstva montmorillonitu ako kaolinitu. Z chemického zloženia je vidieť, že z horniny boli aj naďalej odnášané prvky Na a K, avšak ich intenzita vyluhovania sa znižuje (obr. 1, č. 3). Intenzívne je z horniny vyluhované Fe^{+3} , Sn, Ni, Cr, Ba, ktoré sa v hlbších častiach prejavujú ako prvky nepohyblivé. Malú pohyblivosť prejavujú prvky Ga, Zr, Ca, Si, Al, ktoré pri intenzívnej premene horniny nejavia podstatné zmeny v ich relatívnom zastúpení v hornine vzhľadom k predchádzajúcemu stupňu premeny. Ako pohyblivé sa prejavili prvky Mg, Y, Be, V, Sc, ktorých obsah v úplne premenenej hornine sa relatívne zvyšuje.

Celkove najväčšia migrácia prvkov nastala pri dezintegrácii horniny v štádiu rozpadu primárnych silikátov, kedy do roztokov prechádzala prevažná časť horninotvorných prvkov a zo stopových prvkov Pb, Co, Sr, V, tým sa v presakujúcich roztokoch zvýšil pH. Toto štádium premeny sa vyznačuje vysokým koeficientom vyluhovania 2.22 (vypočítané podľa GINZBURGA 1963), uplatnila sa silná oxidácia Fe^{+2} na Fe^{+3} , pričom Fe^{+3} , Al, Ti, Y, Zr, Ba, Sn, Be, Sc, Ni,

Ga, Cr sú málo pohyblivé až nepohyblivé, preto sa ich pomer v hornine relatívne zvyšuje. Na základe pohyblivosti prvkov, v závislosti na pH, roztokov dá sa predpokladať, že pH presakujúcich roztokov sa pohybovalo medzi pH 5 a 6. Pri tomto pH $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a $\text{Al}(\text{OH})_3$, ako aj rad ďalších prvkov je málo pohyblivý, pričom Si v zmysle GINZBURGA (1960) javí pomerne malú schopnosť vypadávaní z roztokov vo forme koloidov a Si bol z horniny intenzívne vyluhovaný spolu s inými prvkami.

Po vylúčení väčšieho množstva Na, K, Mg, Ca, Si, V a odnose Pb, Co, B, Sr sa ich prechod do roztokov podstatne zmenšil, nakoľko došlo k tvorbe ťo- vých minerálov, najmä montmorillonitu a menej kaolinitu, kde časť prvkov zostala viazaná v ich štruktúrálnej mriežke, alebo boli zadržané v produktoch rozpadu andezitu ako sorbenty, takže do roztokov neprechádzali. Preto nedo- chádzalo k väčšej zmene pH roztokov, ktoré z povrchu cez humusovitú, skryv- ku do horniny presakovali a hodnota pH sa pohybovala pravdepodobne medzi 4 a 5. Prvky, ktoré sa javili na začiatku procesu premeny ako nepohyblivé, boli z horniny intenzívne odnášané, sú to najmä Fe^{+3} , Sn, Ni, Cr, Ba, pričom prvky Y, Zr, Sc, Be, V, Ga, Mg, Al sú v hornine zadržované, čím sa ich po- mer relatívne zvýšil. Preto sa znížil aj koeficient vyluhovania z 2,22 na 1,42 a koeficient hydratácie z 0,04 na 0,03. Postupom času zóna intenzívneho vylu- hovania prvkov z horniny, po rozpade primárnych silikátov, sa presúvala do hlbších častí andezitového telesa.

Breziny

V kameňolome na východnej strane Neresníckej doliny, 3,5 km severový- chodne od obce Breziny, študoval som ďalší profil zvetrávania. Lom je založe- ný v pyroxenickom andezite, ktorý je premenený a rozpadnutý vo vrchnej časti a prikrytý tenkou vrstvou humusovitej lesnej hliny o mocnosti 10 až 40 cm. Mocnosť zvetraného andezitu je menlivá. V južnej časti lomu mocnosť zvetraného andezitu je 40 cm až 1 m, kým v jeho severozápadnej časti dosa- huje 3 až 6 m. V tejto časti lomu som študoval plynulý prechod od andezitu úplne premeneného pod humusovitou hlinou až po čerstvý andezit v spodnej časti lomu (obr. 2). Čerstvý andezit je tmavej až tmavosivej farby, porfyric- kej štruktúry. Z minerálov je v hornine najviac zastúpený plagioklas s hypi- diomorfným až allotriomorfným obmedzením s bázicitou andezín – labradorit ($\text{Ab}_{62}\text{An}_{38}$ až $\text{Ab}_{43}\text{An}_{57}$). Z tmavých minerálov je najviac zastúpený hyperstén, ojedinele je prítomný augit a hnedý amfibol s opacitovým lemom. Základná hmota je hyalopilitického vývoja s mikrolitmi uvedených minerálov a drob- nými zhlukmi magnetitu. V prvých štádiách zvetrávania hornina nadobúda sivú farbu so žltohnedými, nepravidelne rozmiestnenými, políčkami. V dô- sledku farebnej zmeny základnej hmoty sa zvyrazňujú porfyrické výrastlice. Plagioklasy sú prevažne čerstvé, iba v malej miere sa začínajú meniť na me- nej čiru izotropnú hmotu. U tmavých minerálov dochádza k vylučovaniu Fe – oxidov. Menia sa od periferie a po puklinách na žltohnedý minerál šupinko- vitého a vláknitého vývoja so slabým pleochroizmom, priamym zhášaním, s indexom lomu nižším ako kanadský balzam. Podľa optických vlastností pri- náleží chrysotilu a antigoritu. Drobné zhluky magnetitu ako aj opacitové lemy na amfibole sa postupne začínajú meniť na Fe – oxidy. V chemickom zložení

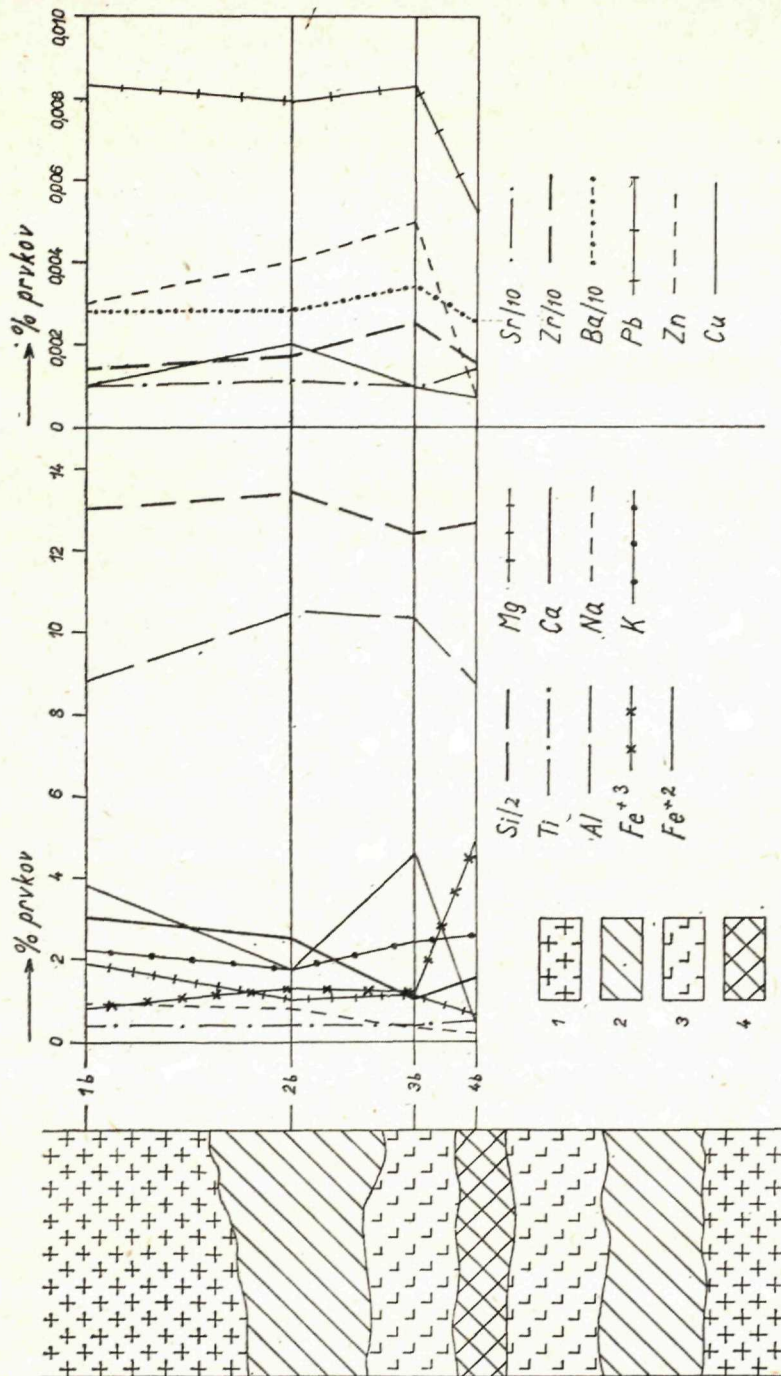
horniny nastali zmeny vyluhovaním Ca, Mg, Ni, čiastočne aj Cr a oxidácii Fe^{+2} na Fe^{+3} . Fe^{+3} sa javí ako prvok nepohyblivý spolu s Be, Co, Y a ich obsah v hornine sa preto relatívne zvyšuje. Zastúpenie prevažnej časti prvkov zostáva temer bez zmien. So stúpajúcou premenou hornina nadobúda sivonahnedlú farbu, je slabo súdržná. Plagioklasý sa úplne rozpadávajú na svetlý submikroskopický agregát s obsahom slabopolarizujúcich jemných svetlých šupiniek s priamym zhášanim, ktoré kryštalizujú z izotropnej gélovitej hmoty v priestoroch po plagioklasoch. Chrysotil a antigorit, v priestoroch po pyroxénoch a amfibole, sa postupne rozpadáva na temer izotropnú hmotu nahnedlej farby s obsahom slabopolarizujúceho submikroskopického agregátu. Pri tomto rozpade sa uvoľňujú Fe-oxidy vo forme jemných povlakov. Pri premene horniny došlo k tvorbe montmorillonitu (podľa analýzy DTA a RTG). V chemizme horniny nastáva intenzívne vyluhovanie Ca, Sr, Cr, v menšej miere aj Na, Mg, Si, Al. Nepohyblivými sa javia prvky Fe^{+3} , Be, V, Y, Zr, Ba, Co, Sn, Pb, K a ich pomerné zastúpenie sa v hornine relatívne zvyšuje vzhľadom k predchádzajúcemu stupňu premeny. Najintenzívnejšie je hornina premenená v najvrchnejšej časti lomovej steny, za sucha drobivá a za vlhka sa roztiera v prstoch. V hornine sú ešte znaky po pôvodnej porfyrickej štruktúre. Priestory po tmavých mineráloch sú prevažne prázdne a iba miestami sú v nich zvyšky Fe-oxidov. Po plagioklasoch je čiastočne zachované ich pôvodné obmedzenie, sú úplne premenené na svetlú až svetlohnedú gélovitú hmotu so slabopolarizujúcim submikroskopickým agregátom. Základná hmota je svetlonahnedlej farby a v blízkosti jemných pukliniek nadobúda miestami až tmavonahnedlú farbu. Je premenená podobne ako porfyrické výrastlice. Podľa analýzy DTA a RTG došlo v hornine k tvorbe montmorillonitu a v menšej miere aj kaolinitu. Ílové minerály sa tvorili vo väčšej miere ako v predchádzajúcom stupni premeny. Migrácia niektorých hlavných horninotvorných prvkov sa spomaľuje a prejavujú sa iba slabé znaky vyluhovania, najmä Al, K. Dvojmocné železo, viazané v zvyškoch magnetitu zachovaných z predchádzajúceho štádia, sa oxiduje na Fe^{+3} , ktoré začína prejavovať slabé znaky rozpustnosti, ale jeho obsah v hornine – vzhľadom na oxidáciu dvojmocného železa – sa zvyšuje. Zastúpenie Si, Mg, Na, Be, Ga sa temer nemení a pravdepodobne vstupujú do štruktúrnej mriežky ílových minerálov spolu s Al. Pohyblivými prvkami sa stávajú Pb, Sn, Co, V a Ba, v porovnaní s predchádzajúcim stupňom premeny sú tieto z horniny vyluhované.

Podobne ako na predchádzajúcej lokalite, aj tu došlo k najintenzívnejšiemu vyluhovaniu prvkov v štádiu rozpadu primárnych silikátov. Najprv boli vyluhované Ca, Mg a intenzívne oxidované Fe^{+2} na Fe^{+3} . K vyluhovaniu sodíka došlo po intenzívnom odnášaní Ca. Intenzívne boli vyluhované aj prvky Pb, Cr, Sr. Prvky Si, Al, K, javia slabé znaky odnosu. Prevažná časť stopových prvkov javí relatívne zvýšený obsah najmä Y, V, Ba, Sc, Be, ktoré sa pravdepodobne sorbujú na gélovité produkty rozpadu horniny. Vo vrchných častiach odkryvu pod humusovitou hlinou, t. j. v miestach kde dochádza k intenzívnej tvorbe ílových minerálov, časť prvkov prechádza do ich štruktúrnej mriežky, preto sa zmenšuje ich vyluhovanie z horniny. Z hlavných horninotvorných prvkov sa zmenšuje obsah Al a K, a temer úplne sa oxiduje Fe^{+2} na Fe^{+3} . Zo stopových prvkov sú intenzívne odnášané Pb, Sn, Co. Menej je odnášaný V, Ba, Sc. V hornine sa relatívne zvyšuje zastúpenie Fe^{+3} , Ti, B, Zr.

V celom profile je možné pozorovať, že sa smerom k vrchným častiam odkryvu znižuje koeficient hydratácie z 0,51 na 0,22 a koeficient vyluhovania sa zvyšuje z 2,04 na 3,41. V celom profile temer nepohyblivými prvkami sú Fe^{+3} , Y, Zr, B, Ba. Pomerne malú pohyblivosť javí aj Si, Al, K, Mn, Ga. V najvrchnejších častiach odkryvu pravdepodobne bolo pH presakujúcich roztokov medzi 4 a 5 a v nižších častiach sa zvýšilo ich pH na 5, pri ktorom — podľa GINZBURGA (1960) — uvedené prvky sa javia nepohyblivými.

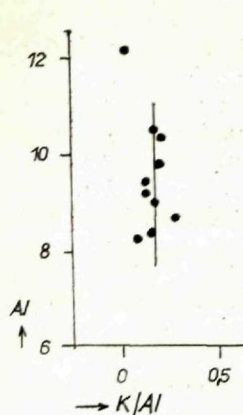
Banská Štiavnica

V Banskej Štiavnici som študoval tretí profil zvetrávania andezitu na V. obzore Maximilián šachty v hlavnom prekope, 80 m v nadloží Terézia žily. Prekop v týchto miestach je budovaný chloritizovaným pyroxenickým andezitom, ktorý je na strmoprebiehajúcej pukline, po ktorej presakovala voda, úplne premenený a dá sa študovať plynulý prechod až po andezit pevný, tmavosivonazelenalej farby po šírke 30 až 60 cm (obr. 3.). Andezit v okolí premenenej zóny je pevný, tmavosivonazelenalej farby s celistvou základnou hmotou, porfyrickej štruktúry. V hornine je v malom množstve jemne rozptýlený pyrit. Pôvodne tmavé minerály (pyroxény) sú premenené na chlorit a ojedinelé zhluky karbonátu. Plagioklasy sú iba v nepatrnej miere nahradzované sericitom a uhličitanom. Uvedená premena patrí do štádia postvulkanických premien, ktoré predchádzali zvetrávaniu (J. FORGÁČ, 1966, 1967). V prvých stupňoch zvetrávania hornina nadobúda sivonahnedlú farbu, je preniknutá hustou sieťou nervovite rozvetvených pukliniek, podľa ktorých sa rozpadáva pri slabom udere kladivom. Na puklinkách sú vylúčené tenké povlaky Fe -oxidov. Chlority sa od periférií postupne sfarbuju do hneda a dochádza k rozkladu uhličitanov. Plagioklasy sú bez podstatnejšej zmeny. Jemne rozptýlený pyrit, ako aj ojedinele zhluky magnetitu sa menia na Fe -oxidy. V chemickom zložení horniny dochádza k zmene Fe^{+2} na Fe^{+3} a k vyluhovaniu z horniny Fe^{+3} , Mg, Ca, K. Nepohyblivými prvkami sa javia Al a Si, ktorých obsah v hornine sa relatívne slabo zvyšuje. V zastúpení stopových prvkov sa neprejavili podstatnejšie zmeny. So zvyšovaním premeny hornina postupne nadobúda svetlosivú až svetlú farbu s nahnedlým odtieňom, je slabo súdržná a za vlhka začína mäknúť. Chlority a plagioklasy sa rozpadávajú na svetlý až nahnedlý, slabo polarizujúci submikroskopický agregát, zhluky uhličitanu sa zachovali iba sporadicky. Pri analýze DTA a RTG zistilo sa, že v hornine došlo k tvorbe kaolinitu a montmorillonitu. Zmeny v mineralogickom zložení sa prejavili intenzívnym vyluhovaním Ca, Na a relatívne malým zmenšením obsahu Si. Slabé znaky vyluhovania sú aj u Cu. Nepohyblivými prvkami v tomto stupni premeny sú Al, K, Mg, Ga, Zr, Ni, Cr, Ba, Zn, z ktorých časť je sorbovaná na produkty rozpadu horniny, alebo vstupujú do štruktúrnej mriežky sekundárnych minerálov a časť pravdepodobne tvorí nerozpustné soli. V konečnom štádiu premeny sa hornina rozpadáva, stráca porfyrickú štruktúru, je svetlohnejšej farby, za vlhka je mazľavá a za sucha hrudkovitá. V hornine došlo k tvorbe montmorillonitu, kaolinitu a jarozitu (podľa analýzy DTA a RTG). Z horniny boli intenzívne vyluhované Mg, Al, Cu, Zn, Pb. Menšia pohyblivosť sa prejavila u prvkov Na, Ga, Zr, Ba, V, Ni, Co, Cr, Sn, ich zastúpenie sa znižuje iba v malej miere, alebo je bez zmien. Nepohyblivými

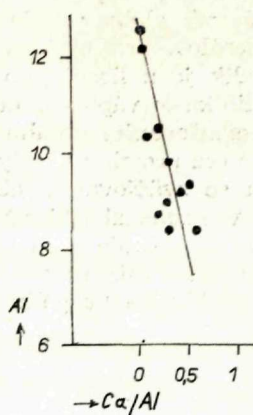


Obr. 3.: Profil zvetrávania v Banskej Štiavnici na V. obvzore Maxmilián šachty, 8 m v nadloží Terézia žily. 1. Chloritizovaný pyroxenický andezit, tmavosivonahnedlej farby. 2. Sivoonahnedlý andezit, preniknutý hustou sieťou nervovité rozvetvých pukliniek. 3. Svetlosivý slabosúdržný andezit, so slabým nahnedlým odtieňom, za vlhka začína mäknúť. 4. Úplne rozvetralý a rozpadnutý andezit, svetlonahnedlej farby.

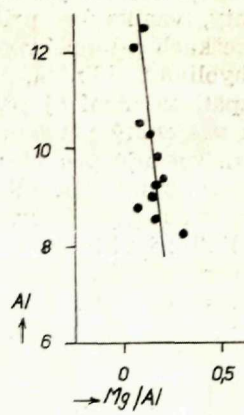
prvkami sú Fe^{+3} , Ca, Si, K, Sr, a ich obsah, v porovnaní s predchádzajúcim stupňom premeny, sa zvyšuje v menlivom pomere.



Obr. 4.: Pomerné zastúpenie vápnika a hliníka.



Obr. 5.: Pomerné zastúpenie vápnika a hliníka.



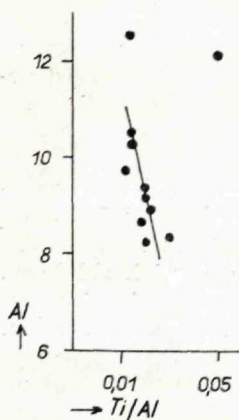
Obr. 6.: Pomerné zastúpenie horčíka a hliníka.

Na predchádzajúcich lokalitách pri presakovaní roztokov cez horniny dochádzalo k zvyšovaniu ich pH. Na tejto lokalite dá sa predpokladať opačný jav. Roztoky, ktoré presakovali do horniny, vyvolali rozpad horninotvorných minerálov ako aj pyritu, ktorý bol v hornine rozptýlený v drobných zhlukoch. Pri rozpade pyritu došlo k vzniku SO_4 a vplyvom vnútorného napätia aj k rozpukaniu horniny podľa nervovitej siete drobných pukliniek (FORGÁČ, 1963). Presakujúce roztoky sa obohacovali o SO_4 , tým sa stávali kyslejšími. Na tento jav poukazuje vyluhovanie železa v prvých štádiách premeny. Pri intenzívnej premene horniny ióny SO_4 vstupovali do štruktúrnej mriežky jarozitu, čím sa zvýšil pH roztokov, pri ktorom Fe^{+3} sa stalo nepohyblivé a nastalo jeho zvyšovanie v zastúpení v hornine. V tomto štádiu premeny došlo aj k najväčšej pohyblivosti stopových prvkov, najmä Cu, Pb, Zn. V procese zvetrávania v Banskej Štiavnici nastala najväčšia migrácia prvkov pri intenzívnom stupni premeny, na čo poukazuje aj koeficient vyluhovania, ktorého hodnota sa postupne zvyšuje z 1,31 na 2,60, kým koeficient hydratácie je najvyšší v prvých stupňoch premeny horniny.

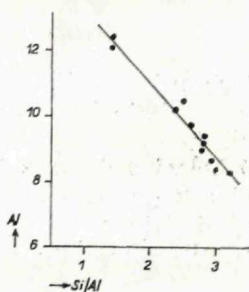
Pomerné zastúpenie prvkov

Proces zvetrávania, popri rozpade primárnych minerálov a tvorbe minerálov sekundárnych, je sprevádzaný aj zmenou vzájomného pomeru chemických prvkov sa buď priamo úmerne zväčšuje, alebo zostáva temer nezmenený. Prejavujú sa veľké rozdiely v ich vzájomnom pomere a pri určitej časti prvkov sa ich vzájomný pomer mení iba v malej miere. Hliník sa v procese zvetrávania prejavuje celkovo ako prvok málo pohyblivý a jeho pomer k niektorým prvkom sa buď priamoúmerne zväčšuje, alebo zostáva temer nezmenený. Pomer draslíka k hliníku s intenzitou zvetrávania sa takmer nemení a so

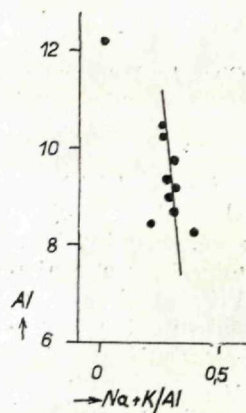
zmenšováním obsahu hliníka sa pohybuje prevažne v rozmedzí 0,13 až 0,29 (obr. 4). Draslík pri rozpade horniny sa prevažne sorbuje na gélovité komponenty, vznikajúce pri zvetrávaní, alebo sa čiastočne viaže v štruktúrnych mriežkach sekundárnych minerálov, pričom jeho pohyblivosť sa temer rovná pohyblivosti hliníka, kým sodík je z horniny odnášaný. V pomerne malom rozpätí sa mení aj pomer hliníka k vápniku, horčíku a alkáliám (Na a K). Ich vzájomný pomer sa so zmenšováním obsahu hliníka iba mierne zvyšuje, to znázorňujú priamky vedené cez projekčné body na obraze 5 až 7. Vzájomný pomer kremíka k hliníku sa so zväčšováním obsahu hliníka pri zvetrávaní výrazne a plynule zmenšuje v rozmedzí 3,21 až 1,38 (obr. 8). Pomer titanu k hliníku javí iba slabé znaky zväčšovania pre nerozpustnosť titanu a preto ich pomer javí iba slabé znaky zväčšovania so zmenšováním zastúpenia hliníka (obr. 9). V pomernom zastúpení hliníka ku gáliu a k ďalším prvkom so zväč-



Obr. 7.: Pomerné zastúpenie alkálií a hliníka.

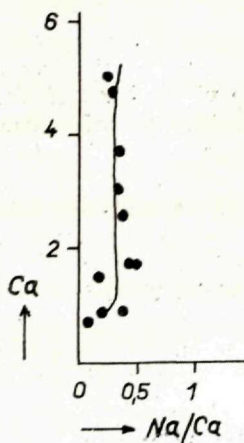


Obr. 8.: Pomerné zastúpenie kremíka a hliníka.

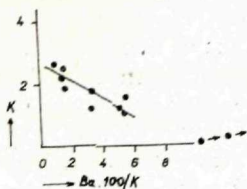


Obr. 9.: Pomerné zastúpenie titanu a hliníka.

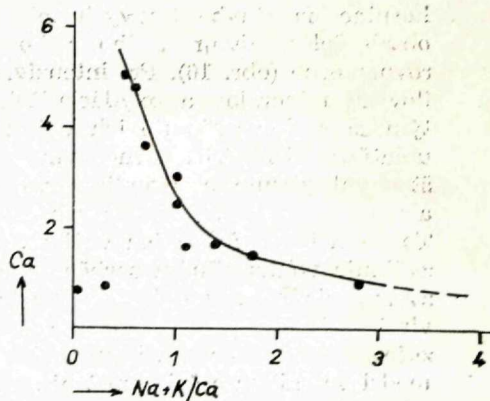
šováním obsahu hliníka pri zvetrávaní sa neprejavili markantnejšie zmeny. Sodík a vápnik boli z horniny vyluhované temer rovnomerne. To poukazuje na ich vzájomný vzťah (obr. 10). S ubúdaním vápnika ich vzájomný pomer zostáva temer konštantný. Výrazný je vzťah bária k draslíku. Ich vzájomný pomer sa zväčšuje priamo úmerne so zmenšováním obsahu draslíka pre menšiu pohyblivosť bária (obr. 11). Odlišne sa chovajú alkálie vcelku (Na a K) v závislosti od obsahu vápnika. V prvých štádiách vyluhovania vápnika sa ich vzájomný pomer zväčšuje temer plynule a po odnesení väčšej časti vápnika z horniny sa pomer vápnika k alkáliám rýchlo zväčšuje pre sorbcie draslíka v produktoch rozpadu, čím sa jeho pohyblivosť – v porovnaní so sodíkom a vápnikom – značne zmenšuje (obr. 12). Odnos horčíka a vápnika je na začiatku zvetrávania pomerne rovnaký a po odnesení prevažnej časti vápnika z horniny (vyššie štádium zvetrávania) sa ich pomer rýchlo zväčšuje, nakoľko horčík zostáva viazaný v štruktúrnej mriežke montmorillonitu, čím sa horčík stáva nepohyblivým prvkom (obr. 13). Podobný je aj pomer bária k vápniku,



Obr. 10.: Pomerné zastúpenie sodíka a vápnika.

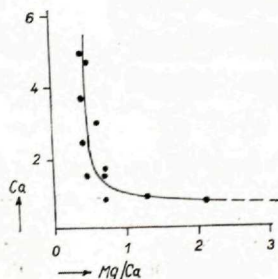


Obr. 11.: Pomerné zastúpenie bária a draslíka.

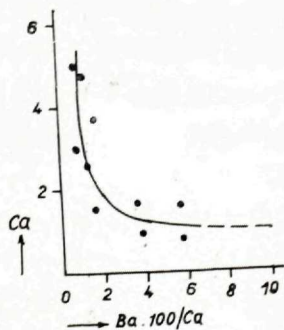


Obr. 12.: Pomerné zastúpenie alkálií a vápnika.

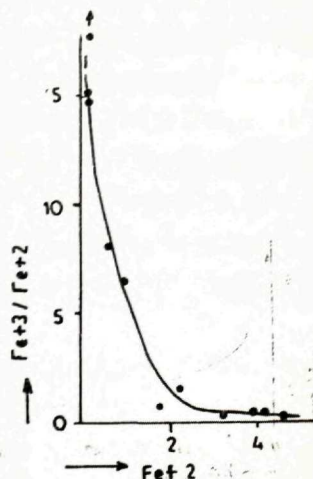
ktorý je v prvých štádiách premeny horniny temer konštantný a začína sa rýchlo zväčšovať až po odnesení väčšej časti vápnika z horniny, pravdepodobne pre tvorbu slaborozpusťných bikarbonátov bária v zvetralom andezite (obr. 14). Priama závislosť sa prejavuje pri železe dvojmocnom a trojmocnom. V prvých štádiách premeny horniny sa ich vzájomný pomer iba slabo zvyšuje a k rýchlemu zväčšovaniu ich pomeru dochádza pri silnejšej premene pre prevážnú zmenu železa dvojmocného na trojmocné (obr. 15). Veľmi rozdielne je pomerné zastúpenie železa dvojmocného a draslíka v počiatočnom a konečnom štádiu premeny. Železo dvojmocné a horčík sa podieľajú v základnej



Obr. 13.: Pomerné zastúpenie horčíka a vápnika.

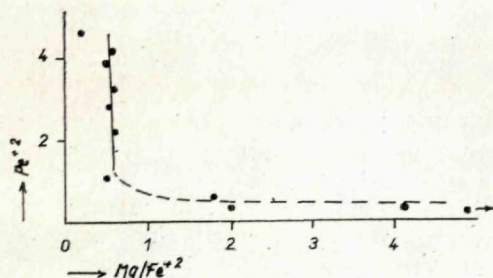


Obr. 14.: Pomerné zastúpenie bária a vápnika.

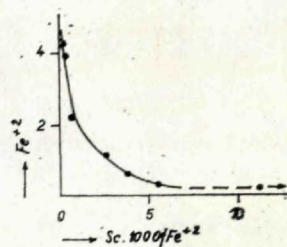


Obr. 15.: Pomerné zastúpenie dvojmocného a trojmocného železa.

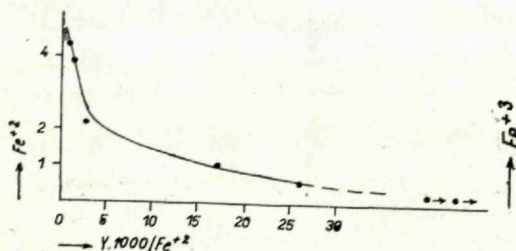
hornine na stavbe tmavých minerálov. Pri rozpade tmavých minerálov sa obsah železa dvojmocného a horčíka v hornine postupne znižuje temer rovnomerne (obr. 16). Pri intenzívnejšej premene horčík je viazaný v mriežke fľových minerálov a oxydácia železa dvojmocného na trojmocné pokračuje, tým sa rýchlo zväčšuje ich vzájomný pomer (obr. 16). Výrazná závislosť sa uplatňuje aj medzi dvojmocným železom a vzácnymi zeminami, z ktorých som študoval ytrium a skandium vo Ficbergu a v Brezinách. Zastúpenie ytria a skandia pri zvetrávaní sa relatívne zvyšuje a železo dvojmocné sa znižuje. To zapríčiňuje, že sa ich vzájomný pomer s intenzitou zvetrávania andezitov zväčšuje vďaka silným sorbčným vlastnostiam skandia a ytria. Z relatívneho zvyšovania obsahu obidvoch prvkov sa dá usudzovať o väčších sorbčných vlastnostiach v produktoch zvetrávania u ytria, ako u skandia, na čo poukazuje aj ich pomer k železu dvojmocnému (obr. 17, 18). Podobný je aj pomer medzi vanádiom a železom trojmocným v dôsledku veľkého zväčšovania obsahu trojmocného železa sa znižuje ich vzájomný pomer (obr. 19). Medzi



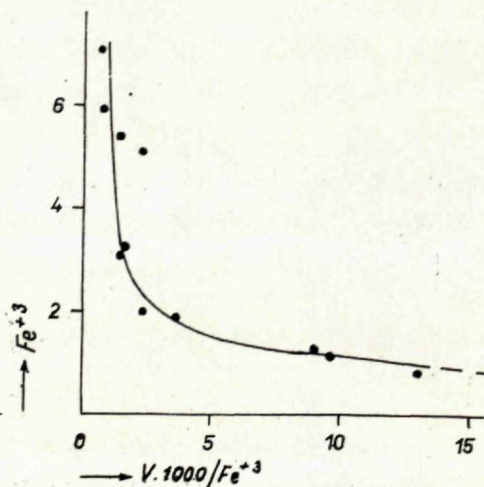
Obr. 16.: Pomerné zastúpenie horčíka a dvojmocného železa.



Obr. 17.: Pomerné zastúpenie skandia a dvojmocného železa.

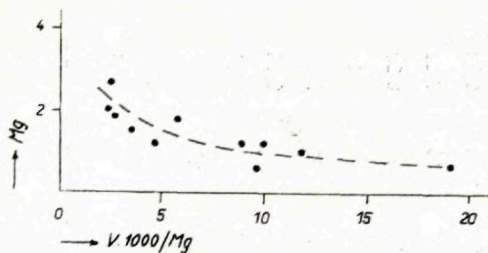


Obr. 18.: Pomerné zastúpenie ytria a dvojmocného železa.

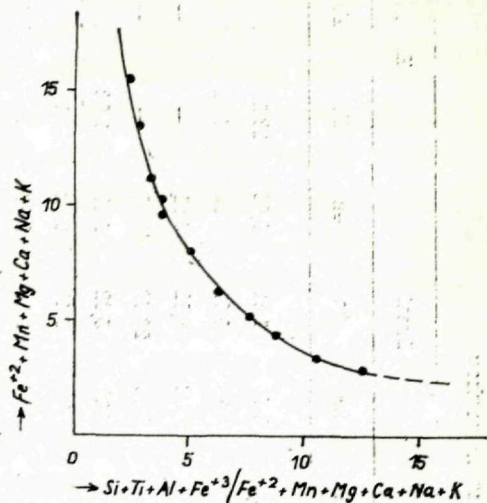


Obr. 19.: Pomerné zastúpenie vanádia a trojmocného železa.

vanádiom a horčíkom je nepriamy vzťah, ich pomer sa zväčšuje so zmenšovaním horčíka v hornine a to pre intenzívne vyluhovanie tak horčíka ako i vanádia (obr. 20). Celkove – z hlavných horninotvorných prvkov pri zvetrávaní – sú z horniny intenzívnejšie odnášané prvky jednomocné a dvojmocné a tiež prvky troj- a štvormocné, ich pomer so stúpajúcou premenou andezitov sa zväčšuje v rozmedzí 2,4 až 12,5 (obr. 21).



Obr. 20.: Pomerné zastúpenie vanádia a horčíka



Obr. 21. Pomerné zastúpenie jednomocných a dvojmocných prvkov k prvkom troj- až štvormocným.

Stroncium a bária, ktoré sa viažu prevažne v plagioklasoch s vápnikom a draslíkom, pri zvetrávaní andezitu sa chovajú odlišne. Pri premene horniny stroncium sa takmer úplne vyluhuje, kým bária je v prvých štádiách premeny temer nepohyblivé, tým sa jeho obsah relatívne zvyšuje, pravdepodobne pre vznik slaborozpusťných bikarbonátov sa znaky vyluhovania prejavujú iba v posledných štádiách premeny horniny. Takmer nezmenený je obsah bária a stroncia na profile v Banskej Štiavnici, kde pravdepodobne dochádza popri bikarbonátoch aj k tvorbe nerozpustných síranov bária. Prvky: olovo, nikel, kobalt, chróm a cín vo Ficbergu a v Brezinách sú veľmi pohyblivé a po rozpadnutí primárnych silikátov sú z horniny odnášané a v úplne premenených andezitoch pod humusovitou skryvkou ich prítomnosť nebola konštatovaná. Tento zjav sťažuje sledovanie ich vzťahu k iným prvkom v celých profiloch zvetrávania andezitov. Na lokalite Banská Štiavnica sa obsah niklu, kobaltu a cínu nemení, pravdepodobne čiastočne zostávajú rozptýlené v produktoch zvetrávania a sorbujú sa do sekundárnych minerálov.

Pri zvetrávaní hornín na študovaných lokalitách sa uplatnili roztoky s prevládajúcim obsahom ionov HCO_3^{-1} a Banskej Štiavnici obsahovali aj SO_4^{-2} . Pri zhodnocovaní chemických údajov v zvetralinách treba mať na zreteli charakter presakujúcich roztokov, mocnosť zvetralinového plášťa a uplatnenie

Vzájomný pomer prvkov

	Ficberg				Breziny				Banská Štiavnica			
	1	2	3	1a	2a	3a	4a	1b	2b	3b	4b	
V.1000/+3	3,64	0,81	1,49	2,27	1,53	1,39	0,66	13,12	9,00	9,57	2,25	
V.1000/Mg	2,55	9,52	2,56	2,24	3,33	9,91	4,62	5,64	11,80	8,96	17,67	
Sc.1000/Fe+2	0,16	2,88	22,85	0,25	0,76	3,82	5,51	—	—	—	—	
Y.1000/Fe+2	0,91	17,56	370,00	1,35	2,70	26,76	47,93	—	—	—	—	
Ba.100/K	3,22	221,66	119,75	3,16	5,12	5,62	5,13	1,28	1,54	1,41	0,98	
Ba.100/Ca	1,20	42,33	5,63	0,79	1,72	5,49	3,62	0,92	1,12	3,55	1,62	
Si/Al	3,19	1,45	1,40	2,85	2,87	2,78	2,96	2,64	2,54	2,40	2,90	
Ti/Al	0,02	0,05	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	
Ca/Al	0,58	0,07	0,06	0,52	0,40	0,18	0,20	0,31	0,24	0,09	0,17	
K/Al	0,21	0,01	—	0,13	0,13	0,18	0,14	0,22	0,17	0,23	0,29	
Mg/Al	0,32	0,05	0,13	0,21	0,16	0,14	0,14	0,18	0,09	0,12	0,07	
Mg/Fe+2	0,64	0,56	8,52	0,52	0,68	1,86	4,17	0,58	0,55	0,26	0,03	
Mg/Ca	0,56	0,70	2,41	0,41	0,40	0,74	0,71	0,60	0,39	1,30	0,42	
Na/Ca	0,28	0,15	0,02	0,27	0,38	0,48	0,44	0,30	0,34	0,34	0,12	
Na + K/Al	0,38	0,02	—	0,27	0,29	0,27	0,22	0,31	0,25	0,26	0,31	
Na + K/Ca	0,65	0,35	0,07	0,52	0,72	1,46	1,14	1,01	1,07	2,84	1,78	
Fe+3/Fe+2	0,44	6,41	14,85	0,51	1,50	8,04	20,51	0,25	0,72	0,22	15,96	

v ňom vertikálnej zónalnosti ako aj charakter základných hornín, aby sme mohli správne posúdiť charakter anomálií so zvýšeným, resp. zníženým obsahom sledovaných prvkov.

Lektoroval: dr. K. Karolus, CSc
Doručené: 25. 8. 1969

Geologický ústav Dionýza Štúra

Literatúra.

- Ahrens L. H., 1963: Lognormal — type distribution in igneous rocks. *Geochim. et cosmochim. Acta* 27.
- Ahrens L. H., 1963: Element distribution in igneous rocks — IV. Negative skewness of SiO_2 and K. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 27.
- Butler I. R., 1953: The geochemistry and mineralogy of rock weathering. The Lizard area, Cornwall. *Geochim. et Cosmochim. Acta* 4.
- Forgáč J., 1966: Petrografia a geochémia premenených hornín v štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode. Zborník geol. vied, Západné Karpaty, zväzok 5, Bratislava.
- Forgáč J., 1967: Die entfärbung der Gesteine und deren zerfall in Erzrevier von Banská Štiavnica. *Geol. práce. Zprávy* 42, Bratislava.
- Forgáč J. — Dvonč V. — Gerthofferová H., 1968: Vybielovanie a rozpad andezitov v laboratórnych podmienkach. *Geol. Práce, Zprávy* 46, Bratislava.
- Ginzburg I. I. — Kabanova E. E. 1960: Soderžanje kremnezema v prirodnykh vodach i formy ego prisutstviya. *Kora vyvetrivaniya*, vyp. 3, Moskva.
- Ginzburg I. I., 1963: Typy drevnich kor vyvetrivaniya, vyp. 6, Moskva.
- Perelman A. I. — Batulin S. G., 1962: Migratsionnye rjady elementov v kore vyvetrivaniya vyp. 4., Moskva.
- Vinogradov A. P., 1967: *Geochimija redkych i rassejannykh chimičeskych elementov v počvach.* Moskva.

Some Features of Geochemism of Weathering Andesites

JOZEF FORGÁČ

Resumé

The study of geochemism of weathering andesites was carried out on three considerably distant localities of Central Slovakia. On two of them (Ficberg, Breziny) weathering of compact pyroxene andesites was followed. On the locality of Banská Štiavnica weathering of chloritized pyroxene andesite with pyrite was studied. The process was analyzed from the view of the changing chemism of rocks and of dependence between macroelements and microelements, with respect to petrographical — mineralogical alterations on the process of weathering. (Fig. 1–3).

The alterations in chemism of rocks are illustrated on the profiles of weathering (Fig. 1–3) and dependence of elements with growing intensity in rock alterations on graphs (Fig. 4–21). The alterations in chemical and mineralogical composition of rocks indicate that greatest migration of elements took place at complete desintegration of rocks in the stage of desintegration of rocks i. e. of coefficient of lyeing was greatest then.

Owing to that, at penetrating of the solutions through the rocks, the pH of the solutions were changed, and zonality occurred in wastes over non-weathered rocks. In the first two localities the pH of the solutions increased with depth; on the locality Banská Štiavnica it is vice versa with the intensity of weathering.