

DISKUSIA

Návrh na novú tektonickú nomenklatúru základných tektonických elementov Západných Karpát

MICHAL MAHEL

Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Doručené 6. 7. 1983

Предложение на новую тектоническую номенклатуру основных тектонических элементов Западных Карпат

В работе дана категоризация тектонических элементов и предложение на терминологию.

Proposal of the new tectonic nomenclature of basic tectonic elements in the West Carpathians

The paper gives categorization of tectonic elements together with proposals for new terminology.

Vplyv nových myšlienkových prúdov známych ako nová globálna tektonika vedie aj k hľadaniu užších väzieb Západných Karpát so segmentmi alpíd, a teda aj k hľadaniu a nadväznosti ich tektonických jednotiek. Aj v našej literatúre sa objavili viaceré vývojové aj štruktúrne modely prenesené z iných segmentov, hlavne z Álp, a s nimi aj nové názvy základných pásiem a tektonických jednotiek.

Používajú sa také názvy, ako sú severopenninské a južnopenninské, spodnoaustroalpínske, strednoaustroalpínske príkrovy, ba dokonca aj ligurské jednotky (Leško — Varga, 1980). Ďalšiu skupinu tvoria názvy prenesené z rumunských Karpát, a

to moldavidy a dacidy (Sandulescu, 1975; Sandulescu in Debelmas et al., 1980).

Vznikla otázka, ktoré z uvedených termínov sú vhodné, v akom súlade je to so vžitými termínmi, ako je tatrikum, veporikum, gemerikum, ale aj krížňanský príkrov, chočský príkrov, magurský príkrov a pod.

Správnou odpoveď na takúto otázku možno dať iba po uvedení si postavenia Západných Karpát v alpínskom systéme a genetických aj štruktúrnych vzťahov k tým klasickým elementom, ktorých názvy sa k nám prenášajú. Ale to samo osebe nestačí; je nevyhnutné tektonické elementy kategorizovať, aby sa na jednu

úroveň kládli len rovnocenné elementy.

Západné Karpaty ako súčasť alpínskeho systému majú predovšetkým s Východnými Alpami, Apusenskými vrchmi a Východnými Karpatmi, ako aj s ďalšími segmentmi alpíd rovnaký vývinový trend, ale sú hlavne s týmito susednými segmentmi aj niektorými geotektonickými zónami pospájané. Ako každý segment alpíd majú rad osobitostí, nevynímajúc ani priebeh istých geotektonických zón vo viacerých segmentoch. Medzi osobitosti patria hlavne tektonické jednotky. Prikladom spájajúcich pásiem je napr. flyšové pásmo, spoločné pre Východné Alpy, Západné Karpaty aj Východné Karpaty. Ale po dĺžke mení nielen svoj obsah, ale aj štruktúrne členenie. Flyšová geosynklinála bola zrejme odlišne členená a vykazovala aj niektoré osobitosti vývoja v jednotlivých úsekoch. V duchu princípov novej globálnej tektoniky sú to hlavne oceanické, sčasti paraoceanické trogy, ktoré majú výraznejšiu priebehovosť. Takým je penninikum, ale v samotných Alpách je príkladom značných zmien po dĺžke. Preto aj keď predpokladáme jeho pokračovanie v Západných Karpatoch, nehovoríme o južnom penniniku či o piemontskej jednotke, ale o váhiku s takým charakteristickým elementom, akým je klapský príkrov, a s takým výrazným štruktúrnym sprievodom, ako je bradlové pásmo (Maheľ, 1981).

O nadväznosti medzi podstatnou časťou centrálno-karpatských a oberostalpínskych elementov vo Východných Alpách rovnako niet pochyb, a predsa sú známe rozdielne názory na väzby tektonických jednotiek, ale dokonca aj elementov vyššieho radu základných pásiem. Napr. tatrikum značná časť geológov donedávna považovala za špecifikum Západných Karpát pre jeho morfoštruktúrne a štruktúrne osobitosti, ale dnes sa náhľady postupne zjednocujú a ide podľa nich o pokračovanie „Unterost-

alpinu“, aj keď veľmi osobitného v každom segmente. Najviac spoločných znakov majú jednotky vrchného oberostalpinu s gemerikom (Andrusov, 1968; Tollmann, 1969). Aj tu je však odlišný nielen súbor tektonických jednotiek, ale aj ich postavenie a vnútorná stavba. Stačí poukázať na to, že drobová zóna (Grauwackenzone) v Alpách, blízka našej megaantiklinále Volovca, je súčasťou pripovrchových príkrovov Oberostalpinu, v Západných Karpatoch ich zázemím a navyše je vystužená rozsiahlym granitoidným masívom (Maheľ, 1983). Naopak, funkciu podstavca pripovrchových príkrovov miesto drobovej zóny zastupuje v Západných Karpatoch mohutná melafýrová séria, v Alpách bezvýznamná. Alebo vezmime taký krížňanský príkrov a jemu v Alpách analogický frankenfelský príkrov. Každý z nich má iné postavenie, ale aj genetické vzťahy. Krížňanský príkrov je genetickou súčasťou veporika, ktoré je analogické mittelostalpinu. Frankenfelský príkrov je naopak súčasťou oberostalpinu (Maheľ, 1964, 1983; Prey, 197).

Rozdiely, ktoré sú medzi štruktúrnymi elementmi Východných Alp a Západných Karpát, vedú napokon k tomu, že aj keď sa vzťahy nestrácajú zo zreteľa, používa sa vlastná nomenklatúra. Veď aj v alpskej literatúre sa pre Východné Alpy udomácnili také termíny, ako je Unterostalpin, Mittelostalpin a Oberostalpin (Tollmann, 1964, 1978); pre západnejšiu časť, kde majú tieto elementy podstatne jednoduchšiu stavbu a menší rozsah, sa používajú termíny: spodný a vrchný austroalpín (Trümpy, 1980).

Zavádzanie jedných či druhých názvov do karpatskej literatúry v čase, keď sa poznanie odlišností z roka na rok prehĺbuje, je anachronizmom. Lenže nejde iba o formálnu stránku. Takýto prístup, spätý s negáciou odlišností vývoja aj osobitosti stavby, nesie so sebou také chyby, ako je zaradenie predmezozoických komplexov

veporika aj gemerika do penninika, s ktorým nemajú nič spoločného (Leško — Varga, 1979). To zapríčiňuje, že sa v záujme jednotnosti západokarpatského modelu so západoalpiským dávajú na rovnakú úroveň elementy s odlišným postavením v štruktúrnom pláne, ale aj s odlišným súborom facií či tektonogrup, prosto elementy odlišného významu.

Lenže prístup, pri ktorom vedľa zreteľov jednotnosti vývojového trendu i geosynklinálneho systému zohľadňujeme významné odlišnosti, nedovoľuje nám ani prijať pre čs. flyšové Karpaty pomenovanie moldavidy.

Flyšové pásmo Východných Karpát, aj keď je nepochybne pokračovaním zo Západných Karpát, má vlastný súbor tektonických jednotiek, zložený zo skupiny vonkajších neoalpínskych jednotiek (od severu na juh: marginálna jednotka, Tarcau, Curbicortical, Audia) označovaných ako moldavidy (Sandulescu, 1975). Ale súčasťou flyšového pásma je aj južnejšie rozložená skupina (paleoalpínskych — mezoalpínskych) jednotiek — príkrov „čierneho flyšu“, Ceahlau, Baraolt. Aj tie buduje hlavne flyš staršieho štádia flyšovej geosynklinály — titónsko-spodnokriedový predflyš a flyš. M. Sandulescu (in Debelmas et al., 1980) túto časť flyšového pásma označuje už ako vonkajšie dacidy. V Západných Karpatoch analogické súbory facií — tektonogrupy, aké budujú vonkajšie dacidy, predstavujú spodnú štruktúru etáž neoalpínskych jednotiek, vekom blízkych moldavidám. Navyše pre Západné Karpaty je charakteristický predovšetkým magurský príkrov, rozložený vo Východných Karpatoch v pásme vnútorných jednotiek. Vývoj jednotnej flyšovej geosynklinály v jej západnom (západokarpatskom) úseku prebieha odlišne ako vo východokarpatskom úseku, kde boli jednotlivé štádiá rozložené vedľa seba; polarita bola výraznejšia. Aj časový prie-

beh vrásnenia, tvorcu tektonických jednotiek medzi západokarpatským a východokarpatským úsekom flyšového pásma, bol odlišný. Preto termín moldavidy nemôžeme akceptovať. Ale pre flyšové pásma, ale aj pre ďalšie pásma sa žiada adekvátne pomenovanie. Zrejme dnes v štruktúrnotektonickej terminológii s morfoštruktúrnymi termínmi nevystačíme, ako je flyšové a bradlové pásmo. Popri nich sa žiadajú štruktúrnogenetické termíny. Osobitne akútne je to pri bradlovom pásme, ktoré je súborom geneticky odlišných jednotiek. A ešte menej vhodný je termín vnútorné dacidy (Sandulescu, 1975; Sandulescu in Debelmas et al., 1980) pre centrálné Karpaty, ktorý vyplýva síce z rovnakého paleoalpínskeho veku vrásnenia, bez priameho prepojenia so severnými Apusenskými vrchmi (Sandulescu, 1975; Bleahu, 1976). Vychádza sa pritom z istých analógií v stavbe bihorského masívu a tatrika (sú hrubé) a zo znakov analogickej stavby medzi chočsko-gemerickým systémom a Codru — Arieșani — Dieva. Lenže už jura má celkom iný vývoj aj iný podiel v stavbe obidvoch segmentov. Predpokladáme, že už v jure medzi segmentom Apusenských vrchov a Západných Karpát existoval priečny rozmedzujúci element, azda predchodca szolnockého trogu, ktorý ich oddeľoval. Najvýraznejší rozdiel medzi severnými Apusenskými vrchmi a Západnými Karpatmi je vo vrchnej kriede a v paleogéne. Severné Apusenské vrchy naprieč pretína prelom s depresiami gosavského typu so sprievodom banatitov. Pre Západné Karpaty sú charakteristické včasné lineárne depresie, tylový prehyb neskorotektonického centrálno-karpatského — podhôrneho flyšu, takého, ako v rumunských Karpatoch sprevádza východokarpatské kryštalinicko-mezozoické pásmo. Ono predovšetkým vytvára kulisovite rozložené predĺženie centrálnych Karpát, a nie Apusenské vrchy (Maheľ, 1973).

Štruktúrne členenie Západných Karpát

Už z uvedeného vychodí, že viaceré nejasnosti v terminológii vyplynuli z toho, že sa nepoužívajú genetické názvy pre všetky štruktúrne elementy. Osobitne potrebným sa to ukazuje pri zostavovaní novej syntézy Západných Karpát. Ale nevyhnutným predpokladom je vykonanie kategorizácie štruktúrnych elementov. Tá sa síce ujíma, ale dosť spontánne. To, že jej niet, spôsobuje, že sa do jednej kategórie zaraďuje celok aj jeho časť, napr. veporikum a fatrikum (= križňanský príkrov v jeho klasickej forme).

Za prirodzené kategórie v alpidách považujeme: 1. suprapásma či geotektonické zóny, 2. základné pásma, 3. kmeňové jednotky (príkrovy), 4. čiastkové jednotky (príkrovy).

a) Suprapásma sú najvyššou kategóriou elementov v morfoštruktúrnom aj štruktúrnom pláne. Vo vývoji predstavujú jeden typ geosynklinály a vzhľadom na uplatnenie sa polaritu reprezentujú istú etapu vývoja karpatského systému.

Donedávna sa ako také pokladali vonkajšie a vnútorné Karpaty, ale ostatné desaťročia ukázali, že ku Karpatom treba počítať aj Bukové hory, s výraznými osobitosťami vývoja aj stavby územia už od rožňavskej línie na J. Preto Západné Karpaty členíme (Maheľ, 1975) na vonkajšie, centrálné a vnútorné Karpaty. Pomaly sa pre tieto superpásma začína udomáňovať v termínoch prípona -idy (napr. bükkidy). Preto navrhujeme nasledujúce názvy:

vonkajšie Karpaty — polonidy
centrálné Karpaty — slovakidy
vnútorné Karpaty — panonidy

b) Druhou kategóriou sú základné pásma, také ako je tatrikum, veporikum, gemerikum, ustálené historickým vývojom. Prípona -ikum sa zdá pri nich priliehavá (Andrusov, 1968).

Analogicky prichodí pomenovať aj jednotlivé pásma vonkajších Karpát.

Vo vonkajších Karpatoch — polonidách sú dávno známe tieto významné genetické pásma:

— Flyšové pásmo beskydikum: názov je nielen priliehavý, lež aj historický, používal ho už V. Uhlig.

— Pre klasické jednotky bradlového pásma zavádzame názov oravikum, a to namiesto pieninského pásma či pieninika, ktoré príliš pripomína penninikum, ba sa s ním neraz aj zamieňa. Pritom pieninské pásmo je analógom iba malej, strednej časti penninika, navyše sa k nemu priradzovali flyšové komplexy, ktoré sa dnes zaraďujú do váhika.

— Váhikum je nový názov (Maheľ, 1981) pre klapský príkrov a vrchnokriedové aj paleogénne flyše pribradlovej zóny včítane starších predstrednokriedových elementov vývinom blízkych južnému penniniku prekrytých príkrovmi tatrika.

Pre čelnú predhlbeň špecifickú svojím vývinom navrhujeme pomenovanie palavikum.

Vo vnútorných Karpatoch — panonidách prichodí vyčleniť prinajmenej tri základné pásma:

slanikum — na S od kryštalinika vrchov Upony a Szendrő (Maheľ, 1982),

bükkikum — pásmo Bukových hôr,

hungaricum — pásmo Mesceku a Vilany.

Každé zo základných pásiem má osobitosti v obsahu, vývoji, v prejavoch deformácie a štruktúrneho plánu, teda aj svojský typ príkrovov, tektonických jednotiek. Pritom štruktúrne elementy tohože základného pásma sú geneticky späté, spravidla na seba nadväzujú a vytvárajú jednotný prirodzený celok s charakteristickými osobitosťami.

c) Tretou kategóriou sú kmeňové tektonické jednotky, príkrovy celokarpat-

ského významu s výraznými obsahovými aj štruktúrnymi znakmi. Vďaka charakteristickým znakom počítame medzi ne klasické západokarpatské príkrovy, niektoré vyčlenené už v prvom období nástupu príkrovovej teórie. Takými sú (aj keď sa názvy menili): chočský, križňanský, magurský, sliezsky a podslezský príkrov. Medzi takéto príkrovy patrí aj spišský príkrov, ktorý predpokladal už V. Limanowski. Zahŕňa čiastkové príkrovy: besnícky, muránsky, strážovský a vyššie subtatranské. Do tejto skupiny treba zahrnúť aj sústavu príkrovových šupín tatrika a soklové príkrovy — krakľovský a kráľovo-hoľský.

Každý z týchto príkrovov má vo svojom obsahu súbor facií — tektonogrupy, ktoré naznačujú jeho paleotektonické postavenie v alpínskej geosynklinále a aj štruktúrne vykazujú svoje znaky; má celokarpatský význam. Napr. chočský príkrov vykazuje mocný trias severoobertalpínskeho typu, je typom strižného príkrovu pozdĺž celých centrálnych Karpát. Križňanský príkrov má popri karpatskom type triasu výrazné jurské až spodnokriedové členy zväčša trogového typu, ale sprevádzané aj svahovými typmi a je v podstatnej časti vrásovým príkrovom. Magurský príkrov je predovšetkým z mocného paleocénno-eocénneho, sčasti vrchnokriedového flyšu; svojím štýlom vykazuje vzťah k štruktúrnym elementom podložia. Pri centrálno-karpatských pripovrchových príkrovoch poznáme ich nadväznosť na soklové príkrovy, s ktorými spolu vytvárajú jednotku vyššieho radu. Križňanský príkrov teda nemožno stotožňovať s veporikom, je radovo nižší, je jeho súčasťou. Nazývať ho tatrikum (Andrusov — Bystrický — Fusán, 1973) znamená vyradiť ho geneticky z veporika a povýšiť do vyššej kategórie, aká mu nepatrí. Nemožno ho pokladať za reprezentanta tatrika, resp. veporika rovnocenného základného pásma, ani za ultra-

tatrikum (Biely — Fusán in Gangrelidze et al., 1980). To platí aj o chočskom príkrove, nazvanom hronikom, príp. ultraveporikom; je genetickou súčasťou gemerika s koreňovou zónou azda v najsevernejšej gemerickej črmeľskej skupine a šupine hámorských vrstiev.

d) Štvrtou kategóriou sú čiastkové jednotky — príkrovy (resp. časti kmeňového príkrovu), štruktúrne elementy nižšieho radu, charakteristické osobitosťami vývinu a niektorými sekvenciami. Štruktúrne sú samostatné, ale iba v rámci kmeňového príkrovu. Najčastejšie sú to tzv. faciálne čiastkové príkrovy s paleotektonicky odlišnou skupinou členov. Náznorným príkladom sú čiastkové príkrovy — súčasť križňanského príkrovu s jednotným triasom, ktorý tvorí základovú časť príkrovu. Sekvenciou jury a spodnej kriedy sa odlišujú lokálne príkrovy, niektoré viac, iné menej. Takými je vysocký, beliansky príkrov, Ďurčianska šupina, čiastkový príkrov Havrana, ale aj čiastkový príkrov Veľkého boka, hrabkovský príkrov a pod. Rozsah štruktúrnej samostatnosti čiastkových príkrovov je rozličný. Osobitné postavenie má manínsky príkrov, ktorý je v paleoalpínskom pláne čiastkovým elementom križňanského kmeňového príkrovu. Jeho štruktúrna samostatnosť sa zvýraznila za mezoalpínskeho (laramského) vrásnenia. Niektoré čiastkové príkrovy sú výsledkom paleotektonického vývoja, a tým aj odlišností súboru facií (faciálne príkrovy), ďalšie vyplývajú z rozdielov vývoja v jednotlivých úsekoch, a tým zo zmien v laterálnom smere (podslezský príkrov), iné zase zo zmien naprieč geosynklinál (sliezsky a magurský príkrov; Maheľ, 1982).

Koncepcia, ktorá sa zvyčajne spája s menom D. Andrusova — jej upravovateľa, modernizátora, ale aj tvrdého kodifikátora, mala racionálny základ už na začiatku tohto storočia v koncepcii V. Uhliga a upravovateľa M. Lugeona a V. Limanov-

ského. Rad jej základných „kameňov“ zostáva „neotrasiteľný“, vcelku však, a to aj zásluhou nových poznatkov a prístupov, sa vyžaduje prestavba celej koncepcie a s ňou aj nomenklatúry.

Koncepcia sa nerodí zo dňa na deň, a to platí aj o nomenklatúre. Tu predkladáme na posúdenie nomenklatúru a v zápatí aj novú koncepciu vývoja a stavby Západných Karpát vo vedomí potreby, ba nevyhnutnosti dopracovať ju, príp. upraviť a doplniť, ale v presvedčení, že stará koncepcia je už dávnejšie priúzka, ba v mnohom smere vylučujúca „vtelenie“ nových poznatkov, a hlavne neplodná, neschopná dávať nové podnety výskumu, už dávno neplní mobilizačnú funkciu vlastnú každej progresívnej koncepcii.

LITERATÚRA

- Andrusov, D. 1968: Grundriss der Tektonik der nördlichen Karpaten. *Bratislava, VSAV. 118 S.*
- Andrusov, D. — Bystrický, J. — Fúszán, O. 1973: Outline of the structure of West Carpathians. *Xth Congres Carpathian-Balkan Association. Bratislava, GÜDS, 44 p.*
- Bleachu, M. 1976: Structural position of the Apuseni mountains in the Alpine system. *Rev. roum. Géol. Géophys. Géogr., Sér. Géol., t. 20 n° 1, pp. 7—19.*
- Debelmas, J. — Oberhauser, R. — Sandulescu, M. — Trümpy, R., 1980: L'arc alpine-carpathique; Geologie des chaines alpines issues de la Thethys. *BRGM, Paris, p. 86—96.*
- Leško, B. — Varga I. 1980: Alpine elements in the West Carpathians structure and their significance. *Mineralia slov., 12, pp. 97—130.*
- Maheľ, M. 1975: Postavenie gemerika. *Mineralia slov., 3, 7, s. 33—52.*
- Maheľ, M. 1981: Penninikum v Západných Karpatoch z pohľadu globálnej tektoniky. *Mineralia slov., 13, s. 289—306.*
- Maheľ, M. 1982: Prikrovy a členitosť kôry v Západných Karpatoch. *Mineralia slov., 14, s. 1—40.*
- Maheľ, M. 1983: Beziehung Westkarpaten-Ostalpen, Position des Übergangs-abschnittes-Deviner Karpaten. *Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava), 34, 2, S. 131—149.*
- Sandulescu, M. 1975: Essai de synthese structurale des Carpathes. *Bull. Soc. Géol. France, 17, p. 299—358.*
- Tollmann, A. 1963: Ostalpen-Synthese. *Wien. 226 S.*
- Tollmann, A. 1969: Die tektonische Gliederung des Alpen-Karpaten-Bogens. *Geologie (Wien), 18, 10, S. 1131—1155.*
- Trümpy, R. et al. 1980: An outline of the geology of Switherland. *Basel — New York.*

Proposal for tectonic nomenclature

MICHAL MAHEL

As natural categories in the Alpides we consider:

1. suprazones or geotectonic zones
2. fundamental zones
3. primary units (nappes)
4. subordinate units (nappes).

1. The suprazones or geotectonic zones are characterized by a particular morphostructural and structural plan; each represents a different type of geosyncline, a different stage of development of the Carpathian system. In the West Carpathians are there such suprazones: outer, central and inner,

also designated as the Outer, Central and Inner Carpathians. The ending —ides is used for them, analogically as the Moldavides, Dacides in the East Carpathians. It would be suitable to give similar names also to the West Carpathian suprazones, therefore we propose:

for the Outer Carpathians — Polonides,
for the Central Carpathians — Slovakides,
for the Inner Carpathians — Panonides.

2. The fundamental zones display every particularities of content, development, manifestations of deformation and the struc-

tural plan and thus also a particular type of nappes, tectonic units. The structural elements of the same fundamental zone are genetically linked, usually connected with one another and form a homogeneous natural whole with characteristic particularities.

For this category the terms with the ending — cum are established. An example are: the Tatricum, Veporicum and Gemicum in the Central Carpathians — the Slovakides. We propose to distinguish for the Outer Carpathians-Polonides:

Beskydicum — Flysch Belt of the West Carpathians, Oravicum* — classical units of the Klippen Belt, Váhicum.

For the Inner Carpathians two fundamental zones may be distinguished:

Slanicum — north of the Upony and Szendrő crystalline complex (M. Maheľ 1982),

Bükkicum — zone of the Bukové vrchy mountains.

Hungaricum — zone of Mecsek and Vilány.

3. Primary tectonic units — nappes are of throughout West Carpathian importance, display distinct content and structural features. They are mostly the classical units, nappes, the Choč, Križna, Magura, Silesian, Subsilesian, also Spiš nappes (including the

Besnik, Muraň, Drienok, Strážov and other higher Subtatric nappes). To the fundamental units also two groups of the Tatricum nappes and basement nappes in the Veporicum: the Krakľová, Kráľová hora nappes and the Volovec unit in the Gemicum belong.

4. Subordinate units-nappes are parts of the primary nappes. Structurally they are elements of lower order, characterized by particularities of development and structure. Most often they are so called facial subordinate nappes, with a paleotectonically different group of members. A clear example are subordinate nappes in the frame of the Križna nappe with different developments of the Jurassic and Lower Cretaceous: the Vysoká, Belá nappes, Ďurčiná slice, Havran nappe, also Veľký Bok nappe. The degree of structural independence of individual subordinate nappes is various. A whole series of subordinate nappes or nappe slices is in the Tatricum. Of particular position is the Manín nappe in the Palealpine plan, a subordinate element of the Križna primary nappe. Its structural independence was stressed in the time of the Mesoalpine (Laramide) folding.

The structural distinctness of the Tešín subordinate nappe is a result of the Late Styrian overthrust, with which the lower "étage" of the primary Silesian Early Styrian nappe was getting independent.

Translated by J. Pevný

* The name Pieninicum resembles too much the Penninicum, of which it is a subordinate part only.

AKTUALITA

Chapmanit z Pezinka

STANISLAV POLÁK

Chapmanite from Pezinok (SW Slovakia)

Strikingly green coatings and crusts, found during the drive of mining works on the antimony-arsenic-gold prospect of the Pezinok-Kolársky vrch area about 50–60 m below the surface, have been identified as chapmanite using X-ray diffraction and chemical analytical data. It is supposed that chapmanite is the hypergenous product of the lower portion of the oxidation zone.