

ÚJABB IRÁNYZATOK AZ ÜLEDÉKES KÖZETEK RENDSZEREZÉSÉBEN

(Elnöki megnyitó)

SZÁDECZKY ELEMÉR

A magyar földtani tudomány feladatainak jelentős megnövekedése következtében Társulatunk életének is alapvetően változnia kell. Szervezési kérdések tömegével terhelt jelenünkre tekintettel most, amikor az egy évre vállalt elnökségem ideje lejárt, néhány tapasztalatot és ezzel kapcsolatos kérést szeretnék előadni, azzal a céllal, hogy a következő tisztikar munkáját könnyítsem és Társulatunk fejlődését elősegítsem.

A mostani évad megindításakor egyik fontos szervezési kérdésünk az volt, hogyan szolgálja a megnövekedett feladatokat a Társulat lehetőleg anélkül, hogy a jelenlegi legfeszítettebb időszakban aktívaink alkotó munkaidejét túlságosan rövidítenénk az ülések szaporításával. Tekintetbe kellett venni, hogy a földtani előadások száma az Akadémia rendezvényeivel is megnövekedett.

A megoldást oly módon igyekeztünk elősegíteni, hogy az előadások és hozzászólások idejének korlátozását határoztuk el. Az előadások, ill. viták színvonalának emelésére pedig bevezettük az előre felkért hozzászólások rendszerét, ami tagjaink minél nagyobb számának aktíválását is hivatva volt elősegíteni.

Az új rendszer ebben a kezdeti formában még nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Ezért főleg a vezetőséget terheli a felelősség, hiszen ez elsősorban szervezési kérdés. Erről a főtitkári beszámoló részletesebben megemlékezik.

Azonban mindez a szükséges eredményességgel jó szervezés mellett sem valósítható meg tagjaink építő hozzájárulása nélkül. Mindenekelőtt köztudattá kell válnia, hogy az előadások, hozzászólások időkorlátozása a szocialista együttműködés érdekében mindenkire érvényes, másutt sokszor még sokkal élesebb formában bevezetett eljárás, és soha nem személyes érdek, ill. a dolgozat értékének lekicsinylése. Az időkorlátozás az előadás kárvallása nélkül, sőt színvonalának érdekességének és hatályosságának növelésével könnyen elérhető a stílus tömörítésével, a lényeg kiemelésével és táblázatos adatfelsorolások előadásbeli elhagyásával.

Ugyanez vonatkozik a hozzászólásokra is, amelyek keretében többször estünk abba a hibába, hogy az nem a kérdés új szempont szerinti megvilágítása, és nem építő kritika, hanem például a tárgyjal kevésbé összefüggő újabb adatok száraz felsorolása vagy a szerzők eredményeinek megismétlése volt.

Ezzel áll szoros kapcsolatban kiadványaink kérdése is. A Földtani Közlöny eddigi terjedelme feladataink számára és munkatársaink számának és aktivitásának megnövekedése következtében kétségtelenül szűk lett. Igen nagyjelentőségű ezzel kapcsolatban az Akadémia magyaryelvű földtani közleményeinek és világnyelvű Acta Geologica-jának megindulása. De emellett feltétlenül szükséges a Földtani Közlöny terjedelmének fokozatos emelése, rovatainak átrendezése, újakkal kiegészí-

tése, sőt egy a geológus-technikusaink és bányász-kartársaink fejlesztését biztosító külön ismeretterjesztő folyóirat megindítása is. Ezek eléréséhez a szükséges első lépéseket megtettük. De itt közgyűlésünkön is tudatosítanunk kell, hogy a földtani folyóiratok jelentékeny fejlesztésére innámár múlthatatlanul szükség van. A Földtani Intézet nagyobb kiadványai (Geologica Hungarica, Földtani Intézet Evkönyve stb.) ügyének megoldása — lehetőleg ugyancsak az Akadémiával való együttműködésben — szintén halaszthatatlanná vált.

Kiadványaink tényleges fejlődésének ügye elsősorban ismét mindegyikünk munkájának, és nem egyedül csak a szervezésnek lehet az eredménye. Ezúttal is elsősorban a tömörség, az előadásmód kérdését kell megemlítenünk. Társulatunk minden működő tagja előtt világosnak kell lennie, hogy egész más fogalmazást és részletezést kíván az olyan dolgozat, melyet hazai szaktársak számáira írunk, hazai kutatás részleteredményeiről, elsősorban vagy kizárólag magyarul, ahol tehát a további munkálatokra tekintettel a megfelelő részletezéstől nem tekinthetünk el; és ismét más fogalmazást, a helyi részletek elhagyását kívánja az olyan tanulmány, amely a magyar földtani tudomány főeredményeit a külföld felé is bemutatni kívánó Acta Geologica számára készül. El kell érniünk, hogy ezeket a megkülönböztetéseket mindenki maga végezze el, és ha az egyik-másik esetben nem sikerülne teljesen, úgy a szerkesztőség általi tömörítéseket a cikk érdekében végzett tényleges segítségként méltányoljuk.

Tisztelt Közgyűlés!

Több ízben szó volt a Társulat előtt is a földtani tudományok roppant fejlődéséről, amelyet leginkább a kristály-kémiai és geokémiai szemlélet fejlődése okozott. Ezek új szemléletű tárgyalási módja mindinkább megvilágosítja az ásvány-kőzet képződési kérdéseket és széles távlatokat nyit különböző tudományágaink között.

Ennek jegyében igényesebb témát választottam, ami üledékes kőzetekben bővelkedő viszonyaink miatt különösképp vonatkozásban van a hazai korszerű földtani feladatokkal: az üledékes-kőzetek genetikai kapcsolatainak kérdését.

Múlt évi elnöki megnyitómiban szólottam az elemeknek, ill. ionoknak kőzetképződésre döntő saját tényezőiről: a vegyértékről és az atomok, ill. ionok nagyságáról, rádiuszáról. Igyekeztem bemutatni, hogy mind a magmás kristályosodás, mind az üledékes kőzetképződés idő- és térbeli egymásutánját elsősorban az ionok vegyértékével és méreteivel kapcsolatos értékek határozzák meg.

Most a kérdés másik oldalát szeretném megvilágítani: a külső tényezőket, amelyek a különböző ionok egymásra hatását szabják meg. A külső tényezők egyrészt kémiaiak (nagy általánosítással a koncentráció, vagyis az oldott anyag mennyisége a vízben), másrészt fizikaiak (a nyomás és a hőmérséklet). A nyomás és hőmérséklet lényegesen csak a Föld egészét tekintve változik, tehát főleg csak a belső geoszférák egymástól való megkülönböztetésében jelentkezik főként. Az üledékes-kőzetek keletkezésének felszíni övében a nyomás és hőmérséklet viszonylag kevésbé változik, ezért itt elsősorban a kémiai tényezőket kell tekintetbe vennünk.

A vegyi tényezőket a régebbi fizikai-kémiai szemlélet egyszerűen a koncentráció fogalmával fejezte ki.

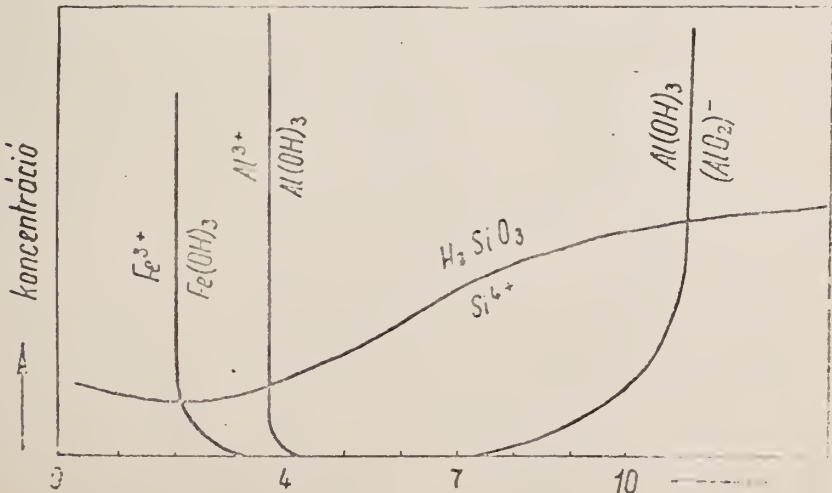
A koncentrációt, ill. a különböző elegyrészek oldhatóságát már csaknem egy százada az üledékes-kőzetek bizonyos csoportjaira döntő tényezőként ismerték. Az üledékes-kőzetek csoportosítása és e csoportok szokásos sorrendje: 1. durva üledékek, 2. agyagos-bauxitos, 3. karbonátos és 4. precipitációs-kőzetek sorozata nagyjából a növekvő oldhatóságot fejezi ki. A kutatók az akkori fizikai-kémiai szemlélet alapján az oldhatóság törvényeinek megismerésével remélték magasabb szintűzéshez jutni az üledékes-kőzetek rendszerezésében is, de az oldhatóságot egymagában, ill.

mindössze a nyomás és hőmérséklet függvényében vizsgálták. Az ilyen vizsgálat annál jogosultabbnak látszott, mert az analog olvadékonyság a magmás kristályosodási folyamatok főtenyezőjének bizonyult. Ez irányzatnak a jellemző megnyilvánulásai a van't Hoff-féle sóvizsgálatok, valamint számos ú. n. fizikai-kémiai ásvány-, ill. kőzettan voltak.

Ez a szemlélet azonban az üledékes-kőzetek esetében zsákutcát jelentett, mert az oldhatóság — eltérően a vele összehasonlított olvadékonyságtól — döntően nem az üledékek képződésén belüli nyomás- és hőmérsékletváltozásoktól, hanem az ionoknak akkor részben még nem ismert belső saját tényezőitől; t. i. a vegyértéken kívül az ionrádiustól függ. Ezért az oldhatóság alapján álló szemlélet csak a legújabb időkben adott és adhatott szintetikus eredményt az ionpotenciál fogalmának bevezetésével. Ily módon az üledékes-kőzetek régi ösztönös beosztása szigorú tudományos megalapozást nyert. (Földtani Közöny, LXXXI, (1951), 358—360. l.)

Az oldhatóság, ill. most már pontosabban az ionpotenciál alapján történő beosztás azonban így is csak az üledékes-kőzetek főcsoportjainak rendszerezését jelenti, de nem ad közelebbi képet az üledékes-kőzetek egymáshoz való viszonyának számos finomabb részletéről. Nem világítja meg az agyag és bauxit, valamint a foszfátos, mangános, vasas, glaukonitos csoportok egymáshoz való kapcsolatát. Általában a nehezen oldható, uralkodóan kémiai jellegű üledékeket homályban hagyja.

Az ionpotenciális szemlélet u. i. nem veszi tekintetbe az éppen a nehezebben oldható ionok esetében mindinkább döntő hatásúnak megismert savanyúságot, ill. lúgosságot, vagyis a pH-t. Az utolsó évek szakirodalmának egy részében azonban már előtérbe lépett a hidrogénion-koncentráció alapján való értelmezés. Ily módon főleg az Al- és Si-üledékeinek: az agyagoknak és bauxitoknak viszonyait sikerült többé-kevésbé tisztázni, vagyis azoknak a kőzeteknek képződését, amelyek jellemző elemeinek vegyértéke nem változik. A szemléletre jellemzőként bemutatjuk az Al- és Si-ferri-ionok oldhatósági viszonyait a pH-függvényében ábrázoló diagramot (1. ábra). Ezen az alapon az agyagos- és bauxitos-üledékek genetikai rendszerezéséhez magyar kartársunk Gedeon T. járult hozzá, amikor rámutatott, hogy a kovasavas fehéragyag 2—3 pH közt, veresagyag, terra rossa és nyirok 3—5,5 pH közt, a laterit és bauxitos-agyag 5,5—7 pH közt, a bauxit pedig 7—9 pH közt lehet-kezik leginkább.



1. ábra.

A nehezen oldható ionok egy nagy csoportjában azonban ennek a második tényezőnek, a pH-nak tekintetbevétele sem vezetett kielégítő eredményhez. Megvilágítatlanul maradtak elsősorban azok az üledékek, amelyeknek főelemei változó vegyértékűek: így a vasas-, a mangános-, foszfátos-közetek. A már említett két tényezőn, az ionkoncentráción és a pH-értéken kívül u. i. egy harmadik döntő kémiai tényezője is van az üledékképződésnek: a redoxpotenciál. Főleg szovjet kutatók érdeme, hogy ezt felismerték és alkalmazását megkezdték az üledékes-közetek rendszerezésében. E tényező számszerű értékelése és értelmezése azonban nehezebb volt az előbbi kettőnél. Ez ugyanis feltűnőbben csak mint az oxigén jelenlétének vagy hiányának hatása érzékelhető. Ily alakban Potonié H. félszázados vizsgálatai óta szerepe van az organikus-üledékek rendszerezésében, nevezetesen a humolit és szaprolit elkülönítésében. A H_2S-O -határ közelebbi meghatározása lehetővé tette a tágabb értelemben vett szaprolittól a jüttja-közetek elkülönítését. A rhangelszkij és iskolája vizsgálataiból pedig kiderült, hogy a H_2S-O -határ kérdésének döntő szerepe van a kőolaj anyakközetek egyrészének képződésében is (euxin fácies).

Mindebben azonban még nem szerepelt az oxidációs-redukciós folyamatok lényegének felismerése és számszerű kifejezése és így az üledékes-közetek egészére nem volt kiterjeszhető.

Először Scserbinának sikerült a redoxpotenciál számszerű értékének felhasználásával az oxidációs-redukciós folyamatokat rendszertanilag az összes hipergén, azaz exogén ásványtársulásokra kiértékelni, beleértve az üledékes-közeteket is. (Ezt a dolgozatot 1939-ben Ferszman mutatta be a moszkvai akadémián.) A redoxpotenciált durván úgy lehet meghatározni, hogy ez a növekvő oxidációs-képesség mérteke. Minél nagyobb a redoxpotenciál, annál erősebb az oxigén és egyéb oxidáló anyagok hatása és ezért annál nagyobb vegyértékű alakban jelennek meg a változó vegyértékű elemek az ásványokban.

Ilyen alapon Scserbina a következő fácieseket különítette el:

1. ferrovas fácies, amelyben elméletileg a változó vegyértékűek kisebb vegyértékű alakjai (Ti^3 és Ti^4 , V^3 és V^4 , Cr^3 , Mo^3 és Mo^6 , Mn^2 , Co^2 , Ni^2 , U^4 és U^6 és Pb^2 -ionokat tartalmazó ásványok) lehetnek jelen. Itt mai ismereteink szerint a vonatkozó redoxpotenciál kisebb, mint 0,6 V.

2. Ferro-ferri-fácies, amelyben csak olyan ionok lehetnek jelen, amelyeket a ferrovas nem redukál vagy a ferrivas nem oxidál. Ezért egyrészt az Mn^4 , V^5 , Cr^6 , Pb^4 , Ni^3 , másrészt a Ti^3 , U^4 hiányoznak. A redoxpotenciál mintegy itt 0,7—0,8 V körül van.

3. Ferrivas-fácies, amelyben csak olyan ionok lehetnek, amelyeket a Fe^3 nem oxidál. A redoxpotenciál itt 1 V körül van.

4. Kromát-vanadát fácies, kromittal, valamint molibdátokkal (wulfenit). Ezek redoxpotenciálja 1,2—1,3 V körül van.

5. Nagy vegyértékű oxidok fáciese 1,35 V-os redoxpotenciál felett, Pb^4 -el (plattnerit) és Co^3 -mal (stainierit). Ebben a fáciesben nem lehet jelen többé Mn^2 , Cr^3 , V^4 .

6. A speciális nitrát-fácies ugyancsak nagy, talán még az előbbi fáciesnél is nagyobb redoxpotenciállal, a nitrátásványokon kívül jodát-, kromát-, szelenát-ionokat tartalmazó ritka ásványokkal.

A következő évben Pusztovajlov már az üledékes-közetekre nézve ezen az alapon egy közelebbi rendszertani beosztást is alkotott. Így a tengeri üledékeket a következőképpen osztotta be a növekvő redoxpotenciál alapján:

1. kőhidrogénes fácies, a szabad O teljes hiányával és ezért a szulfidoknak és szerves anyagoknak nagy szerepével, 2. sziderites, 3. samozitos, 4. glaukonitos, 5. foszforitos, 6. oxidációs, 7. ultraoxidációs fáciesek.

Hasonlókép a kontinentális üledékek Pusztovalov által megkülönböztetett geokémiai fáciesekben is egyeseket pl. a kőszén-fáciest oxigénhiány jellemez, másokat a szabad oxigén feleslege, pl. a vasoxidos üledékes érceket, valamint a laterit fáciesét.

Ezek a kezdeményezések jelentékeny hatást váltottak ki. Ez azzal áll kapcsolatban, hogy a redoxpotenciál bevezetésével az üledékes kőzetképződés és külső kémiai tényezőirek megismerése feltételezhetően lényegileg teljessé vált, vagyis további kémiai főtenyező kimutatása már nem várható. Ebből érthető, hogy amikor az első két tényező: az ionkoncentráció, majd félszázad múlva a hidrogénionkoncentráció vizsgálatát az üledékes-kőzetek esetében is bevezették, az nem keltett olyan általános visszhangot, mint amikor harmadik döntő tényezőként a redoxpotenciált felismerték. Az első két tényező elégtelensége ugyanis bizonyos idegenkedést váltott ki ezek általánosabb alkalmazásával szemben a kutatók többsége előtt. A harmadik tényező bevezetésével azonban nyilvánvalóvá vált, hogy a főtenyezők ismerete teljes, és így eljött az üledékes-kőzetek kielégítő rendszerezésének az ideje.

Fontos kérdés, hogy milyen viszonyban áll e három kémiai főtenyező egymással. A következőkben Charlot vizsgálatai alapján igyekszem megvilágítani, hogy a három tényező egyetlen magasabb egységet képvisel, nevezetesen az oldatokban lehetséges különböző részecskék mindegyikének csereviszonyát fejezi ki:

1. Az oldatok oxidációs, ill. redukációs erejét mérő redoxpotenciál u. i. olyan tolyamatokat határoz meg, amelyeket elektroncsere jellemez.

2. Az oldatoknak savanyúságát, ill. lúgosságát mérő pH olyan változásokat határoz meg, amelyeket a protoncsere, vagyis a hidrogénkation (H^+) cseréje jellemez.

3. Minden más ion, ill. poláris-molekula mennyisége, ill. koncentrációja pedig az egyéb ioncserékkel jellemezhető.

Ezt az összefüggést könnyű megérteni, ha szemügyre vesszük a következő példákat, ill. egyenleteket:

1. Elektroncsere pl.	$Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$	reducens \rightleftharpoons oxidáns + elektron	Mérőszám redoxpotenciál
2. Protoncsere* pl.	$HCl \rightleftharpoons Cl^- + H^+$	sav \rightleftharpoons bázis + proton	pH
3. Ioncsere pl.	$NaNO_3 \rightleftharpoons NO_3^- + Na^+$	adó komplexum \rightleftharpoons veendő + leadott ion	koncentráció ill. aktivitás

Mindhárom esetben a tömeghatás törvénye érvényes, amelyekben a különböző részecskék koncentrációja, ill. pontosabban az aktivitás a döntő. Az aktivitást (a) megkapjuk a koncentrációnak (k) az aktivitási együtthatóval (f) való szorzásából:

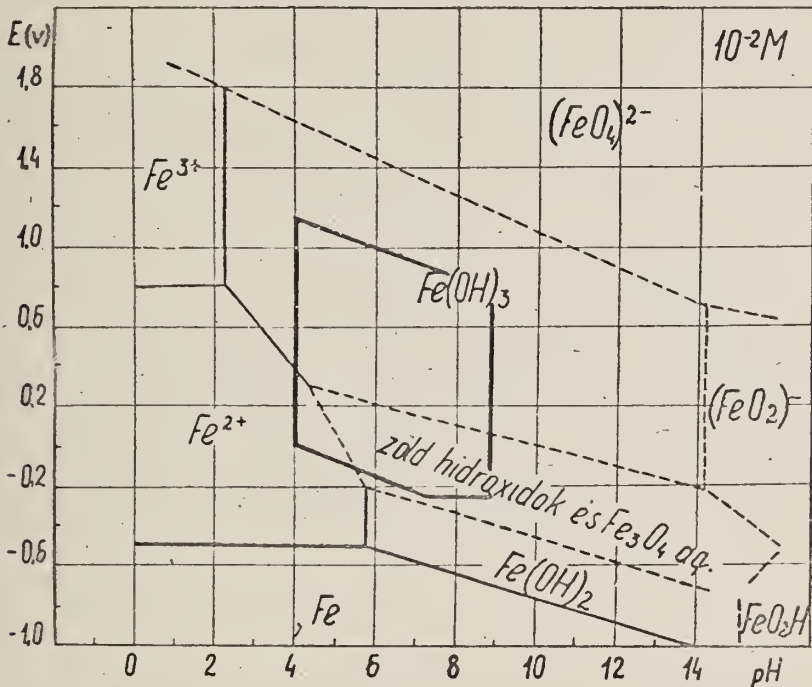
$$a = k \cdot f$$

Az együttható többek közt a vegyértéktől, vagyis töltésszámtól is függ, és igen híg oldatoknál az együttható az egység felé tendál, tehát csak igen kis koncentrációban lehet a koncentrációt az aktivitással feleltetni.

Charlot az elemek nagy részére meghatározta az egyensúlyi viszonyokat a pH és az E (redoxpotenciál) függvényében. Diagramjai közül a vas és a mangán adatait bemutatjuk (2. és 3. ábra). Összehasonlítva az egyszerű pH-diagrammal, látható, hogy milyen nagy a fejlődés az elemek geokémiai viselkedésének megítélésében az új diagramm alapján. Az egyszerű pH-diagramm (1. ábra) azt mutatja meg, hogy az oldott ferri-ion pH 2.2 táján kezd kicsapódni a közönséges vörösrzúd

* Brönsted értelmezése szerint a savak a protonok leadására, a bázisok a proton felvételére alkalmasak.

$Fe(OH)_3$ -csapadék alakjában. Az új diagrammon ez is leolvasható, de emellett látható, hogy pH 14 táján a vashidroxid újból oldatba kerül komplex ferrit-anionként: $(Fe^3+O_2)^-$. Látható továbbá, hogy a (fehérszínű) $Fe(OH)_2$ -csapadék pH 5,8 táján kezd kiválni, de csak kis redoxpotenciálnál. Nagyobb redoxpotenciálnál, pl. levegőn a zöld, ill. fekete ferro-ferri-hidroxiddá, majd a már említett vörös ferri-hidroxiddá alakul át. Még nagyobb, de a természetben kivételes redoxpotenciálnál ferrátion, vagyis a 6-értékű vas komplex anionja $(FeO_4)^{2-}$ keletkezhetik, így a vas újból oldatba kerül. De azt is látjuk a diagrammból, hogy a savanyú közegben oldott ferri-ion 0,78 volt normálpotenciálnál alakul át ferro-ionná, ez pedig még kisebb redoxpotenciálnál, $-0,44$ V-nál csapódik ki színvasként. Mindez 10^{-2} mol-koncentrációra érvényes: az értékek természetesen a koncentrációtól is függnék.

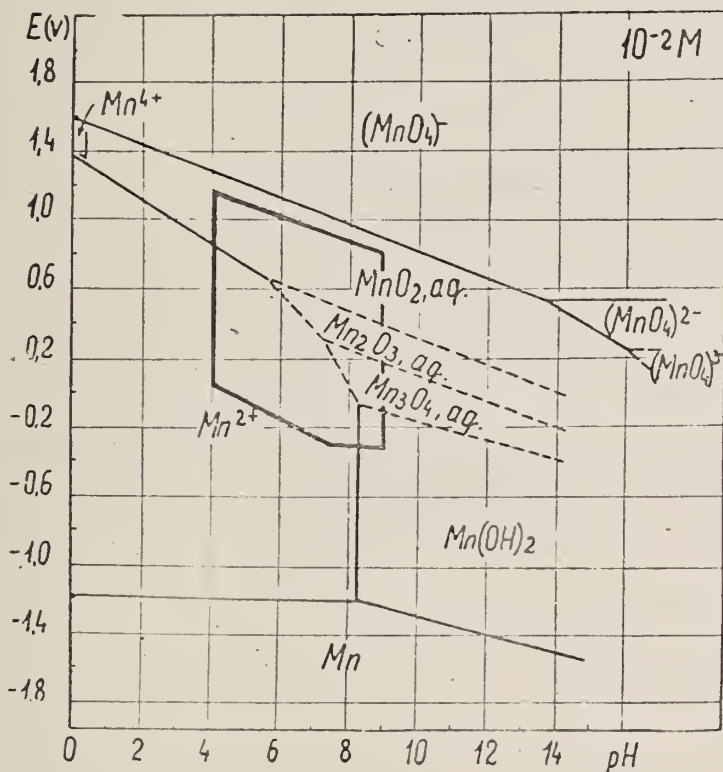


2. ábra.

Hasonló viszonyok jelentkeznek a mangánnál, sőt a többi változó vegyértékű fémek elemnél is. Ha Mn -t összehasonlítjuk a Fe -mal, úgy a két diagrammi összehasonlításából kiderül, hogy nagy redoxpotenciálnál, vagyis levegő jelenlétében a mangán válik ki könnyebben és pedig szilárd MnO_2 alakjában, míg a vas ilyenkor főleg vashidroxid alakjában jelentkezik, ami azonban esetleg kolloid oldatban maradhat. Viszont levegő hiányában, azaz kis redoxpotenciálnál fordítva, inkább a vas válik ki, t. i. a ferro, ill. ferro-ferri-hidroxid csapadék alakjában, míg a mangán ilyenkor többnyire mangano-ionként oldatban marad (3. ábra).

Általában a hidroxid csapadékok képződése kizárólag a pH-tól függ, vagyis a diagrammokban ezek határai függőlegesek. U. i. csak a pH-tól a hidrogénion-koncentrációtól függ azoknak az ionoknak, ill. vegyületeknek a képződése, amelyek a hidrogénnel, ill. hidroxiddal erős gyököket alkotnak. Az anionok közül ilyenek pl. a $(CO_3)^{2-}$, $(PO_4)^{3-}$, továbbá az OH^- .

Változó vegyértékű oldott, egyszerű fémes ionok állapota viszont kizárólag a redoxpotenciáltól függ, azaz határai vízszintesek. Az összes többi mezők határai mindkét tényezőtől függenek és pedig a redoxpotenciál csökkenésével a pH növekedik (jobbra lefelé haladó egyenesek képviselik a határokat). Ez azt jelenti, hogy a vegyérték nemcsak a redoxpotenciál növekedésével, hanem a pH növekedésével, vagyis a lúgosabbá válással is nő. Így pl. az oldott mangano-ion már egyszerű pH növekedésével 4-vegyértékű mangánvegyületté válhat és így MnO_2 alakjában kicsapódik. Ezért van az, hogy a bakonyi mangánércnek esetében is a „karszthatás”, vagyis a leraké oldatnak a mészkő oldódásával kapcsolatos lúgosodása azonnal a Mn kicsapódásához vezet.

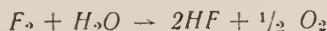


3. ábra.

Végül a változatlan vegyértékű OH^- -val, ili H^- -nel erős gyököket nem alkotó elemek mindkét tényezőtől függetlenül: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , Br^- , I^- . Ezekre tehát ilyen diagrammok szerkesztésének nincs értelme. Ezek egyszerűen könnyen oldódó vegyületekként jelennek meg az üledékekben.

E diagrammokban ábrázolt nagy hidrogénionkoncentráció és redoxpotenciál kiterjedést csak a laboratóriumból ismerjük. A természetben rendszerint csak kisebb változatosság jelentkezik és ezt a tartományt a vízi üledékek viszonyaira a vastag vonallal körülhatárolt terület ábrázolja, a svájci M. Blumer 1950. évi vizsgálata szerint. Vizes oldatban, vagyis az üledékek többsége esetében szélsőséges redoxpotenciál azért nem lehetségesek, mert a víz oxidáns és redukens is. A víz jelenlétében a legerősebb oxidálószer az oxigén, mert a víz minden ennél erősebb oxi-

dáló anyagot oxigén-képződés közben redukál. Így pl. a fluor nem életképes víz jelenlétében, mert HF -é redukálódik és oxigéngáz válik szabaddá:



A sivatagi nitrát-fácies igen nagy redoxpotenciálját is oxigén hozza létre. A vizes oldatban tehát a redoxpotenciál felső határát az $O_2/2O^{2-}$ egyensúlyi egyenés adja meg. (Ezt ábrázolja a 2. és 3. ábrában a felső ferde vastag egyenes.)

Az alsó határt az olyan vizes oldatokban, amelyekben teljesen hiányzik az O_2 , a hidrogén-rendszer potenciálja határozná meg, mert az ennél erősebben redukáló anyagokat a víz H -ionjai eloxidálják. Azonban gyakorlatilag a szabad hidrogén nem marad meg a természetben egyrészt, mert kevésbé oldható és könnyen párolog, másrészt, mert kevésbé oxidálódik. A hidrogén nem stabilis az olyan szerves vegyületek jelenlétében sem, amelyek még nincsenek szénhidrogénné redukálva. Ezért gyakorlatilag a redoxpotenciál alsó határát a természetes vizes oldatokban nem a hidrogén-rendszer, hanem Blumer szerint többnyire a kén-szulfidos rendszere (S/S^{2-}) határozza meg. Ezek mennyisége u. i. a természetben meglehetősen nagy. (Ezt ábrázolja az alsó vastag vonal a 2. és 3. ábrában.)

A természetes vizes oldatokban szélsőséges pH-értékek sem lehetségesek, mert a nedves klímában csaknem állandónak tekinthető karbonátos-rendszer ezeket kiegyenlíti. A pH gyakorlati alsó határa a vizes oldatban 4 körül van (2. és 3. ábra baloldali vastag vonal): a CO_2 -vel telített oldat savanyúsága azért nem szállhat lényegesen pH 4 alá, mert ez esetben a $CaCO_3$ oldódik és ez a pH-t megnöveli, visszatolja. A felső határ viszont kb. 8,5 pH-nál van, mert ha tovább lúgosítanánk az oldatot, vagyis további OH^- -t adunk hozzá, úgy a hidrokarbonát-ion karbonáttionná alakul és megkezdődik a $CaCO_3$ kiválása.

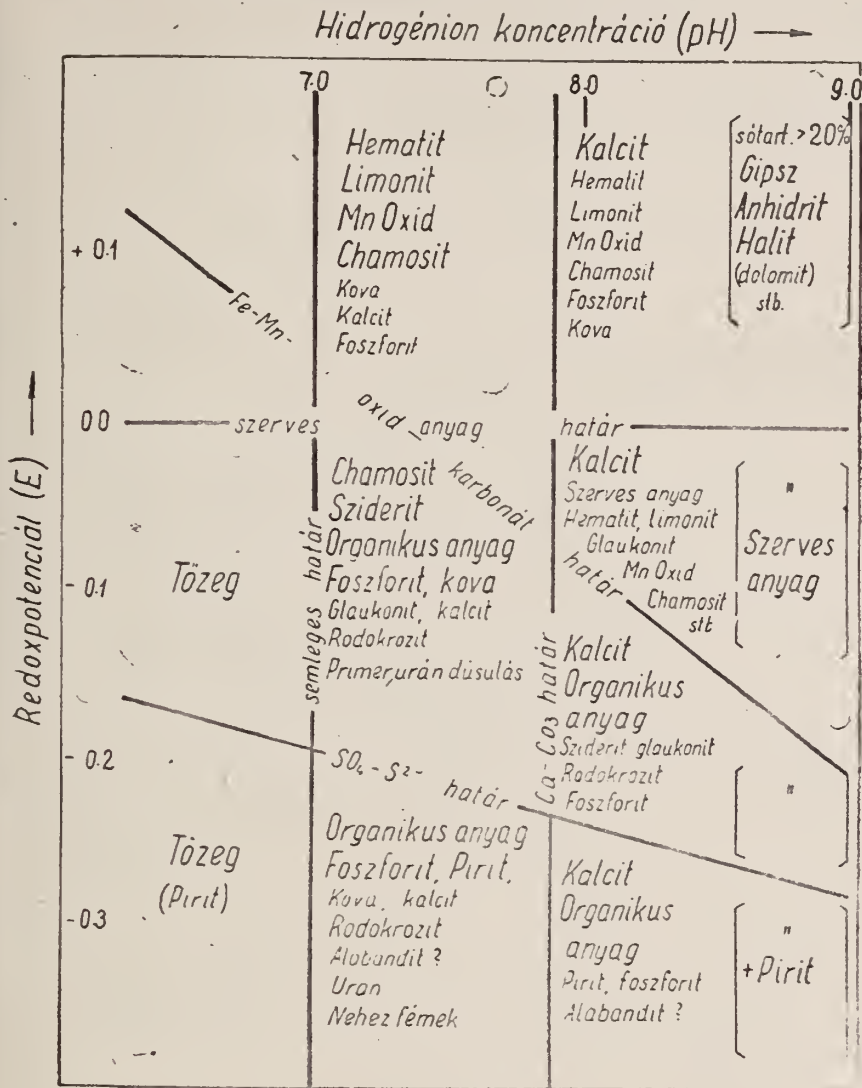
Különleges esetben pl. a sivatagokban azonban szélsőségesebb pH-értékek is jelentkezhetnek, pl. a pirit jelenlétében kénsav hatására vagy a gyorsan bepárolgó és így karbonát által nem semlegesíthető lúgos oldatok hatására. Az oldat lúgosabbá válásával azután a nagy redoxpotenciálok területére kerülhetünk és így rendkívüli vegyértékek is jelentkezhetnek.

Talán ily módon keletkezhetett a már említett különleges nitrát-fácies, amelyet S c s e r b i n a a legnagyobb vegyértékek fácieseként emelt ki.

A jelen évben többek közt Krumbein és Garrels megkísérelték a legfontosabb — tágabb értelemben vett kémiai — üledékes-közetek képződésének pH- és E-értékeit közelebbről is körülhatárolni. Eredményeiket a 4. diagram szemlélteti. Hangsúlyozták, hogy bármilyen változatosak is a mészkő (kalcit) természetbeni keletkezésének körülményei, akár szerves, akár szervetlen, akár pedig törmelekes eredetről van szó, minden esetben a kalcit-képződés nagymértékben függ a pH-tól, de független a redoxpotenciáltól. Kalcit savanyú közegben nem keletkezik és nem is rakódhat le; nagyobb mennyiségben csak viszonylag lúgos közegben, pH 8 felett képződik. Ily módon a diagram jobb szélére kerül a mészkő területe.

Hasonló körülmények közt keletkezik a foszforit, de ez rendszerint bőséges kalcit-képződés mellett önálló kőzetet nem alkothat. Krumbein és Garrels feltételezik tehát — és itt meg kell jegyeznünk: kevésbé meggyőző érveléssel —, hogy a foszfát-üledékek valamivel kisebb pH-nál keletkeznek. A foszfát területet így a kalcit területtől balra, de azaz párhuzamosan jelölik.

Másrészt kiszámították a hematit-sziderit-pirit-képződés fizikai-kémiai határait. Ily módon megkapták a vasoxid, a vaskarbonát és a vasszulfid területét. Ezt a mangán megfelelő vegyületeire is hozzávetőlegesen kiterjeszhetőnek tekintik.



4. ábra.

A szerves üledékképződés felső határaként a nulla-redoxpotenciál...
 ételezik fel. A semleges pH 7 határt pedig az önálló tözegképződés...
 eszik.

Mindenesetre még durva megfontolások ezek, azonban hozzávetőleges képet
 dhatnak az üledékképződés elméletének fejlődéséről.

Lényeges, hogy az ilyen módon nyert üledékes kőzetképződési területet meg-
 ehetősen függetlenek a tengervíz hőmérsékletétől, nyomástól, azaz a mélységtől,
 t a víz összetételétől is.

Mindezeket a folyamatokat nagymértékben elősegítik és irányítják a szerves
 folyamatok is, anélkül, hogy a pH- és E-értékekre vonatkozó...
 yességét befolyásolnák.

Ma már megadhatók a legfontosabb földtani kifejlődések (fáciesek) savanyúság és redoxpotenciál értékei is:

	pH	E (redoxpotenciál)
Nyílttengeri fácies	7,5—8,5	0,0— + 0,2
Euxin és rokon fáciesek	6,8—8,2	—0,3—0,0
Evaporit fácies	8,0—9,0	0,0— + 0,1
Mocsári fácies	igen széles	kissebb mint 0,0

A diagenézis és epigenézis alkalmával az anaerob baktériumok hatására kénhidrogén keletkezik és ezáltal a redoxpotenciál csökken, a savanyúsági érték azonban rendszerint kevésbé változik. Legkisebb diagenetikus hatás tehát az euxin és a mocsári fáciesek esetében várható, ahol a redoxpotenciál már amúgy is csekély. Viszont legnagyobb lehet a diagenetikus hatás a nyílttengeri kifejlődés esetében, különös akkor, ha gyors neritikus anyagfelhalmozódás következtében az üledék szerves anyagot is tartalmaz és így diagenetikus redukciós folyamatok valóban végbe-mehetnek. A diagenetikus kénhidrogén képződése némileg csökkenti a pH-t is, és ezáltal a kalcit esetleg instabilissá válhat, a vasszilikátokból pedig piritképződés közben kovasav szabadulhat fel. Mindez elősegítheti egyrészt a kovasodás folyamata-t, másrészt a kalcit instabilissá válásával a dolomitot is.

Ezzel szemben a felszíni mállás a redoxpotenciált növeli. Mínt hogy azonban úgy a diagenetikus, mint a mállási hatások kizorítás-jellegű ásványátalakulásokat idéznek elő, a legtöbb esetben remélhető, hogy az eredeti ásványos összetétel is megállapítható és így a lerakódás körülményeinek közelebbi fizikai-kémiai tényezői az üledékes-kőzet ásványi összetételéből is meghatározhatók.

Íme: kialakulóban van az üledékes-kőzetek képződésének igen határozott ismerete, ami e kőzetek földtani szemléletét és kutatását új, konkrét és pontos alapokra helyezi. Ugyancsak kialakulóban van a magmás és metamorf kőzetképződés tartományainak meghatározása, amivel már magam is más alkalommal foglalkoztam. Messzire vezetne, ha e két tartománycsoportot összehasonlítani akarnók. De általánosságként máris elmondhatjuk, hogy a magmás- és metamorf-kőzetek a jóval kisebb redoxpotenciálok területén, vagyis diagrammjaink mélyebb részén helyezkednek el. Az üledékképződés lényegét geokémiailag az endogén kőzetképződéssel szemben túlnyomóan, ha nem is minden esetben, az oxigéntartalom átlagának és a redoxpotenciálnak növekedésében jelölhetjük meg.

Az üledékes-kőzetek O-tartalmának növekedését végeredményben az atmoszféra növekvő O-tartalma eredményezi. Ezt a levegőbeli szabad oxigént Verneadskij-nak ma már számtalan módon megerősített felismerése szerint a szerves életműködés hozta létre, oly módon, hogy az asszimilált szerves-anyag egyrésze nem bomlott el széndioxiddá és vízzé, hanem kőszénben és kőolajban megkötődött. A Föld egészét tekintve, tehát az O-tartalom a mélyből részben tartósan a felszínre migrál, olyképen, hogy az eredetileg a Föld mélyén kis koncentrációban volt oxigén a magmás- és metamorf-folyamatok által a földtani idők folyamán mindinkább nagy koncentrációt ér el a levegőben és az üledékes-kőzetek egy nagy részében. Végző elemzésben az egész földtani fejlődést — a szerves, és szervesen világban egyaránt — geokémiailag-elsősorban a redoxpotenciálnak a földtani idők folyamán történő fokozatos növekedése jellemzi. Jelenleg a földövek elkülönülésének ez a legfontosabb módja.