

Papp Sándor

BIOGEOKÉMIA
körfolyamatok a természetben

PAPP SÁNDOR

BIOGEOKÉMIA

Körfolyamatok a természetben

Veszprémi Egyetemi Kiadó
Veszprém, 2002

© Copyright Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2002

Megjelent elektronikus formátumban! A mű részének vagy egészének reprodukálása az elektronikus formátum másolása, sokszorosítása a kiadó előzetes írásbeli engedélye nélkül tilos!

A dokumentum eredeti internet címe:

http://vek3.uranus.vein.hu:4505/www_eng/pdf/biogeokemia/biogeokemia.html

ISBN 963 9495 07 7

Kiadja a Veszprémi Egyetemi Kiadó
8200 Veszprém, Egyetem u. 10. Pf.: 158.
Telefon/fax: 88/422-022/4133
E-mail: kiado@almos.vein.hu
Honlap: <http://www.vein.hu/kiado>
Felelős kiadó: Egyházy Tiborné dr.
Felelős vezető: Golarits Miklós

Készült 24,3 ív A5 terjedelemben

VE 71/2002

TARTALOM

Bevezetés	9
1. A föld, mint reakciótér	11
1.1. Dimenziók, anyag- és energiamérleg	11
1.2. Az atmoszféra	16
1.3. A hidroszféra	23
1.3.1. Édesvizek, sósvizek	29
1.3.2. A természeti vizek állapotának jellemzése	31
1.4. A litoszféra	33
1.4.1. A talaj kémiája	37
1.5. Az ökológiai rendszerek szerkezete és dinamikája	44
2. Anyagáramok és kémiai átalakulás a globális reakciótérben	49
2.1. Transzportfolyamatok és megoszlási egyensúlyok	51
2.1.1. Advektív transzport	52
2.1.2. A Fick-féle transzport	53
2.1.3. Párolgás és kondenzáció	55
2.1.4. Oldási és kristályosodási folyamatok	58
2.1.5. Megoszlás folyadékfázisok között	62
2.1.6. Határfelületi jelenségek	64
2.1.7. Transzportfolyamatok a biológiai rendszerekben	71
2.2. Kémiai reakciók	73
2.2.1. Hidrolízis reakciók	74
2.2.2. Redoxireakciók	87
2.2.3. Fotokémiai reakciók	98
2.2.4. Komplexképződéssel járó reakciók	106
2.2.5. Biokémiai reakciók	118
2.3. Kinetikai megfontolások	125
2.3.1. Reakciósebességek	126
2.3.2. Molekuláris folyamatok	127
2.3.3. Reakciómechanizmus	128
3. Az elemek biogeokémiai körforgása	133
3.1. A szén körforgása	134
3.1.1. A karbónium lelőhelyei	134
3.1.2. Anyagtranszport az egyes rezervoárok között, a körforgás kémiája	140
3.1.3. A karbónium-ciklus modellezése	147
3.1.4. Az emberi tevékenység hatása	148
3.2. A nitrogén körforgása	153
3.2.1. Nitrogénvegyületek a természeti környezetben	153
3.2.2. A nitrogénvegyületek biológiai átalakulása	157
3.2.3. Abiotikus folyamatok a nitrogénciklusban	162

3.2.4 A globális nitrogénkörforgás	168
3.3 A kén körforgása	174
3.3.1 Kénvegyületek a természeti környezetben	175
3.3.2 A kén körforgásának kémiája	178
3.4 A foszfor körforgása	185
3.4.1 Foszforlelőhelyek, részecskefajták	185
3.4.2 Foszforciklusok, a körforgás kémiája	190
3.4.3 A globális foszforciklus	193
3.4.4 Az emberi tevékenység hatása	195
3.5 Az oxigén körforgása	196
3.5.1 Oxigénlelőhelyek, az atmoszféra oxigénháztartása	197
3.6 A fémek környezeti kémiája	199
3.6.1 A cink és a kadmium	202
3.6.2 A higany	206
3.6.3 Az ón és az ólom	210
3.6.4 Az arzén	214
3.6.5 A króm	215
3.6.6 A mangán	216
3.6.7 A vas	218
3.6.8 A réz	221
4. Az emberi tevékenység hatása az elemek biogeokémiai körforgására	225
4.1 A globális éghajlatváltozás	225
4.1.1 Szén-dioxid	228
4.1.2 Metán	229
4.1.3 Dinitrogén-oxid	230
4.1.4 Klór-fluor-szénhidrogének	231
4.2 Savas ülepedés	232
4.2.1 A savas jellemű anyagok forrásai	233
4.2.2 A savas ülepedés környezeti hatása	234
4.3 Ózonképződés és -bomlás a sztratoszférában	236
4.3.1 A katalitikus ciklusokkal versengő reakciók	240
4.3.2 Ózonfogyás a sarkvidékek fölött	242
4.4 Fotokémiai füstköd	244
4.4.1 A szénhidrogének fotokémiai reakciói	245
4.4.2 A nitrogén-oxidok átalakulása és fotokémiai füstköd képződése	248
4.5 Az eutrofizáció	250
4.6 A földi élet és a biogeokémiai körfolyamatok	251
Irodalomjegyzék	255
Tárgymutató	273

Az emberi értelem a természetet – pusztán célszerűségi okokból – fizikára, kémiára, biológiára, geológiára osztja fel, ám figyelemmel kell lennünk arra, hogy a természetnek erről a felosztásról nincs tudomása.

R. FEYNMAN

A természet az általa létrehozott anyagok lebontására ugyanolyan gondot fordít, mint előállításukra. A termelés örömétől elragadtatott ember még nem tart itt.

F. VESTER

BEVEZETÉS

A civilizációs társadalmak működése során a Föld ökológiai rendszereiből – igényeket kielégítendő – nyersanyagokat és energiahordozókat termelünk ki, majd azokba technológiai és fogyasztási hulladékokat juttatunk vissza (anyag- és energiacsere természeti környezetünkkel). A technikai-gazdasági növekedés anyag- és energiaigénye korábban korlátok nélkül kielégíthetőnek látszott, másfelől a termelés, a fogyasztás és a szolgáltatások során keletkező hulladékokat a földi ökológiai rendszerek képesek voltak látható zavarok nélkül befogadni és lebontani.

A vázolt kapcsolatrendszer napjainkban kedvezőtlen változásokat mutat, hiszen a nem megújuló nyersanyag- és energiaforrások végeességét, s a természeti környezet hulladéktűrő képességét illetően bizonyos korlátok egyre határozottabban kirajzolódnak.

Az interdiszciplináris szemlélet szülte tudományterület, a „biogeokémia” arra a kérdésre keresi a választ, hogy az előzőek kapcsán a természeti környezet spontán kémiai folyamatai, a kémiai elemek biogeokémiai körforgása milyen mértékben módosul. Az emberi aktivitás az elmúlt fél évszázadban számos elem biogeokémiai ciklusának jelentős mértékű gyorsítását idézte elő, és új ökológiai kérdéseket fogalmazott meg. Ezen kérdések közül többre a kémia alapvető törvényszerűségeinek ismeretében választ adhatunk. Ám ennek kapcsán figyelemmel kell lennünk arra, hogy a természeti környezetben mint „globális reakciótérben” lejátszódó kémiai folyamatok rendszerint sokkal bonyolultabbak és más dinamikájúak, mint a szokásos kémiai laboratóriumokban vagy a kémiai technológiai rendszerekben célirányosan végrehajtott, anyagátalakulásokkal járó kémiai reakciók. Itt ugyanis olyan reakciókról van szó, amelyek nyitott rendszerben mennek végbe, ahol többnyire nagyon sok reakciópartnerrel kell számolnunk, és amelyekben a kémiai reakciókkal fizikai, geológiai és biológiai folyamatok kapcsolódnak össze. Konkrét vizsgálatok kapcsán elsődleges feladat annak megállapítása, hogy a Föld mint globális rendszer mi módon szeparálható kisebb, kezelhető rendszerekre, és ezeket milyen módon lehet jellemezni. Egyben rendkívül fontos, hogy a kis rendszerek kapcsolatát a naggyal mindenkor szem előtt tartsuk.

A Veszprémi Egyetem Általános és Szervetlen Kémia Tanszékén a „környezeti kémia” c. tárgy előbb a „szervetlen kémia” előadások részeként, majd néhány év múlva önálló tantárgyként vegyész mérnök, később kémiatanár szakos hallgatók számára az 1980-as évek első felétől kezdődően került bevezetésre. A Tanszéken írott, első kiadásban 1983-ban megjelent tankönyv (PAPP SÁNDOR: Szervetlen kémia II. Tankönyvkiadó, Budapest) 4. fejezete e témának több mint száz oldalt szentel. A tudományterület önálló, átfogó bemutatását jelentette az R. KÜMMEL professzossal közösen gondozott, két kiadást megért munka (KÜMMEL, R.; PAPP, S.: Umweltchemie. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 2. Aufl. 1990; magyar kiadás: Tankönyvkiadó, Budapest 1992).

A Veszprémi Egyetemen 1992-ben alapított környezetmérnöki szak ezen tudományterület bemutatása számára új lehetőséget teremtett, amit a környezettan tanári, majd a környezettudományi szak létrehozása tovább bővített. Ezenközben kötelezően választható szaktárgyként az említett szakok hallgatói számára – megszületett a „Biogeokémiai körfolyamatok” c. önálló előadás, s az ennek kapcsán szerzett tapasztalatok lehetővé tették, illetve kikényszerítették a „Biogeokémia – körfolyamatok a természetben” c. könyv megírását.

A munka 1. fejezete a három nagy természeti szféra – atmoszféra, hidroszféra, litoszféra/talaj – rövid jellemzését, a bennük lejátszódó jellegzetes kémiai folyamatok ismertetését tartalmazza; a 2. a természeti környezetben spontán módon bekövetkező transzportfolyamatok fizikai, kémiai és biológiai okaira mutat rá; a 3. a biológiailag esszenciális elemek, illetve a fémek ciklusainak részletes elemzését adja; a 4. pedig arról szól, hogy az emberi aktivitás a kémiai elemek biogeokémiai körforgását mely pontokon, milyen mértékben, illetve következményekkel módosítja. A munka összefoglaló műveket továbbá az egyes fejezetekhez kapcsolódó és eredeti forrás-munkákat tartalmazó irodalomjegyzékkel zárul.

A kötet megszületése kapcsán köszönetemet fejezem ki tanszéki kollégáimnak azért az együttműködésért, amely számomra az elmúlt évtizedekben az oktató-tudományos munkához nélkülözhetetlenül szükséges, kiegyensúlyozott atmoszférát megteremtette. Ezen a helyen is köszönetet mondok Rolf Kümmel professzornak, mindenekelőtt közös könyvünk megírásának lehetőségéért, a szakmai konzultációkért, s a német nyelvű kiadások gondozásáért.

A szöveg és a táblázatok fáradságos munkát igénylő szerkesztéséért Hofstedtterné Jutasi Angelina egykori tanszéki munkatársamat, az ábrák elkészítéséhez nyújtott nélkülözhetetlen segítségéért Fodor Lajos és Vizi Szilárd kollégámat illeti köszönet.

Végül, de nem utolsósorban hálás vagyok családomnak, mindenekelőtt Feleségemnek, hogy sok időt követelő szakmai munkámat nem csak most, hanem négy évtizeden át mély empátiával fogadták.

Remélem, hogy a munka szélesebb körben, a Veszprémi Egyetem falain kívül is érdeklődésre talál. A vele kapcsolatos minden kiegészítést, helyreigazítást köszönettel elfogadok.

Papp Sándor