

Geochemia a životné prostredie

M. Khun, O. Ďurža: Geochemistry and the Environment. Život. Prostr., Vol. 32, No. 6, 314–317, 1998.

Geochemistry is the science studying principles of spatial and temporal distribution of chemical elements in individual geospheres of the Earth and relation of the chemical composition of the Earth to that of universe. In comparison to the other fields of natural science, geochemistry is relatively young and its development very clearly documents origin and development of modern branches of science. In a great deal geochemistry participates in the study and solution of environmental problems. It is interested not only in identification of actual concentrations of biologically important elements in individual components of the environment. It studies also forms of its existence, their movement and velocity of this move-

Geochemia je vedný odbor zaoberajúci sa zákonitosťami rozmiestnenia chemických prvkov v jednotlivých geosférach Zeme, zákonitosťami ich distribúcie v priestore a čase a vzťahom chemizmu Zeme k chemizmu vesmíru. Meno tejto vednej disciplíny dal r. 1838 švajčiarsky chemik, objaviteľ ozónu a vynálezca nitrocelulózy C. F. Schönbein. V porovnaní s ostatnými prírodovednými odbormi je geochemia pomerne mladý odborom a jej vývoj v relatívne krátkom časovom intervale veľmi názorne dokumentuje vznik a rozvoj moderných vedných disciplín.

Geochemia študuje chemické zloženie jednotlivých geosfér Zeme. Súčasne z geochemického aspektu študuje geologické, fyzikálnochemické a biochemické procesy, ktoré v nich alebo medzi nimi prebiehajú a vysvetľuje ich príčiny. Popri látkovom zložení študuje aj príčiny rozptylu a akumulácie jednotlivých chemických prvkov, osvetľuje ich migráciu, pôvod, minerálne nosiče a prírodné zdroje. Táto vedná disciplína je predurčená na riešenie úloh, ktoré vyžadujú komplexné posúdenie a vyhodnotenie javov prírodných i antropogénne podmienených, teda na riešenie problémov životného prostredia. Prírodné prostredie je v rozhodujúcej miere determinované geologickým prostredím a tvorí hmotnú podstatu ostatných subsystémov životného prostredia – technických, ekonomických a sociálnych prvkov (Vrana, 1992).

Geochemický environmentálny výskum je zameraný na zisťovanie priestorového rozmiestnenia obsahov sledovaného súboru chemických prvkov a ich pohybu v danom území, ako aj foriem ich výskytu (rozpus-

nosť, mocenstvo, väzby v prírodnom prostredí, pH prostredia, interakciu prvkov a zlúčenín medzi sebou a s prirodzeným prostredím, ktorá je schopná zosilniť, alebo naopak, zoslabiť pôsobenie jednotlivých prvkov atď.), čo je pre ekologické úvahy mimoriadne dôležité a na čo sa často pri environmentálnych výskumoch zabúda. Napr. Be (berýlium) – jeden z veľmi toxických prvkov. V nerozpustných zlúčeninách je napr. biologicky neškodný, bez ohľadu na jeho celkový obsah. Mocenstvo tiež silne ovplyvňuje biotoxicitu prvku – podstatné rozdiely sú napr. medzi pôsobením dvojmocného a trojmocného železa, šesťmocného a trojmocného chrómu a ďalších polyvalentných prvkov.

Z geochemického hľadiska je životné prostredie a jeho zložky – atmosféra, hydrosféra, oživená vrstva litosféry a biologická hmota – komplexom rôznych foriem chemických látok, ktoré sa v ich rámci, resp. medzi nimi, transformujú a chemicky menia. Chemické zloženie biosféry je výsledkom dlhodobého vývoja chemických interakcií medzi jej živými a neživými súčasťami. Medzi živé zložky biosféry patrí i človek, ktorého aktivity v rastúcej miere ovplyvňuje všetky procesy v nej, vrátane geochemických. Geochemia životného prostredia zahŕňa štúdium prírodných fyzikálnochemických a biochemických vlastností spodnej časti atmosféry (troposféry), hydrosféry a najvrchnejšej časti litosféry a štúdium fyzikálnych, chemických a biochemických prírodných antropogénnych podmienených procesov, ktoré v týchto sférach prebiehajú, teda komplex interakcií v systéme hornina (pôda) – voda – vzduch – život. Vývoj aplikovanej formy geochemie je znázornený na obr. 1.

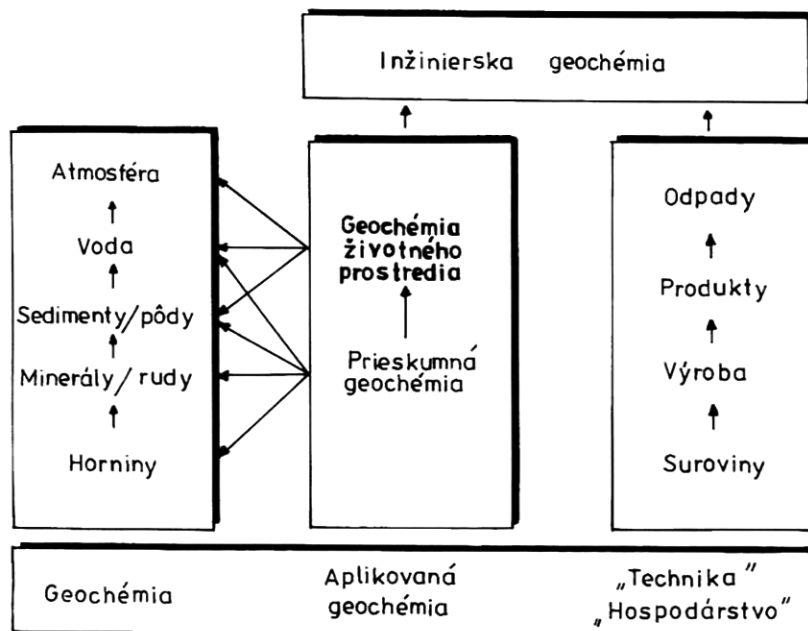
Litosféra a pedosféra

V súvislosti s výskumom životného prostredia má litosféra z geochemického hľadiska význam predovšetkým ako zdroj nerastných surovín, ktorých chemické zloženie má mnohostranný vplyv na ďalšie časti prostredia. Najznámejším príkladom je ťažba uhlia, pri jej spracovaní sa dostáva ročne do atmosféry asi 1017 g CO₂, 1014 g SO₂ a veľké množstvo stopových prvkov vrátane toxických. Ložiská nerastných surovín predstavujú geochemické anomálie, ktoré sa podstatne líšia od priemerného zloženia zemskej kôry. Ťažba takýchto ložísk je významným geochemickým procesom, ktorý je začiatkom migračných pochodov. Pri ťažbe a úprave rúd sa geochemický výskum nezameriava len na stanovenie látkového zloženia a foriem vystupovania chemických prvkov v surovinách, ale využíva i izotopový výskum, ktorým možno odhaliť pôvod niektorých látok podľa zastúpenia izotopov v emisiách a možných zdrojov, teda skúma sa geochemická migrácia toho-ktorého prvku.

Ukladanie tekutých a tuhých odpadov je z geochemického hľadiska rýchlou akumuláciou cudzorodej hmoty v litosfére, ktorá pomaly reaguje s prírodným prostredím. Reakciu obvykle sprostredkúva voda, ktorá rozptyľuje cudzorodé látky do okolia. Geochemia môže jednak definovať rozšírenie znečistenia analýzami prírodných materiálov, najmä vôd a pôd, jednak môže odvodiť, aké geochemické procesy môžu pôsobiť priaznivo i nepriaznivo na rozšírenie znečistenia. V súčasnosti sa geochemia využíva i pri skúmaní vplyvu skládok na kvalitu podzemných vôd.

Geochemický výskum vzniku a degradácie pôd sa zameriava hlavne na objasnenie vplyvu minerálneho a chemického zloženia pôdy, klímy, zloženia a hydrodynamiky vôd a vplyvu poľnohospodárskej činnosti na rýchlosť súčasných a budúcich geochemických procesov. Aj poľnohospodárska drenáž vyžaduje geochemické riešenie. Ide tu o vzťah medzi pôdou a živinami, biomasou a vodou, ktoré sú výrazne podmienené geochemickými parametrami, zložením materských hornín, pH drenážovanej vody a pod.

Výskum, ktorý sa uskutočňuje vo svete od r. 1960, indikuje, že pôdy v mnohých častiach sveta, najmä mestských a priemyselných oblastiach, obsahujú po-



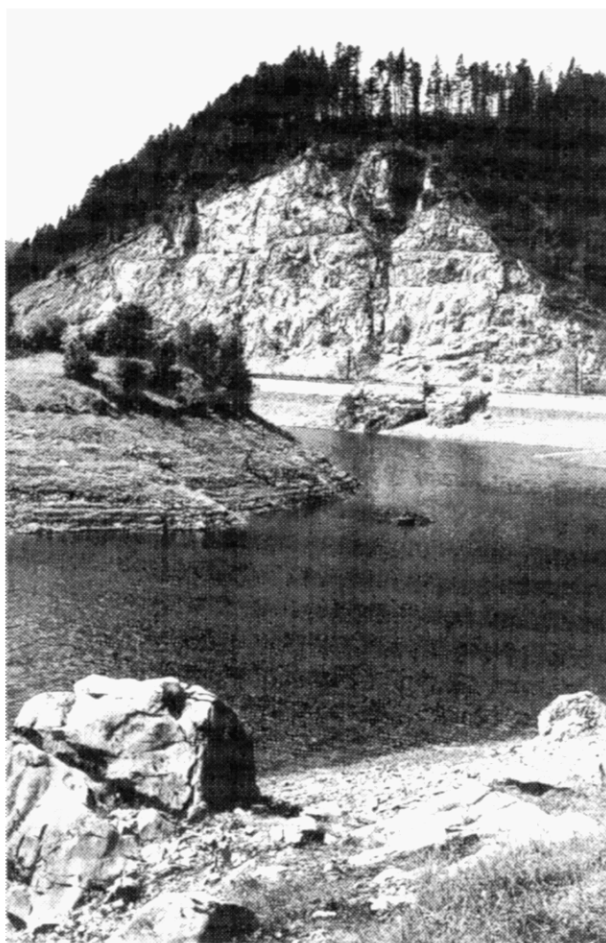
1. Vývoj aplikovanej formy geochemie

merne vysoké koncentrácie ťažkých kovov (Alloway, 1990). Hoci v mnohých prípadoch ich úroveň nie je taká vysoká, aby zapríčinila akútne toxické stavy, zvýšené koncentrácie v potravinovom reťazci môžu spôsobovať významné zdravotné problémy v dlhšom časovom období. Kovy, ktoré sa akumulujú v ľudskom tele (kadmium, ortuť a olovo), sú obzvlášť zaujímavé, vysoké koncentrácie environmentálneho kadmia (Cd), ortuti (Hg) a olova (Pb) spôsobujú otravy až smrť.

Takéto zistenia sú stimuláciou pre súhrnné geochemické štúdium známych alebo podozrivých oblastí znečistenia doplnujúce sledovanie geochemického správania sa ťažkých kovov (najmä ich migráciu, väzby, a tým prístupnosť pre rastliny), ako i zavádzanie nových netradičných metód štúdia ťažkých kovov (Ďurža, Gregor, Antalová, 1993).

Atmosféra

Pod pojmom geochemia atmosféry sa obvyčajne rozumie geochemia jej spodnej, najhustejšej a najťažšej časti – troposféry. Geochemické štúdium tu sleduje celkovú chemickú bilanciu v atmosfére a snaží sa rozpoznať prirodzenú schopnosť atmosféry tlmiť umelé zásahy do jej chemického zloženia. Systematicky sa sledujú stopové prímеси, najmä plynné zlúčeniny uhlíka, síry, dusíka a halogénov. Veľká pozornosť sa venuje at-



mosférickej síre (najmä vo forme SO_2), ktorá je prevažne antropogénneho pôvodu, podobne ako je olovo viazané na atmosférický aerosól z výfukových plynov automobilov. Doteraz je známy škodlivý účinok zmien chemického zloženia atmosféry len v prípade, ak ide o rýchle a intenzívne zvýšenie toxických látok. Skúma sa, či dlhodobé pôsobiace stopové zvýšenia môžu mať na organizmy chronické účinky. Nevyučujú sa genetické poškodenia. Do tohto výskumu sa mohla geochemia zapojiť vďaka rozvoju moderných citlivých analytických metód.

Vyššie vrstvy atmosféry človek zatiaľ nijako významne kontaminovať nemôže. Pretože tieto vrstvy majú význam pri absorpcii slnečného a kozmického žiarenia a majú vplyv na radiačnú bilanciu Zeme, geochemici sledujú prenos chemických látok do stratosféry najmä v súvislosti s úvahami o možnej redukcii ozónovej vrstvy.

Hydrosféra

Hydrosféra sa uplatňuje v životnom prostredí vo forme atmosférických zrážok, povrchových tokov a nádrží, oceánov a podzemných vôd vyvierajúcich na povrchu. Prírodná voda prechádza pri svojom kolobehu všetkými týmito formami a mení svoje fyzikálnochemické vlastnosti. Procesy, ktoré pri týchto zmenách prebiehajú, sú na jednej strane prirodzené, napr. rozpúšťanie, oxidácia a hydrolýza minerálov, adsorpcia na suspenzie ílových materiálov, fotosyntéza, na druhej strane sú to procesy umelé, ako napr. znečisťovanie priemyselnými vodami. Z geochemických dejov podmieňujúcich zloženie hydrosféry v životnom prostredí (Pačes, 1992) je to napr. rozpúšťanie atmosférického CO_2 vo vode, oxidácia sulfidických minerálov, najmä pyritu, zvyšovanie obsahu síranov a pH podzemných vôd, sorpcia kovov z vodného roztoku na povrchy tuhých látok v riekach atď. Aktuálnym problémom, ktorý má geochemickú podstatu, je eutrofizácia jazier a vodných nádrží. Spôsobuje ju zvýšený prínos dusíka a fosforu z poľnohospodársky obrábaných oblastí alebo území, kde boli vyrúbané lesy. Eutrofizácia je v podstate zásobenie vodných nádrží obsahom živín nad žiaducu úroveň, teda narušenie dynamickej rovnováhy. Nadmerná eutrofizácia spôsobuje bujnenie rias a potom ich rozklad, čím sa odčerpáva kyslík potrebný pre vyššie formy života. Ďalším významným faktorom pri charakterizovaní životného prostredia je i štúdium geochemie rádioaktívnych prvkov vo vodách.

Biosféra

Výsledky geochemického výskumu naznačujú, že fyzikálnochemický stav geosféry sa v zásade nezmenil od prvohôr, čo znamená, že chemické zloženie hornín, pôd, morí, kontinentálnych vôd a atmosféry je pravdepodobne dnes rovnaké ako pred asi 570 miliónmi rokov. Táto stabilita, ktorá je pravdepodobne podmienkou vývoja a uchovania života v tej forme, ako ho poznáme, je výsledkom geochemických procesov udržiavajúcich rovnovážne stavy v rôznych častiach biosféry. Veľmi dôležitým parametrom týchto stabilizačných procesov je ich rýchlosť. Tie časti biosféry, kde sú geochemické procesy podmieňujúce vznik určitej látky rýchlejšie ako procesy, ktoré túto látku ničia, označujeme ako zdroje tejto látky. Časti biosféry, kde je rýchlejšia deštrukcia látok než ich vznik, sa potom označujú ako prepady. Človek, ktorý produkuje a zavádza do prostredia mnohé nové látky, je z geochemického hľadiska ich zdrojom.

Zloženie živej i odumretej hmoty organizmov skúma geochemia v súvislosti s interakciami biomasy a prostredia. Chemické zloženie niektorých orgánov rastlín a živočíchov slúži ako bioindikátor kvality životného

prostredia. Chemické zloženie organizmov je do istej miery odrazom vonkajšieho geochemického prostredia. Prijímanie prvkov a látok z prostredia závisí nielen od povahy organizmu, ale mnohokrát najmä od obsahu prvku a celkového charakteru prostredia, t. j. od podmienok v geochemickom prostredí. Toto prostredie nie je rovnorodé, stopové prvky (rovnako ako mikroprvky) sú v rôznych oblastiach rozšírené nerovnomerne. To závisí od geologickej histórie oblasti, od zvláštností chemického zloženia hornín, špecifik pôdotvorného procesu, chemického charakteru vôd. Výsledkom sú potom oblasti, ktoré sa od "normálu" líšia buď zvýšeným, alebo zníženým obsahom niektorého prvku, resp. prvkov. Prírodné prostredie je dnes na väčšej časti zemského povrchu do značnej miery (a v niektorých prípadoch úplne) zatlačené do pozadia. Posledné desaťročia sú charakterizované nástupom prostredia umelého, vytváraného intenzívnou činnosťou človeka, a teda dnešné životné prostredie je príznačné všeobecným narušením geochemickej rovnováhy. Tým sa narušila dlhodobou vytváraná rovnováha prostredia a organizmov a v dôsledku toho i ekologická rovnováha medzi početnými zástupcami fauny a flóry, zahrňujúca i symbiotické vzťahy medzi človekom a parazitujúcou flórou a faunou jeho vnútorného prostredia. Zároveň je však človek i všetky organizmy bez výnimky, stále viac vystavený pôsobeniu nových nebezpečných činiteľov, proti ktorým nikdy nemal primerané obranné látky a nemal ani dostatok času na ich vytvorenie prostredníctvom prirodzených alebo umelých procesov.

Početní autori dokazujú, že pre človeka, rovnako ako pre všetky živé organizmy, má veľký význam určité rozmedzie koncentrácií chemických prvkov v prostredí, tzv. ochranný geochemický tieň. Mnohé výskumy z posledných rokov naznačujú, že charakter geochemického prostredia do istej miery spolurozhoduje o duševnom a fyzickom stave ľudského jedinca už pred jeho narodením. Lekári už dávno zistili, že výskyt rôznych chorôb je v rôznych častiach sveta rozdielny. Spoločnými medicínskymi a geochemickými skúšaniami možno vysvetlíť značné geografické diferencie v rozšírení niektorých chorôb. Mnohé choroby vyvoláva nedostatok alebo nadbytok rôznych stopových prvkov, ako aj komplexné porušenie rovnováhy životného prostredia. Výskumy v tomto smere podnietili vznik nového vedného odboru – lekárskej geochémie. Dokonalé poznanie vzájomných interakcií prostredie – človek – prostredie je základným predpokladom vyriešenia mnohých problémov súčasnej geomedicíny.

Technosféra

Jedným z hlavných smerov geochémie životného prostredia je i geochémia technogénnych procesov

(Mrňa, 1993). Zahŕňa skúmanie ich vplyvu na prírodné prostredie (prevenciu, monitorovanie, asanáciu), geochemickú problematiku zneškodňovanie odpadov a hľadanie ciest ich lepšieho využitia ako druhotných surovín. Takto sa vyvinula z geochémie nová vedná disciplína – inžinierska geochémia (Kersten, Förstner, 1991). Kým konvenčná geochémia životného prostredia skúma prirodzené procesy distribúcie škodlivých látok, inžinierska geochémia využíva tieto procesy na vyvinutie technických koncepcií umožňujúcich obmedziť, resp. úplne zamedziť rozširovaniu škodlivín. Tieto stratégie sú založené väčšinou na fyzikálnych alebo biochemických princípoch.

Úlohou geochémie pri riešení problémov spojených s kvalitou životného prostredia je nielen zisťovať momentálnu koncentráciu biologicky významných látok v rôznych častiach tohto prostredia, ale aj štúdium foriem ich výskytu, ako aj ich pohybu (migrácie) a rýchlosti tohto pohybu v geochemickom kolobehu.

Literatúra

- Alloway, B. J., (eds) 1990: Heavy Metals in Soils. Blackie – Glasgow and London, 339 pp.
- Đurža, O., Gregor, T., Antalová, S., 1993: The Effect of the Heavy Metals Soil Contamination to the Magnetic Susceptibility. Acta Univ. Carol., Geol., 37, p. 135–143.
- Förstner, U., 1991: Umweltgeochemische Konzepte in der Abfallwirtschaft. Geowissenschaften, 8, p. 276–278.
- Kersten, M., Förstner, U., 1991: Ingenieurgeochemie. Ein neues Forschungsgebiet für Umweltschutz. Geowissenschaften, 7, p. 215–220.
- Mrňa, F., 1993: Poznámky k metodice geochemicko-ekologického mapování. Geol. průzkum 3, p. 76–80.
- Pačes, T., 1992: Chemické rovnováhy v přírodním systému voda – hornina – atmosféra. Knihovna ÚÚG 43, Praha, 193 pp.
- Vrana, K., 1992: Výskum geologických faktorov životného prostredia, perspektívny program slovenskej geológie. Mineralia Slov., 24, p. 441–451.

Doc. RNDr. Miloslav Khun, CSc. (1947), vedecko-pedagogický pracovník katedry geochémie PRIF UK, Mlynská dolina – G, 842 15 Bratislava.

E-mail: geochemia@fns.uniba.sk

RNDr. Ondrej Đurža, CSc. (1950), vedecký pracovník katedry geochémie PRIF UK, Mlynská dolina – G, 842 15 Bratislava. E-mail: geochemia@fns.uniba.sk