

310.565

IV.

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

Volume 24. Supplement 1.

A FIZIKA HELYE ÉS SZEREPE A
KÖRNYEZETVÉDELEMBEN



9

MTA
ATOMMAGKUTATÓ INTÉZETE, DEBRECEN / 1982

ATOMKI KÖZLEMÉNYEK

24 Kötet 1. Melléklet

539

HU ISSN 0230-5976

A FIZIKA HELYE ÉS SZEREPE A KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

Az MTA Debreceni Akadémiai Bizottságának Matematikai-Fizikai Szakbizottsága és a MTESZ Szolnok Megyei Szervezete által 1978. október 23-án Szolnokon rendezett ankét előadásai

Szerkesztette: Kovách Ádám

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ	3
<i>Gajzágó L.</i> : A környezetvédelem hazai és nemzetközi szervezete, időszerű feladatai	4
<i>Jakucs P.</i> : Az ökológiai és a fizikai kutatások kapcsolhatósága a környezetvédelem érdekében	8
<i>Dévai Gy.</i> : A fizikai módszerek alkalmazásának lehetőségei a hidrobiológiai kutatásokban	14
<i>Simon T., Láng E. és Juhász Nagy P.</i> : A Gabcsikovo-nagymarosi vizlépcsőrendszer (GNVR) létesítésével összefüggő ökológiai egyensúly vizsgálatának tapasztalatai	17
<i>Biró Zs., Medve F.</i> : Egészségügyi elvárások a fizikától a környezetvédelemben	23
<i>Biró T.</i> : Izotóptechnikai módszerek a környezetvédelemben	27
<i>Deme S., Fehér I., Andrásfi A., Erdélyvári I., Rövid M., Zombori P., Koblinger L., és Pados F.-né</i> : A paksi atomerőmű sugárvédelmi környezetellenőrző rendszere	36
<i>Bornemisza Gy.-né, Koltay E., Somorjai E., Török I., és Uray I.</i> : Mikroanalitikai vizsgálatok lehetősége gyorsított részecskenyaláb rugalmas szórásánál	40
<i>Kis-Varga M., Kovács P. és Bacsó J.</i> : REA vizsgálatok lehetőségei a környezetvédelemben	48
<i>Kövér L.</i> : Az XPS (ESCA) módszer alkalmazása a környezetvédelemben	59

ELŐSZÓ

A MTA Debreceni Akadémiai Bizottságának Matematikai-Fizikai Szakbizottsága együttműködésben a MTESZ Szolnok megyei Szervezetével, egynapos kerekasztal megbeszélést rendezett "A fizika helye és szerepe a környezetvédelemben" témakörben azzal a céllal, hogy az ilyen kutatásokkal foglalkozó szakemberek és a fizikusok között a kölcsönös információt elősegítő kapcsolatfelvétel jöjjön létre.

A jelenlegi világgazdasági korszakváltás a természeti és társadalmi környezetben jelentős változásokat eredményezhet, ami a bioszféra egyensúlyi állapotának megbontásához vezethet. A világ rohamosan növekvő népessége számára szükséges termékek mennyiségének és minőségének növelése az ökológiai körülményekre drasztikus hatást gyakorolhat. Kérdés, hogy a hosszú fejlődési folyamat során kialakult emberi szervezet milyen mértékben képes alkalmazkodni a gyorsan változó környezeti feltételekhez, pl. a biológiai körforgalomba bekerülő új hatóanyagok hogyan érintik a fajok és egyedek életfeltételeit. Ma még nem ismerjük a környezetünkben megjelenő szennyeződések azon kritikus szintjét, amely katasztrófához vezető lavinafolyamatot indíthat el. Rendszeres és széleskörű vizsgálatokra van szükség pl. a felszaporodó széndioxid, aeroszol koncentráció, nitrogénoxid, kéndioxid, klór-fluorokarbon biológiai, globális klimatológiai stb. hatásaival kapcsolatban.

Az elmúlt évtizedekben a fizikai kutatások számos olyan kémiai analitikai és szerkezetvizsgáló módszer kidolgozásához vezettek (elektron-spektroszkópia; röntgen és neutron diffrakció; Mössbauer-spektrometria; aktivációs analízis; röntgen-fluoreszcencia-analízis, neutron- és töltött részecske szórássos analízis; NMR; ESR; izotópos nyomjelzés; tömegspektrometria, stb.) amelyek gyors, roncsolásmentes vizsgálatokat tesznek lehetővé in vivo körülmények között is. E módszerek alkalmazásával, amelyek hazánkban is rendelkezésre állnak, a szennyezők vándorlása, szelektív felhalmozódása az élő és élettelen világban egyaránt követhető. A jelen kiadványban már szerepelnek olyan eredmények, amelyek a korszerű fizikai módszerek alkalmazásait mutatják be a környezetvédelmi kutatásokban, ugyanakkor tájékoztatást kapunk a hazánkban e téren megindult munkákról és azok nemzetközi vonatkozásairól. Őszintén reméljük, hogy ez a kezdeményezés a fizikusok és a fizikai módszereket alkalmazó szakemberek további eredményes együttműködését fogja elősegíteni.

Csikai Gyula
az MTA lev. tagja,
a DAB Fizikai Munkabizottságának
elnöke

A KÖRNYEZETVÉDELEM HAZAI ÉS NEMZETKÖZI SZERVEZETE, IDŐSZERŰ FELADATAI

GAJZÁGÓ LÁSZLÓ

Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal,
Budapest

A következőkben megkísérlem röviden összefoglalni a környezetvédelem hazai és nemzetközi szervezetét és időszerű feladatait, már csak azért is, mert azok a fejlődés követelményeivel lépést tartva időről-időre változnak, módosulhatnak. Biztos vagyok abban, hogy a jelen levők többsége előtt mindezek már ismertek, azonban egy ilyen jellegű áttekintés hozzájárulhat a program szerint igen érdekes előadásokat követő vita hatékonyabbá tételéhez.

Századunk második felének kezdetén a londoni ködkatasztrófák, a Los-Angeles-i fotokémiai "szmog" gyakori kialakulása és sok más ipari város levegőjének szinte elviselhetetlen szennyezettsége, vizek élővilágának pusztulása, egyes országokban - így Japánban - kezdetben rejtélyesnek tűnő halálos kimenetelű megbetegedések fellépése felkeltette az egészségügyi szakemberek, a természettudósok, sőt az egész világ közvéleményének érdeklődését. A meginduló kutatások, vizsgálatok alapján a hatvanas években az emberiség rádöbbsent arra, hogy az ember és környezete közötti viszony tendenciája esetleg az emberiség fennmaradását is kérdésessé teheti. Kiderült, hogy a környezet-szennyezés komplexitása következtében a problémákat nem lehet ágazati szinten megoldani. Ma már általánosan elismert, hogy a környezetvédelmet nem lehet önálló népgazdasági ágazatnak tekinteni, hanem összefüggő kölcsönhatások olyan rendszerének, mely az emberi, gazdasági és társadalmi tevékenység ugyyszólván minden területét átfogja. A környezetvédelem problémái új megvilágításba helyeztek számos technikai kérdést, előtérbe állítottak eddig kevésbé élesen felvetődött szociális problémákat, meggyorsították több tudományág fejlődését.

A környezetvédelem problémáinak meghatározása és a tenni-valók összefoglalása szempontjából fontos állomásnak tekinthető az ENSZ 1972. évi stockholmi környezetvédelmi világkonferenciája, mely az egész problémakört a nemzetek közötti széleskörű együttműködés szempontjából vizsgálta és kezdetét jelentette az ENSZ környezetvédelmi programjának (UNEP).

Az iparilag fejlett országokban az intézkedések jelentős része a már bekövetkezett károsodás megszüntetésére irányul, másutt többnyire megelőző jellegűek, a jövőben fellépő környezeti ártalmak elhárítását célozzák. A környezeti problémák megoldása elsősorban és alapvetően minden ország belső ügye,

mellyel egyre több országban az állam kormányzati szinten foglalkozik és az országok törvényhozása is növekvő figyelmet fordít erre.

Hazánkban 1975-ben alakult meg az Országos Környezetvédelmi Tanács (OKvT), mint a Minisztertanács tanácsadó és koordináló szerve. A tanácsülések napirendi anyagainak előkészítésére, a hozott határozatok végrehajtására, az ülések közötti ügyvitel, valamint a hazai és nemzetközi koordináció céljából létrehozták annak Titkárságát (OKvTT).

Meghatározták a környezet védendő tárgyait:

- föld (ásványvagyon, talaj)
- víz (felszíni, felszínalatti)
- levegő
- élővilág (vadonélő, domesztikált)
- táj
- települési környezet

és a károsító tényezőket:

- hulladék anyagok (bármely halmazállapotú és eredetű antropogén környezetszennyező),
- hulladék energiák (pl. zaj, rezgés, sugárzás).

A károsító tényezőkhöz szokták sorolni a természeti csapásokat és a helytelen emberi beavatkozásból, magatartásból eredő környezetkárosítást is. Az utóbbi kiküszöbölésében, hatásainak csökkentésében az oktatás, ismeretterjesztés és tudatformálás terén a társadalmi és tömegszervezeteknek jut döntő szerep.

Kijelölték a környezetvédelem fenti szakterületeiért felelős és közreműködő főhatóságokat. Bevezették a levegő és víz megengedettnél nagyobb szennyezésének progresszív bírságolását; az így befolyó összegeket környezetvédelmi célú beruházások és rekonstrukciók, kisebb mértékben az ipari háttér, a mérő-ellenőrző hálózat és fejlesztési kutatások támogatására fordítják. Ugyancsak környezetvédelmi beruházások támogatására létesült az állami környezetvédelmi alap, a kutatások fejlesztésére a K-5 célprogram. A környezet egyes védendő közegeivel kapcsolatos korábbi minisztertanácsi és miniszteri rendelet után 1976 márciusában hatályba lépett az 1976. évi II. törvény, amely a környezet egészének védelmét mindenki számára kötelezővé tette.

A Minisztertanács 1035/1977. sz. rendeletében intézkedett az OKvT Országos Környezet- és Természetvédelmi Tanácsá (OKTT) történő kibővítéséről, az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal (OKTH) létrehozásáról államtitkári rangú elnök vezetésével, továbbá meghatározta a fenti szervek feladatait. A mintegy másfél éves szünet után újjászervezett OKTT, valamint a korábbi OKvTT és Országos Természetvédelmi Hivatal összevonásával csiráiban megalakult Hivatal a hasznos tradíciókat folytatva, hatásköri bővítéssel, magasabb szinten fogja feladatát ellátni. Példaként csak néhány fontosabb folyamatban levő tevékenységet emelnék ki:

- Kidolgozásra került "A környezetvédelmi koncepció és követelményrendszer alapelvei", az OKTT elfogadta és a közeli napokban tárgyalja a MT;

- "Az emberi környezet védelme" új címmel az OKTH irányítása alá szervezett K-5 célprogrammal kapcsolatos felterjesztést a TPB ugyancsak a napokban tárgyalja;
- kidolgozásra került a hosszútávú (1990-ig szóló) népgazdasági terv környezetvédelmi része;
- befejezéséhez közeledik az átfogó környezetvédelmi országos információ rendszer alapelveinek kidolgozása, mely elfogadása és kiépítése után a döntés-előkészítést, ellenőrzést és a tájékoztatást szolgálja.

A környezetvédelem igen szoros nemzetközi együttműködést kíván. Nemcsak azért, mert a szennyezőanyagok terjedése nem ismer országhatárokat, vagy perspektivikusan felmerülnek az egész földkerekséget veszélyeztető problémák - mint pl. a légkör globális elszennyeződése, a légkör ózonpajzs védelme, kipusztuló állat- és növényfajok sorsa stb. - melyek leküzdése a kétoldalu kapcsolatokon túl regionális (pl. összeurópai) vagy ENSZ együttműködést kíván, de elengedhetetlen az információ- és tapasztalatcsere, a szervezett tudományos-műszaki együttműködés a rendelkezésre álló szakmai erők integrálása céljából, elsősorban a baráti KGST államokkal.

A környezetvédelmi és azzal kapcsolatos bilaterális és multilaterális kapcsolatok száma olyan nagy, hogy azok felsorolása sem férne egy ilyen előadás keretébe, csak néhány időszerű és a jelen szakmai kör érdeklődésére számot tartó aspektusra világítanék rá.

Az "Intézkedések kidolgozása a természet védelmére" c. 1971-ben a KGST tagállamok között megkötött műszaki-tudományos együttműködési egyezmény keretében ma már 12 komplex problémakör keretében folyik együttműködés, ez gyakorlatilag a környezetvédelem minden szakterületére kiterjed. A már korábban meglévő 11 mellé 1976-ban iktatták be a 12. "Globális Környezeti Monitoring Rendszer" c. problémát, mely a környezeti háttér szennyeződés és annak komplex, biológiai hatásaira is kiterjedő nemzetközi megfigyelő hálózat tudományos megalapozását, fejlesztését és összehangolt kiépítését célozza a tagországok területén, az UNEP GEMS (Global Environmental Monitoring Programme) részeként. Jelenleg kapcsolatfelvétel és koordinációs tendencia van kialakulóban az ENSZ EGB "Légszennyező anyagok országhatárokon áttérjedő nagytávolságu transzportja" témával és az UNESCO MAB program keretében folyó kutatási projectekkel, - melyekben tudomásom szerint a DAB és KLTE is erősen érdekelt.

Szükségesnek tartom itt kitérni arra, hogy születőben van a "Hulladékmentes és kevés hulladékkal járó technológiák elméleti és műszaki-gazdasági kérdései" c. 13. KGST problémakörben folyó együttműködés, mely téma - az előbb említett mellett - szintén az ENSZ EGB együttműködés homlokterében van. E téma tulajdonképpen a környezetszennyezés átfogó csökkentését célozza. A kisebb mennyiségű hulladék ugyanis, mivel az különféle nyers- és alapanyagok többszöri felhasználásán keresztül valósul meg, egyúttal a természeti erőforrások csökkenő mértékű igénybevételét is jelenti. Tehát ez magában foglalja az antropogén levegő-, víz-, talajszennyező anyagok minél nagyobb mérvű visszafogását és azok másodlagos nyersanyagként való haszno-

sítását, szennyvizek tisztítás utáni visszaforgatását, energiatakarékosabb műszaki megoldásokat stb. Az ilyen célú alternatív technológiák kidolgozását is elősegíti, ha a kutatók rendelkezésére áll a világszerte fellelhető valamennyi tudományos információ.

Csak röviden szeretném vázolni a környezetvédelem kifejlesztés alatt álló nemzetközi információ rendszereit. A KGST NTMIR (Nemzetközi Tudományos- Műszaki Információ Rendszer) Inform00Sz elnevezésű környezetvédelmi alrendszere tanulmányreferátumok rendszeres kiadásán kívül évente esemény- és kiadványjegyzék, többnyelvű környezetvédelmi értelmező szótár megjelentetését tervezi, továbbá foglalkozik a számítógépes információ-rendszer kifejlesztésével. (Az együttműködés kijelölt nemzeti szerve hazánkban az OMKDK). Az UNEP IRS (International Referral System) az információ-források fokozatos feltárásával és a bővülés rendszeres publikálásával közvetlen kapcsolatot teremt az információ forrása és annak felhasználója között. Cimszavak alapján a forrásjegyzékekben megtalálható, hogy valamely konkrét kérdésre mely országok mely szervei milyen feltételek mellett tudnak információt szolgáltatni. (Az IRS Nemzeti Központja az OKTH keretében működik).

Az elmondottak után gondolom tőlem is várnak egy információt a meghirdetett kérdésre: mit vár a környezetvédelem a fizikusoktól? Ismert, hogy alkalmazott fizikus szakterületek - geofizikusok, hidrológusok, meteorológusok, akusztikusok stb. - a környezetvédelem nemzetközi együttműködésében is többnyire már kezdettől fogva részt vesznek. A jelen konferencia előadásai a fizika környezetvédelmi alkalmazásának számos új területét mutatják be. A magam részéről két nagy, átfogó területen látnám igen hasznosnak a fizikusok fokozottabb közreműködését: a mérés-adatgyűjtés, valamint a hulladékmentes technológiák fejlesztésében. A méréstechnika a környezet minőség és a szennyező-kibocsátások vizsgálata és ellenőrzése területén az utóbbi években ugrásszerű fejlődésnek indult, de több megfigyeléshez még hiányzik a kellő pontosságu, kevésbé bonyolult szerkezetű, megbízható mérőműszer, vagy speciális igényeket kielégítő mérés- illetve távmérési technika, A hulladékmentes technológiákról korábban már esett szó, környezetvédelmi és népgazdasági jelentőségük, gondolom, nem szorul bővebb magyarázatra.

AZ ÖKOLÓGIAI ÉS A FIZIKAI KUTATÁSOK KAPCSOLHATÓSÁGA A KÖRNYEZETVÉDELEM ÉRDEKÉBEN

JAKUCS PÁL

Kossuth Lajos Tudományegyetem Ökológiai Tanszéke,
Debrecen

Arra, hogy a világ exponenciális ütemben halad a katasztrófákat sejtető környezetromlás felé, először az ökológusok figyeltek fel, ami érthető, hiszen az ökológia tudományának tárgya maga a környezet hatása az élőközösségekre. Annak az ökológiának kutatói, amelynek tudományos alapjait 1866-ban Haeckel fektette le, majd olyan nevek, mint Moebius, Morozov, Braun-Blanquet, Tansley, Thienemann, stb. fejlesztették és alakították odáig, hogy a közelmúlt kiemelkedő ökológusai az egész világ elé tárhatták bizonyítékok alapján, hogy a bioszférában kialakult törvényszerű összefüggések dinamikusan tartós kiegyensúlyozódottsága felbomlóban van. A felbomlási folyamat fő okaként a növekvő létszámú emberiség fokozódó élelem-szükségletét és az egyidejűleg robbanásszerűen kifejlődő ipari-technikai forradalmak hatásait jelölték meg. Főleg a fizikai és kémiai tudományok fejlődéséből fakadó - többnyire prakticista jószándékkal előállított - gépek, gyárak és termékeik váltak egyre inkább környezetünk veszélyállapotának okozóivá.

Ma már világszervezetek (ENSZ, UNESCO, KGST, stb.), államok, minden jó szándéku és gondolkodó ember, próbálja megkeresni az utat a romlás folyamatának megállításához, az ehhez szükséges globális összefogást azonban még igen sok tényező gátolja. De legalább már a szándék erősödik és egyre szélesedő területeken érvényesül az a felismerés, hogy az egyes tudományoknak sem csak a saját külön utjaikon kell rohanni előre, hanem össze kell fogniuk, mert különben menthetetlenül bekövetkezik a madáchi látomás:

"Először a virág tünt el szemünkből,
Aztán az erdők rezgő lobjai;
A jól ismert táj száz kedves helyével
Jellem nélküli siksággá lapult.
Mi érdekes volt, minden elmosódott.
... A bömbölő tenger végtelene
Hová? Hová lett? Szürke folt gyanánt áll
A gömbön, mely kerengve elvegyül
Millió társ között, s az volt egész világunk!"

E pesszimista jóslat mellé kívánczik azonban még az alábbi három sor is:

"Siránkozol? - Csupán gyávaság
Fogadja el harc nélkül a csapást,
Mit elkerülni még hatalma van!"

Talán még van hatalmunk, de az idő sürget. Nem késlekedhetünk elsősorban abban, hogy próbáljunk meg szót érteni közös ügyünk érdekében. Magam környezetbiológus-ökológus vagyok, fizikai ismereteim végesek, mégis megpróbálok felvillantani néhány gondolatot, amely a környezetvédelem alap kutatásainak és a fizikai kutatások kapcsolhatóságának jövő lehetőségeit rejtheti magában.

A lényeg könnyebb megérthetősége miatt azonban, legyen szabad néhány ökológiai alapismeretet elmondanom. Először is hogyan definiáljuk mi a környezet fogalmát? "A környezet - írja a Biológiai Lexikon - a természet (bioszféra) anyagforgalmi és energiaáramlási rendszereinek azon tárbelileg és funkcionálisan körülhatárolható része, amely az adott élő objektum (vagy objektumhalmaz) életfolyamataira ténylegesen hat, azt közvetve vagy közvetlenül pozitívan vagy negatívan befolyásolja. A környezeti tényezők hatásmechanizmusára jellemző, hogy többnyire dinamikusan összefüggenek egymással, bármely megváltoztatása vagy megváltozása a másik megváltozását is befolyásolhatja".

Mint biológus, más alaptól is kiindulhatok. A környezet hatásának tana: az ökológia. Ez olyan szintetizálni képes interdiszciplináris tudomány, amely az egyed feletti szintű (szupra-individuális) organizációk strukturális és funkcionális törvényszerűségeinek megismerésére törekszik azon célból, hogy képes legyen azoknak irányítására az emberiség fennmaradása érdekében.

Már ebből a két megközelítésből is kiviláglik, hogy a környezetvédelmi célkitűzésű ökológiai alap kutatásokban döntő az integrált természettudományi szemlélet (vagyis a közös fizikai, kémiai, földtudományi, meteorológiai, biológiai, stb. egybekapcsolt módszerekkel való közelíthetőség), de mindezeknek még szorosan kapcsolva kell lenniük a gazdasági, politikai és társadalomtudományi diszciplinák eredményeihez is (utóbbi alatt elsősorban az ökológiai és ökonómiai szemléletek között gyakorta fennálló ellentét feloldásának szükségességére utalok).

Környezetünk ökoszisztémákból tevődik össze. Ezeknek közös jellemzőjük, hogy energiát megkötő, termodinamikailag nyílt rendszerek, amelyekben állandó anyagmozgás van. A környezeti tényezők hatásmechanizmusában az élettelen anyagok be- és kiáramlanak, illetve a rendszeren belül - többnyire zártabb cirkulációkban - mozognak. Közben az élettelen elemek az élőre jellemző kémiai kötésekkel bonyolult vegyületekké szerveződnek, ill. szétbomlanak. Az anyag körforgalmát az élőlények táplálkozási láncain keresztül térben és időben az autotróf szervezetek által megkötött, majd a rendszeren átáramló energia tartja működésben.

Az idő rövideje miatt a bonyolultság bemutatására csak fő vonásaiban vázomom, pl. a N-cirkuláció fő utjait. A levegőben lévő szabad N_2 közvetlenül nem juthat be az élő szervezetbe, holott az élő sejt mindig jelenlévő alkotórésze. Először a talajba kell jutnia, ott különböző alacsonyrendű nitrogénkötő szervezetek által nitrátsókká kell fixálódnia. Ezt veszi fel a növény gyökereivel, építi be különböző szerves kémiai kötésekkel testébe. Innen jut az állati (és emberi) szervezetekbe.

A szervezetek hulladékanyagai, vagy maguk az elpusztult szervezetek proteinjai először ammonifikáló, majd nitrifikáló szervezetek tömegének segítségével alakulnak át ismét a talajban nitráttá, amelyet vagy újból felvehet a növény (a belső ciklus ismétlődik), vagy a denitrifikáló szervezetek - oxigénelégtelenség esetén - visszajuttatják a levegőbe a szabad gázalaku N-molekulát. E vázlatosan elmondott, egyetlen elem mozgásához is - egyetlen ökoszisztémán belül is - többszáz specifikus élőlény egymásra utalt és élettelen faktorok által szabályozott kapcsolata szükséges és gondoljunk csak bele, hány és hány elem alkotja pl. a növényi-állati vagy emberi szervezetet! Amíg az ember nagy arányokban nem avatkozott be a körülötte évmilliók óta működő és magát önszabályozni képes ökoszisztémákba, azok - fizikai kifejezéssel élve - tartósan dinamikus kvázitacionárius mozgásállapotban léteztek s az ember csak egy láncszeme volt e rendszereknek. Ma azonban a technika és tudomány minden eszközével szétbonttuk e cirkulációkat, ökonómiai érdekekből mi akartuk szabályozni a folyamatokat, anélkül, hogy tulajdonképpen egyáltalán lett volna megfelelő ismeretünk ezek pontos folyamatműködésekről, ill. kapcsolatösszefüggéseikről.

Ilyenek és ehhez hasonlóak a ma környezetbiológiai-ökológiai alap kutatások fő gondjai és feladatai és ezekhez a fizika - véleményem szerint - sok helyen kapcsolódni tudna tapasztalataival és ismeretanyagával. Ha figyeltük az eddig mondottakat, egyértelmű volt, hogy az anyag és az energia állandóan szerepelt az ökológiai definíciókban, kutatáskérdéseiben. Az anyag és energia a fizikának is a tárgya. Ha ezt a tényt elfogadjuk logikai kiindulásként, megpróbálok két kapcsolódási vonalat felvetni a két tudomány között:

Az egyik vonal az ökológiai rendszerek működésének egzaktabb elméleti leírásához, a másik vonal pedig az ökológiai rendszerek folyamatainak méréséhez szükséges műszerezettség kifejlesztéséhez kapcsolódik.

Elméleti vonatkozásban kétségtelenül a legfontosabb tenni-való lenne a fizikai mozgásformák törvényeinek a biológiai mozgásformákhoz való közelítése. A fizikai-kémia pl. az anyag molekuláris és kémiai mozgásformáinak egymással, valamint a termikus, elektromágneses, atomfizikai, stb. mozgásformákkal való összefüggéseivel és a megfelelő átalakulások tanulmányozásával foglalkozik. Ilyen vonatkozásban az egyed alatti szintű biológiában már eddig is sok volt a kapcsolódási lehetőség (biofizika). A biológiai szerveződési szinteknél nemcsak a molekuláris szint, hanem a szervezet szintjének mozgásformáit is közelítettük már a termodinamikus lehetséges folyamatok kapcsolásával.

Alapvetően más dimenzióban jelentkeznek a kérdések azonban az egyedfeletti organizáltságban. Egy erdő, vagy nádas, vagy gabonabetétele szintén rendszernek tekinthető, de itt már olyan nagyszámu, állandóan változásban lévő paraméterrel találjuk szembe magunkat, amelyeknek a meglévő fizikai törvények alapján történő pusztta leírása is nehezen képzelhető el, legalább is egyelőre.

Az ökoszisztémák energetikailag, egészüket tekintve, nyílt rendszerek, amelyekre kimondhatjuk pl. a termodinamika I-II főtételeinek érvényességét; azaz igaz az, hogy a természetes rendszerekben szabadenergiacsökkenéssel önként végbemenő folyamatok érvényesülnek, amelyek általában irreverzibilisek. Az általános tétel kimondásán túl azonban a konkrét rendszermodellezésnél már nehézségeink vannak. Hiszen még csak egyes biológiai részfolyamatait kezdjük megismerni e bonyolult működésű rendszereknek strukturájuk tekintetében is, de alig van információnk arról, hogy mely további paramétereket kellene kiválasztani és kitüntetni az egészre vonatkoztatható kísérleteknél. Tény az is, hogy már most is többnyire próbálgatjuk ráhuzni az élő-életelen, többdimenziós tér-időfüggvényes ökoszisztéma-folyamatokra a fizikai folyamatokra korábban megállapított tételeket is (általában a fizikában nyílt rendszerekre megállapított tételeket), közben azonban látjuk, hogy ezek nem jók még akkor sem, ha a főtétel egészében elfogadható. Az is előfordul, hogy a zárt fizikai rendszerek törvényeinek alkalmazásával próbálkozunk eredményhez jutni a kétségtelenül nyitott rendszerű környezetbiológiai folyamatoknál.

Példának felhozom az entrópia-kérdést, amelynek esetenként az ökoszisztémákban is érvényesnek kell lennie, de magára az egész ökológiai rendszerre ez sehol sincs még kidolgozva (legfeljebb egyes kis részfolyamatokra vagy az ökoszisztémát felépítő egyes szervezetek szintjére). Pedig tudjuk, hogy az ökoszisztémák egészeire is fennállhat pl. a rendezettség növekedésének folyamata is, de az entrópiánövekedés jelenleg csak környezetétől elszigetelt rendszerekre nyert konkrét alkalmazást.

Csak érintőlegesen utalok további példaként a stabilitás-labilitás problémájához kapcsolódó un. egyensúlyproblémákra. Ma különösen gyakran hallhatjuk azt a megfogalmazást, hogy pl. "a környezeti egyensúly felborul", de hol van egzaktul lefektetve, hogy mi is a környezeti egyensúly és használható-e ez a kifejezés így? Mert az biztos, hogy a természetben található rendszerek lehetnek - durva zavarás és beavatkozás nélkül - viszonylag tartósan stabilak (lassu változásuak), de ez a fogalom más dimenzióju itt, mint a fizikában használt egyensúlyban levés értelmezése.

Összefoglalva a fizika és ökológia kapcsolhatóságának általam elsőnek felvetett vonalát, olyan együttműködés látszана előrevivőnek, ahol a fizikusok megpróbálnák megismerni az ökológiai rendszerek paramétereit, természetesen megismerve először az ökológusok nehézségeit és problémáit is, majd az atomi-molekuláris-szervezeti szintről együttműködésben megpróbálnának közelíteni a szupraindividuális szintek bonyolultságához is. Bizonyos vagyok abban, hogy az ökológiai alapösszefüggések törvényszerűségeinek jobb megértését a fizika ökológiához közeledő új felismerései a jövőben előbbre is fogják vinni!

A második vonal, ahol a két tudományterület szorosabban léphet előre a jövőbeni környezetvédelmünk és környezettervezésünk érdekében, abból a tényből indul ki, hogy a fizikai ismeretekkel kifejlesztett műszerek vonalán igen nagy az egymásra-utaltságunk. Azonban itt is jó és minőségileg más szemléletű igény jelentkezik napjainkban, amikor a méréseket az egyedfeletti

biológiai szintben kívánjuk elvégezni. Az egyik leglényegesebb igény, hogy a fizikai és kémiai mérések általában statikusak és megismételhetők ugyanazon az anyagon, de az ökológiai folyamatmérések nem reprodukálhatóak, mert közben a mért objektum állandóan változik.

Példaként említem - kiragadva - hogy ha mi pl. egy erdő levélzetének éves klorofiltartalomváltozását akartuk végigkísérni (de mondhatnám az energiaáramlást, vagy a tápanyagcirkulációt is), eddig különböző időpontokban begyűjtött leveleket elemeztünk meg kémiai módszerekkel laborokban. De az időbeni ismétlésekkor már sohasem az előző mintalevelet elemezhattük, mert azt mérés közben elpusztítottuk.

Ugy vélem, az elektronspektroszkópia, tömegspektroszkópia, infravörösspektroszkópia vagy a röntgenfluoreszcens-spektroszkópia azok a részei a fizikának, amelyeket jól hasznosíthatnánk. Szükségünk lenne azonban olyan készülékek kifejlesztésére is, amelyekkel az in vivo és in naturo folyamatok mérhetőek. A műszer-fizika nagy segítséget adott eddig is - és ezt nem hallgathatjuk el - pl. a kismennyiségű elem-meghatározások vonalán, de az előzőekben említett kívánalmaknak ezek sem tettek eleget.

A nemzetközi szakirodalomban kb. 10 éve jelentek meg az első - ökoszisztémákban történt - izotópos vizsgálati eredmények. Céljuk az energia- ill. az energiát tároló anyagok áramlási irányaira és sebességére irányult. Itt is az történt azonban, hogy az aktivizált elemek méréséhez laboratóriumokba vitték be a mérendő egyedeket, vagy részeit és ezzel egyidejűleg életfolyamataikat is megszüntették. Csak a legújabb időkben kezdenek indulni azok a kísérletek, hogy a működő ökoszisztémán belül, erre a célra kifejlesztett, terepre vihető szcintillációs számlálók segítségével és gyenge, ill. viszonylag gyorsan bomló izotópok detektálásával próbálják az anyag és energiautak időbeni alakulását nyomonkövetni. Ezek a kezdeti lépések természetesen még mindig csak részfolyamatok megismerésére irányulnak, az ökoszisztéma input és output anyagutjainak és a belső kapcsolódásoknak komplex, összefüggő megismerésétől még nagyon távol állunk. De ez biztató kapcsolódásnak látszik! Közbevetőleg megjegyzem, hogy ilyen típusu vizsgálatot hazánkban először a síkfőkuti ökoszisztémakutatóknál szeretnénk indítani a jövő évben.

Anélkül, hogy e kérdésekbe itt most részletesebben elmélyednék, csak mégegyszer aláhuzom, hogy a fizika óriási segítséget nyújthat a célorientált műszerfejlesztés terén az ökológiai kutatásoknak. Olyan alap-problémák lennének megoldhatók ilyen módon, mint pl. a termelő-fogyasztó és lebontó láncok interakcióinak, a produkció hatásfokának (az efficienciának) jobb megismerése, továbbá az energia-áramlási utak és az elemcirkulációs menetek törvényszerűségeinek tisztázása, vagy pl. a rendszeren belüli kompetíció és a dinamikus kiegyensúlyozódottság meglétének, ill. hiányának okai, természetes és szabályozott közösségekben. Csak ezek a tudományos megismerések adhatják meg a gyakorlati környezetvédelmi és környezettervezési intézkedéseink biztos és tartós megalapozottságát. Ismétlem:

az idő sürget. Tenni kell az ökológiai gondolkodás széleskörű elsajátítása és az együtt kutatás érdekében.

Ne csak szavak legyenek a ma elhangzottak sem - hiszen még talán van néhány másodpercünk a világ 24 órájából!

A FIZIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A HIDROBIOLÓGIAI KUTATÁSOKBAN

DÉVAI GYÖRGY

KLTE Állattani és Embertani Tanszéke, Debrecen

Az operatív és hatékony környezetvédelem, s különösen az erre épülő környezetszabályozás és környezetfejlesztés nemcsak igényli, hanem meg is követeli a természeti környezet tanulmányozásával foglalkozó tudományágaktól a környezetünkben észlelt jelenségeknek, folyamatoknak és azok összefüggéseinek okszerű magyarázatát.

Egy bonyolult, a kölcsönhatások számos lehetőségét tartalmazó rendszer vizsgálatánál - s ilyen pl. egy víztér is -, abból az általános alapelvből kell kiindulnunk, hogy a tanulmányozható tényezők száma igen nagy. A tényezők hatása és szerepe azonban egy adott rendszerben természetesen nem egyforma, feladatunk tehát e tényezőrendszerből azoknak a faktoroknak a kiemelése, amelyek a rendszer lényegét tükrözik, s az abban lezajló folyamatokat döntően befolyásolják.

Gondolatmenetünkéből egyértelműen következik, hogy a vizsgálandó tényezők kijelölése mindig egyedi feladat, azaz figyelemmel a vizsgálat célkitűzésére, minden egyes víztér esetében külön meghatározandó. Az eddigi tapasztalatok alapján azonban úgy tűnik, hogy a vizek hidrobiológiai szempontu jellemezéséhez - különös tekintettel a környezetvédelmi szempontokra - e bonyolult tényezőrendszerből három fizikai paraméter-csoportnak az eddigieknél sokkal behatóbb és részletesebb tanulmányozása alapvető fontosságú:

- a hőmérsékleti,
- az áramlási és
- a fényviszonyoké.

E három tényező-csoport módszertani kutatásának áttekintésével foglalkozó összefoglaló munkák (pl. Mortimer, C.H., 1953; Gessner, F., 1950; Ambühl, H., 1959; Sauberer, F., 1962) gondos áttanulmányozása alapján arra a meggyőződésre juthatunk, hogy további közös erőfeszítéseket kell tennünk a hőmérsékleti, az áramlási és a fényviszonyok egzakt megállapítására és jelentőségük feltárására, különös tekintettel a vizek egyre fokozódó hőterhelésére, a rohamos ütemben gyarapodó műtárgyak áramlás-módosító hatására és a vízszennyezéseknek a fényáteresztőképességet közvetlenül vagy közvetve befolyásoló szerepére.

Ezeket a példákat tetszés szerint sorolhatnám tovább, most azonban egy olyan problémakört szeretnék kiemelni, amelynél a fizikus kollégákkal való együttműködés döntő jelentőségű lehet a hidrobiológiai jelenségek helyes és eredményes magyarázata szempontjából.

Az e problémakörrel kapcsolatos kérdéseket a bioaktivitás fogalma köré csoportosíthatjuk. Ezt a fogalmat W. Ohle (1956) honosította meg a hidrobiológiában. Felfogása szerint a bioaktivitás a vizek biogén anyagforgalmának dinamikáját jelenti, előtérbe helyezve az élettevékenység energetikai folyamatait. Azt valószínűleg szükségtelen hangsúlyoznom, hogy a biogén átalakulások valamennyi fajtájának meghatározása milyen nehéz, gyakorlatilag szinte lehetetlen feladat. A jelenlegi vizsgálati módszerek csak arra alkalmasak, hogy valamilyen anyagátalakulási folyamat nyomon követésével a bioaktivitás "relatív" (tehát korántsem valamennyi részletet felölelő) mérőszámait adják.

Ahhoz azonban, hogy munkánk eredményes lehessen, igyekeznünk kell figyelmünket a vizek anyag- és energiaforgalma szempontjából legfontosabb folyamatokra összpontosítanunk. Az eligazodásban az élőlények anyag- és energiaforgalmi típusainak világos elkülönítése nagyban a segítségünkre lehet. Két korábbi tanulmányunkban (Dévai Gy. et al., 1976, 1977) az anyagcserét - biológiai értelemben - mint az élő szervezetekben lejátszódó és élettevékenységükkel kapcsolatos anyag- és energiaátalakulási folyamatok komplex rendszerét definiáltuk, amelynek két egymással ellentétes, de ugyanakkor két egymást kölcsönösen feltételező szakasza

- az egyszerűbb anyagokból összetettebbeket felépítő, s ehhez energiát igénylő (endergonikus) folyamat, az asszimiláció (anabolizmus), ill.
- az összetett anyagokat egyszerűbbekre lebontó, s ezáltal energiát felszabadító (exergonikus) folyamat, a disszimiláció (katabolizmus).

Ez a két folyamat az élő szervezetekben az oxidációs-redukciós folyamatok révén egymással szükségszerűen és szorosan összekapcsolódik.

Ha ezen az alapon az élő szervezetek anyag- és energiaforgalmi szerepét és tevékenységét környezetközpontúan vizsgáljuk akkor az anyagbeépítés, ill. az energiamegkötés mértékének figyelembevételével az élő szervezeteket két csoportra oszthatjuk:

- építőkre (konstruálókra), ill. energiafelhalmozókra (akkumulálókra), amelyeknél az építő folyamatok dominálnak, ezek tehát életük során az anyagbeépítés és az energiamegkötés túlsúlya miatt kevesebb anyagot, ill. energiát adnak le a környezetnek, mint amennyit beépítenek saját testükbe, s amelyek ezért asszimilatórikus szerepük a természetben;
- lebontókra (destruálókra), ill. energiafelszabadítókra (dekomponálókra), amelyeknél a lebontási folyamatok dominálnak, ezek tehát az anyagleadás és az energiafelszabadítás túlsúlya miatt életük során több anyagot, ill. energiát adnak le a környezetnek, mint amennyit saját testükre beépítenek, s amelyek ezért disszimilatórikus szerepük a természetben.

Feladatunk ezek után adott: a bioaktivitás meghatározásához ennek a két élőlénycsoportnak a tevékenységét kell pontosan feltárnunk minden víztér esetében, s a kapott eredmények össze-

hasonlító értékelésével valószínűleg közelebb juthatunk a vízi szervezetek környezetvédelmi-környezetszabályozási szerepének megértéséhez.

A fizikus kollégákkal való szorosabb együttműködés ezen belül két részterületen ígér jelentős eredményeket:

- a módszertani problémák megoldásába való bekapcsolódásuk jelentősen előmozdítaná a bioaktivitás mérésénél alkalmazott eljárások (elsősorban az oxigén-széndioxid forgalommal, a C, N és P izotópok beépülésével és felszabadulásával, ill. a redoxpotenciál változásokkal kapcsolatos vizsgálatok) pontosítását;
- az eredmények értékelésében, ill. az egzaktul főleg termodinamikai alapon megközelíthető folyamatok értelmezésében (pl. energiamérlegek, vagy méginkább a folyamatok irányítottságára is utaló entrópiamérlegek készítésében) való részvételük pedig hozzásegíthetné a biológusokat a vizekben lezajló változások helyes magyarázatához.

Hivatkozások

- [1] Ambühl, H., 1959: Die Bedeutung der Strömung als ökologischer Faktor, Schweiz. Z. Hydrol., 21: 133-264
- [2] Dévai Gy., Kollár Gy., Öllős G., 1976: Tavak eutrofizálódási folyamatairól, Acta Biol. Debrecina, 13: 163-191
- [3] Dévai Gy., Dévai I., Wittner I., Bondár E., 1977: Gondolatok a biológiai termelésről. Acta Biol. Debrecina, 14: 9-20.
- [4] Gessner, F., 1950: Die ökologische Bedeutung der Strömungsgeschwindigkeiten fliessender Gewässer und ihre Messung auf kleinstem Raum. Arch. Hydrobiol., 43: 149-165
- [5] Mortimer, C. H., 1953: A review of temperature measurement in limnology. Mitt. Int. Ver. Limnol., 1: 1-25
- [6] Ohle, W., 1956: Bioactivity, production and energy utilization of lakes. Limnol. Oceanogr., 1: 139-149
- [7] Sauberer, F., 1962: Empfehlungen für die Durchführung von Strahlungsmessungen an und in Gewässern. Mitt. Int. Ver. Limnol. 11: 1-77

A GABCSIKOVO-NAGYMAROSI VIZLÉPCSŐRENDSZER (GNVR) LÉTESÍTÉSÉVEL ÖSSZEFÜGGŐ ÖKOLÓGIAI EGYENSÚLY VIZSGÁLATÁNAK TAPASZTALATAI

SIMON TIBOR, LÁNG EDIT ÉS JUHÁSZ NAGY PÁL

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

E nagy horderejű létesítménnyel kapcsolatos kötetekre tehető tanulmányokból ismert, hogy Európa második legnagyobb folyója a Duna jelentős mértékben befolyásolja a vízgyűjtőjén élő népek társadalmi-gazdasági helyzetét, számottevő hatást gyakorol fejlődésük tendenciájára. A 2900 km hosszú folyó földrészünk 8 %-át kitevő térségből gyűjti össze vizét, és teszi lehetővé ezáltal a partjain települt országok lakossági, ipari és mezőgazdasági vízigényének kielégítését. Nemzetközi és belső szállítási utvonalat biztosít.

Az utóbbi évtizedekben bekövetkezett világméretű társadalmi-gazdasági átalakulás, és az újabb "technikai forradalom" kísérőjeként Európa vízgazdálkodásában is előtérbe került a folyók többcélú hasznosítása. Nyilvánvalóvá vált az is, hogy a Duna egy-egy országon belüli hasznosítása hajózásra, energiatermelésre, vízellátásra, öntözésre, üdülésre és vízi sportolásra alkalmassá tétele, vízminőségének megőrzése és javítása csak a folyó teljes egészére vonatkozó átfogó komplex terv alapján valósulhat meg.

A Duna többcélú hasznosítása, különös tekintettel az 1980-as években megépülő Duna-Majna-Rajnacsatorna és a vonzáskörzetében elhelyezkedő 13 országra, szinte egész Európát érintő feladattá vált. Magyarországnak ezzel összefüggésben fennálló saját nemzeti és nemzetközi érdekeltsége a Duna Budapest feletti szakaszán a Gabcsikovo-Nagymarosi vízlépcsőrendszer megvalósítása.

A magyar-csehszlovák közös megvalósításban tervezett Vízlépcsőrendszer hidraulikai, hajózási és vízerőhasznosítási szempontjából a következő fő eredményeket adja: 1. hasznosítja a Pozsony-Budapest közötti Duna-szakasz vízen energiáját. A Gabcsikovói vízerőtelep tervezett teljesítménye 700 MW, a Nagymarosi vízerőtelepé 160 MW. Az évi átlagos energiatermelés 3,6 milliárd kWh, amelynek kb. 40 %-a csucsenergia. Magyarországot ebből - a beruházási arányoknak megfelelően - 50 %, azaz 430 MW teljesítmény, illetve évi 1,8 milliárd kWh villamos energia illeti meg; 2. megvalósításával az érintett mintegy 220 km hosszú Pozsony-Budapest közötti szakaszon a Dunabizottság ajánlásainak megfelelő, a távlati követelményeket kielégítő hajózási viszonyok alakulnak ki; 3. a Pozsony-Nagymaros közötti árvízveszélyes Duna-szakasz mentén nagymértékben növeli az

árvízvédelmi biztonságot; 4. elősegíti a térség gazdasági, ipari és mezőgazdasági fejlődését, megteremti az üdülés és az idegenforgalom továbbfejlesztésének lehetőségét. A Duna többcélú hasznosítása kiemelkedő jelentőségű a partjai mentén levő nagyvárosok, így többek között a budapesti agglomeráció szempontjából.

A tervezés jelenlegi szakaszába bekapcsolódva, tanulmányunkban a létesítmény egyes jelentős, várható hatásait vázoljuk, prognózist készítve a bekövetkező változások tendenciáiról, mértékéről. E munka első lépcsőjében (1977 őszétől 1978 május 31-ig) a GNVR által érintett Duna völgy szakasz potenciális növényzetének felmérését és 1:50000 léptékű térképezését, a növénytakaró jelenlegi képének és várható változásainak felmérését, a vegetációfejlődési folyamatok jelen lépcsőfokai, változási tendenciái megállapítását, a természetvédelmi objektumok kijelölését és leírását, a klíma, a talajtakaró, az alapkőzet összefüggésében a táj vizgazdálkodása állapotának és várható változásának prognosztizálását, a halfauna képét és bekövetkező átalakulásának felmérését végeztük el.

A nemzetközi tapasztalatokat (pl. Bükov - Vasznov 1971; Dévai 1972; Felföldy 1974; Rinaldi 1978; Cox et al. 1976) figyelembevételével megállapíthatjuk, hogy a biológiai vízminőség, valamint a környezethatás problémáival, a változások várható alakulásával, már a tervezés korai szakaszában sokkal behatóbban kellene foglalkozni. Kétségtelen viszont, hogy a problémák lényegének a felmérése, az "ökológiai kiélelés" sürgetése, világviszonylatban csak pár éve merült fel úgy, ahogyan ezt most látjuk.

Megállapítható, hogy a tározók tervezésével és építésével foglalkozó modern mérnöki tankönyvek-kézikönyvek, vagy a biológiai szempontból kiemelkedő limnológiai szakkönyvek, valamint az ezekre rugó szakkikkek közül is csak néhány foglalkozik az említett műszaki létesítmények a környezetre gyakorolt hatásának elemzésével.

Fentiek aláhúzzák a GNVR létesítésével kapcsolatos ökológiai egyensúly felmérésének szükségességét. Ennek alapvető elemei a jelenlegi biocönotikai (növényzet, állatvilág, lebontó szervezetek: baktériumok, mikrogombák) kép, s ennek a fizikai feltételek közvetlen és közvetett hatására bekövetkező, várható változása irányának becslése, prognosztizálása lehet. Ezt támasztja alá a volgai tározó rendszer (Popov 1969; Bükov-Vasznov 1971) számos tapasztalata, amelyek szerint az ilyen jellegű felmérések alapvető célja a biocönológiai szukcesszió ökológiai vizsgálata kell, hogy legyen. Munkánk során - annak első lépcsőjében - a mi vizsgálataink (a növényzeti alrendszer és a halfauna megfelelő felmérése) is erre irányultak.

Megállapítottuk a GNVR által érintett Duna-szakasz legnagyobb részén a potenciális növényzetet. A növényzet potenciális, termőhely minőség jelző térképét légifénykép interpretációval és helyszíni bejárás alapján 1:50000-es léptékű térképlapokon ábrázolva dokumentáltuk.

Az ártér alacsonyabb részein a potenciális vegetációt - a természeteshez közel álló formában - a fűz-nyár ligetek (*Salicetum albae-fragilis*) állományai alkotják, amelyekhez az alacsonyabb térszíneken szegélyszerűen bokor-fűzes állományok

(*Salicetum triandrae*, *S. purpuraeae*) járulnak. A potenciális növényzetnek ez a típusa legnagyobb kiterjedésben a Rajka-Vének közötti területen (Szigetköz) található, ettől keletre Vénektől Neszmélyig a terület mintegy a felére csökken, majd Neszmélytól Nagymarosig keskeny parti sávra korlátozódik, csak a Duna szigeteken és néhány öblötben (Esztergom-Pilismarót, Pilismarót-Dömös, Dömös-Visegrád) alkotva kiterjedtebb állományokat.

A magasabb ártéri szinten potenciálisan a tölgy-szil-kőris ligetek (*Querco-Ulmetum*) termőhelyei vannak, Győr, Gönyű, Ács térségében, Komáromnál, Nyergesujfalunál, a Tát-Esztergomi öblötben, Pilismarót térségében.

Az árteret kísérő magasabb térszinek (plakorok) potenciálisan egyrészt gyöngyvirágos-tölgyes (*Convallario-Quercetum*) állományok (és kis foltokban csatlakozó sztyeppnövényzet) termőhelyei. Ez kiterjedten található a Győr-Komárom közötti szakasz homok-hátságán, kisebb mértékben Neszmély környékén, az esztergomi öblötben és Pilismarótnál.

Korábbi (Borhidi 1956; Simon 1962) és jelenlegi helyszíni vizsgálataink alapján - a klimatikus szukcesszió többézeréves történetét is figyelembe véve - megállapítottuk a biotikus szukcesszió jelenlegi fő irányait.

Az ártéri szukcesszió-folyamatok közül legnagyobb területre kiterjedő, a friss vizes, minaralogén szukcesszió-sor. Az oxigénben gazdag, friss víz ellátású termőhelyek beerdősülése állomásait foglalja magába. Menete gyors, átlagosan 30-50 évre becsülhető. Zátonyokon első állomása a csermelyciprus állomány (amelyet jelenleg fenntart a gyakori elárasztás, homoklerakás). Parti homokon, szigetek magasabb térszínén a növénytakaró fejlődése állomásai a következők: iszapnövényzet - keserűfüves ártéri gyomnövényzet - bokorfüzesek - füz-nyár ligetek - tölgy-szil-kőris liget - gyertyános-tölgyes.

Kiseb területen jellemző a pangóvízes, organogén ártéri szukcesszió sorozat. Ez az oxigénben szegény vízű, mélyebb ártéri szintek, mélyedések (holtágak) beerdősülésének stádiumait foglalja magába. Állományai a következők: hinár - nádas - magassás-rétek - mocsárrét vagy kékperjés láprét vagy fűzláp - égeres láperdő - tölgy kőris liget - gyertyános-tölgyes.

E természetes szukcesszió menetek ismerete teszi lehetővé egyes stádiumaik kulturszarmazékai (mocsári kaszáló rétek, legelők stb.) megfelelő elhelyezését a vegetáció fejlődés menetében. Ezeket ma az ember tartja egy meghatározott "szarmazék-stádiumban" - de a várható változások (szárazodás, nedvesedés) bekövetkezése ezek használatát is módosítani fogja.

A potenciális növényzet megfelelő térszinein a jelenleg található (még meglévő) természetes, a természeteshez közel álló növényzet, növénytársulások a következők:

a) Legelterjedtebb, a természethez közel álló növénytársulás a füz-nyár liget. Mesterséges (ember) szabályozta szarmazékai nedves kaszálók, legelők (főleg Szigetköz, de Vének és Neszmély között is), s helyenként nedves szántók (pl. Dunaalmás, Almásfüzitő).

b) A tölgy-szil-kőris ligetek, az un. keményfa ligetek a jelenlegi vegetáció képében alárendelt szerepet játszanak (Kárpáti 1954). Érthető ez, hiszen termőhelyük - magasabb fek-

vése miatt - alkalmas volt települések térszínéül, s a településekhez kapcsolódó mezőgazdasági kulturák kialakítására. Említésre méltó állományaik csak a Szigetköz területén (a Kisduna közelében) tenyésznek. Mintegy 50 évvel ezelőtt azonban itt is a mainál jóval nagyobb kiterjedésű állományaik voltak (Zólyomi 1937).

c) Vizsgálataink alapján megállapítottuk a homoki és löszös hátságok (plakorok) jelenlegi növénytársulásait. Itt a homoki- és a lösz-erdőssztyepp mozaikjának sztyeppvegetációja az uralkodó. A mozaik erdőrése, a homoki gyöngyvirágos tölgyes csak védett területen (Ácsierdő) fordul elő, töredékes formában.

A potenciális növényzet, a jelenlegi vegetáció, a szukcessziódinamikai folyamatok, valamint a GNVR hatására bekövetkező vízszintváltozások ismeretében prognosztizáltuk az ártéri ökológiai-rendszerek növényzeti alrendszerei várható változásait. Eredményeinket komplex grafikonon ("Duna hossz-szelvény részlet a jelen és várható, ill. tervezhető potenciális vegetációval") és szukcessziós táblázaton foglaltuk össze.

A Hrusov-Dunakiliti Duzzasztómű tározótava területén - ahol a potenciális növényzet, ill. termőhelyeit a fűz-nyár ligetek képviselik - mocsári és hinár növényzet kialakulása a várható. E folyamat végbemenetelét, sebességét mesterséges (emberi) és természetes (pl. iszapfelhalmozódás) tényezők fogják befolyásolni, amelyek felmérhetők, tervezhetők.

A Szigetköz északnyugati, felső kétharmadában (Dunakilit-Dunaremete térségében) a talajvízszint jelentős, 0-3 m-es leszállása következtében - figyelembevétel a helyenként áteresztő kavicsalapkövetet is - potenciálisan tölgyelegyes erdők, esetleg tölgyes-erdőssztyepp termőhely kialakulása várható, ill. az ennek megfelelő félkultur (kaszálórét, száraz legelő) és kultur (szántó-gabona-ágazat) származékoké.

A Duna-ártér Gönyűtől Tátig terjedő szakaszán, nyugatról kelet felé haladva, a talajvízszint fokozatos emelkedésével kell számolni. Ez gyakorlatilag azzal a következménnyel jár, hogy a fűz-nyár liget állományait, ill. termőhelyeit bokorfűzesek, ill. az ezekhez kapcsolódó ártéri mocsárrétek, illetve ezek termőhelyeit váltják fel. E sáv külső szélein változatlanul alkalmas a termőhely a füzes állományok tenyészetére, ezért itt a tervezésnek arra kell törekedni, hogy a Duna-partot jellemző, festői fűz-ligetek mielőbb kialakuljanak. Ugyan e szakaszon a homokos és löszös hátság termőhelyei a zártabb tölgyesek kifejlődése irányába fognak fejlődni (tehát az erdőssztyepp jelleg csökken).

Az Esztergom-Nagymaros szakaszon a talajvízszint emelkedése jelentősebb lesz, ezért itt a fűz-nyár ligetek termőhelyei a hinár termőhelyekig, a tölgy-szil-kőris ligeteké a bokorfűzesekig fejlődik.

Tanulmányunk során eddigi tapasztalataink és helyszíni bejárásaink alapján megállapíthattuk, hogy a GNVR által érintett Duna-szakasz mentén csak néhány helyen van olyan biotóp, növényzet, amely védelmet, fenntartást igényel. Mindenekelőtt a Duna-völgy ismert tájképi szépségét kell egészében az új helyzetnek megfelelően újra kialakítani!

Elsősorban a Szigetköz számos biotópját, növénytakaróját kell, egy - önszabályozásra képes - tehát megfelelő nagyságu területen fenntartani, hogy élővilága, természetes génbankja, néprajzi értéke fennmaradjon a tudományos kutatás, az ember esztétikai gyönyörködtetése számára.

Természetvédelmi objektumokként, mint további védendő területeket jelöltük ki a következő területeket: Szentmihályhegy, Szamarhegy és Kerektó, Neszmélyi lösz- és homok pusztai gyepek, Ácsi erdő.

Tanulmányunk során szükségesnek látszott a genetikai talajtipusok felmérése, s a talajvízszint változásakor várható reagálásuk becslése.

E téren megállapítható, hogy a Szigetköz területének egyes részein, pl. a gát és a Mosoni-Duna között a talajvíz-nívó csökkenése által érintett területek nagy részén tulnyomórészen meszes öntés agyag, vagy agyagos iszap található. Benne a humuszos szint vastagsága helyenként elérheti az egy métert is. Ha a talaj kellően rétegzett, vízvezetőképessége és víztartóképessége jó. Ez a talajtípus a csapadékvizet jól tudja raktározni, tehát a talajvízszint csökkenése valószínűleg kevésbé lesz érezhető.

Az előzetes vizsgálatok szerint közvetlenül a Duna árterén (Doborgazsziget, Cikolasziget, Serfenyősziget) és a Dunaremete-Lipót, Darnózseli-Püski-Halászi közti kisebb területeken homokos vagy homokos vályogon kialakult öntéstalajokat találunk. Ezek jó vízvezetőképességű, de kevésbé jó víztartóképességű talajok. Ebben a térségben a talajvízszint csökkenésének várhatóan nagyobb hatása lesz a talajokra, illetve a vegetációra, mivel a csapadékvizet kevésbé jól raktározó talajokkal állunk szemben.

A talajvízszint változás nem érinti közvetlenül az alábbi területeket: Györladamér-Hédervár,-Darnózseli-Arak-Halászi vonaltól D-re, a Feketeerdő közvetlen térsége, a Dunakiliti alatti keskeny sáv és a Györladamértől K-re huzódó kisebb terület, valamint a Győrzsámoly-Vének közti szakasz.

Mivel a Komárom-Nagymaros közti szakaszon a Duna vízszintje magasabb lesz, ennek következtében megnő a hullámtéren a talajvíz szintje. Ez előreláthatóan nem fogja lényegesen megváltoztatni a talajok jelenlegi állapotát, mivel a feltalaj és a kavicsréteg között változó vastagságu agyagos vagy iszapos víz-záró réteg helyezkedik el.

Munkánk során felmértük az érintett Duna-szakasz teljes halállományát, életfeltételeit, s ennek alapján összefoglaló következtetéseket vontunk le a halfauna-, ill. az élőhely-várható alakulásától.

a) A szigetközi mellékágak vizellátása csökkenni fog, ezáltal a halak szempontjából fontos paraméterei (oxigén tartalom, szervesanyag tartalom stb.) is. Így várható, hogy az ökológiailag igényesebb fajok száma és egyedszáma jelentősen a mai alá esik.

b) A kialakuló tározókban - hasonlóan a vaskapui és osztrák területi tározóknál nyert tapasztalatokhoz - a pontyfélék (Cyprinidae) állományainak ugrásszerű növekedése történik meg!

c) Csökkenni fog a GNVR érintette vízrendszer megfelelő ivóhelyeinek a területe - s ezzel a természetes szaporulat -

különösen a napi vízszint ingadozásoknak kitett térszineken. Talán csak a márna a paduc és a fenékjáró küllő találnek megfelelő ivóterületet a két erőmű közötti Duna-szakaszon.

d) Feltehető, hogy e hatás Nagymaros alatt is jelentkezik.

Fentiek arra hívják fel a figyelmet, hogy egyrészt meg kell keresni az utat a természetes szaporulat megfelelő mesterséges pótlására, másrészt, hogy az ill. Duna meder szakasz ökológiai rendszereit - minél előbb - teljességükben fel kell mérni.

Hivatkozások

- [1] Borhidi, A. (1956): Die Steppen und Wiesen im Sandgebiet der Kleinen Ungarischen Tiefebene. Acta Bot. Acad. Sci. Hung., 2: 24-274
- [2] Bukov, V. D., A. N. Vasznov (ed.) (1971): Kompleksznüje isszledovanija vodohraniliscs, Izdat. Moszk. Univ.
- [3] Cox, G. W. et al. (1976): Dynamic ecology. 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.I.
- [4] Dévai, G. (1972): A Kiskörei Tározó komplex hasznosítása és biológiai vízminősítésének kérdései. OVH-Dok.
- [5] Felföldy, L. (1974): A biológiai vízminősítés. Vizügyi Hidrobiol. (VIDOK), 3. kötet
- [6] Kárpáti, I. (1957): A hazai Duna-ártér erdei. (Cönológiai viszonyok, ökológiai és erdészeti vonatkozások) Kandidátusi értekezés 1-255
- [7] Popov, N. A. (ed.) (1969): Voproszű formirovanije prob-rezsnüh biogeocenzov vodohraniliscs. "Nauka", Moszkva
- [8] Rinaldi, S. et al. (1978): Modeling and control of river quality. McGraw-Hill, N.Y.
- [9] Simon, T. (1962): A Kisalföld természetes növénytakarója. Földr. Közl. 2: 183-193
- [10] Zólyomi, B. (1937): A szigetköz növénytani kutatásának eredményei (Ergebnisse der botanischen Erforschung des Szigetköz.) Bot. Közl. 34: 169-192

EGÉSZSÉGÜGYI ELVÁRÁSOK A FIZIKÁTÓL A KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

BIRÓ ZSIGMOND ÉS MEDVE FERENC

Hajdu-Bihar megyei Közegészségügyi-Járványügyi Állomás,
Debrecen

A környezet védelme az egész emberiség ügye, minden társadalom érdeke és kötelessége. A természetes környezetet eddig ért és egyre fokozódó káros hatások szükségessé teszik a gazdaságfejlesztés és a termelés szabályozását és olyan technológiák alkalmazását, hogy azok a környezet természetes egyensúlyát végleg fel ne borítsák.

Ennek elérésére irányuló törekvések során az alábbi fő feladatok várnak megoldásra:

- I. Ellenőrző hálózat kiépítése;
- II. A környezetünkbe került szennyező anyagok hatásával és sorsával kapcsolatos ismeretkör bővítése;
- III. A szennyező anyagoknak a higiénés határérték alatt tartása.

Vizsgáljuk meg közelebbről ezeket a feladatokat.

I. Az ellenőrző hálózat kiépítése

Jól szervezett mérőhálózat épült ki az elmúlt években hazánkban a levegőhigiéne és vízhiigiéne vonatkozásában.

A levegőhigiéne területén az immissziót (légtéri levegő szennyezettségét) mérő hálózat az Egészségügyi Minisztérium felügyelete alatt áll. A mérő hálózatot szakmailag az Országos Közegészségügyi Intézet Levegőhigiéne Osztálya irányítja. A KÖJÁL-ok közül, általában három megyére kiterjedő hatáskörrel Regionális Immisszió Vizsgáló Állomások (RIV) lettek kijelölve. Ezeknél székhelyein működnek az emisszió (szennyeződés kibocsátás) mérésével megbízott Építésügyi Minőségellenőrző Intézet Állomásai is.

A vízhiigiéne több területen oszlik meg. Ivóvíz, gyógyvíz, fürdővíz vizsgálatát az Országos Közegészségügyi Intézet és a KÖJÁL-ok látják el.

A felszíni vizeknek, elsősorban a kémiai szennyezettségét az Országos Vízügyi Hivatal, illetve annak keretében működő vízminőségi felügyelet laboratóriumai vizsgálják. A biológiai szennyezettség mérését Közegészségügyi-Járványügyi szervek laboratóriumai végzik. A talaj és ételmiszerhigiéne vonatkozásában országos mérőhálózat kiépítése folyamatban van.

Az élelmiszerhigiéne területén az élelmiszerben lévő idegen anyagok kimutatását rendszeresen végzik a KÖJAL-ok, az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet, a Megyei Élelmiszer- és Vegyvizsgáló Intézetek.

A talajhigiéne területén történik a legkevesebb környezetvédelmi vizsgálat, most indult meg a Megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomások kialakítása.

A kiépült mérőhálózat fejlesztése azonban igen fontos feladat. A fizikusoknak itt döntő szerepük lehet. A mérőhálózatot olyan műszerekkel kell felszerelni, amelyek korszerű és folyamatos mérést tudnak biztosítani. Olcsóbbak legyenek, mint a hasonló célú nyugati műszerek. A szocialista országok jelenleg ilyen műszereket nem gyártanak.

Ilyen mérőműszerek kifejlesztésére az alábbi területeken lenne szükség:

- levegőhigiéne
- vízhiéne
- élelmiszerhigiéne
- talajhigiéne
- biológiai anyagok vonatkozásában.

Hogy konkrét példával érzékeltessük a problémát, tekintsük át a levegő szennyezettségének mérésére jelenleg alkalmazott módszereket. A levegőhigiénés mérőhálózat hazai gyártmányú fél-automata levegőmintavevő készülékkel van ellátva, amely kén-dioxid, nitrogénoxidok, korom mintavételezésére alkalmas. A mintákat hetenként begyűjtve, a feldolgozás laboratóriumban, kézi uton történik. Ezzel a módszerrel 24 órás átlagminta értéket lehet mérni. A napi ingadozás, amelyet fontos volna ismerni, ezzel nem mérhető. A nyugati monitor rendszerű mérőműszerek drágák és egy műszer csak egy szennyező anyagot tud mérni. Minden szennyező anyagra külön műszer van kifejlesztve.

Fontos volna megvizsgálni, hogy az ATOMKI által kifejlesztett kvadrupól tömegspektrométert hogyan lehetne alkalmassá tenni erre a célra. Mivel ez a műszer sok szennyező anyagot tud mérni, úgy látszik, hogy sokkal alkalmasabb és jóval olcsóbb lenne ezzel felszerelni a mérőállomásokat, mint nyugati műszerekkel.

Ki kellene dolgozni ezen műszer hordozható (gépjárműbe beépíthető) változatát. A műszer sorozatgyártását a MEDICOR vagy a RADELKIS vállalhatná el.

A levegőben lévő, különböző méretű ionok aránya összefügg a levegőszennyezettség mértékével. Az elektromos térerősség pedig hatással van az ember egészségére. Ezért fontos lenne nagy elektromos centrálék és vezetékek mellett a térerősséget és az ionok mennyiségét makro- és mikrotérben is mérni. Tudomásunk szerint erre nem áll jelenleg rendelkezésre megfelelő módszer.

Folyó és állóvizekben, illetve ezekbe beömlő szennyvizekben a különböző fémek mennyiségének folyamatos mérésére is módszert kellene kidolgozni. Egyes üzemek által emittált fémek mennyiségének mérése sincs megoldva.

II. A környezetünkbe került szennyezőanyagok hatása és sorsa

A vizsgálandó kérdéscsoport két fő területet fog át:

- A szennyezőanyagok hatása a természetre és az élővilágra;
- A szennyezőanyagok sorsa a környezetünkben (viz, levegő, talaj, biológiai anyagok).

Ezen feladatok közül főleg a **szennyezőanyagok hatása a természetre** lehet a fizikusok egyik jelentős kutatási területe. Itt főleg a légkörfizika területén és a különböző sugárzások, de főleg az UV sugárzás változásának követése volna igen lényeges. Nagyon fontos lenne az O_3 -réteg ózon tartalmának állandó figyelése. Ugyanis a levegő szennyeződés mértékéből elméletileg nehéz megítélni az ózonréteg változását. Ezt a kérdést bonyolulttá teszi az, hogy nem ismerjük pontosan, hogy milyen szennyezők, milyen koncentrációban - vannak jelen az ózonréteg térségében. Keresni kell azokat a fizikai-kémiai változásokat, amelyeket a természetben a szennyeződés okoz. Ezeknek az okait fel kell tárni, megszüntetésükre módszert kell kidolgozni.

A **szennyeződés hatása az élővilágra** igen bonyolult. Az ipar által termelt kémiai anyagok nagy részénél nem ismerjük az élő szervezetre, közelebbről az emberre gyakorolt káros hatást. Pl. ma hazánkban közel 400 féle növényvédőszeret használunk, ezek közül alig ötvennek ismerjük az emberre gyakorolt káros hatását. Ezen anyagok ilyen irányú vizsgálata - rövid idejű vizsgáló módszerek hiányában - hosszadalmas. Képtelenek vagyunk arra, hogy az ipar által termelt új anyagoknak az élőszervezetre, közelebbről az emberre történő hatását megvizsgáljuk. Ha ismerjük is a hatást, gyakran nem tudunk kellően védekezni ellene. Ma pl. tudjuk, hogy a daganatos megbetegedéseknek 70-75 %-a a környezeti daganatkeltő anyagok hatására vezethető vissza. E káros hatást azonban kivédeni nem tudjuk.

A környezeti szennyeződés okozta betegségeket **környezeti betegségekként** nevezzük. Ezek közül legfontosabbak a légzőszervi megbetegedések, valamint a szervezet általános ellenálló-képességének csökkenésével kapcsolatos megbetegedések. Környezeti ártalmak hatására csökken a máj méregtelenítő hatása, így módon elősegítik gyomorfekély, vesebetegségek, magasvérnyomás, érelmeszesedés, stb. kialakulását. Jelentős genetikai károsodások is jöhetnek létre környezeti hatásokra. Az elszennyezett környezetünk miatt kialakuló betegségek a legváltozatosabbak lehetnek. A szennyezőanyagok összhatása, a variációs lehetőségek kiszámíthatatlanok, ezért legtöbbször csak szemléltői lehetünk a tragédiáknak.

Az elmondottakból beláthatjuk, hogy a ma élő ember legfontosabb feladata a környezetvédelem, az idevonatkozó kutatások nem tűrnek halasztást. A kutatásoknál együtt kell működni a fizikusoknak a higiénikusokkal, biológusokkal, vegyészekkel. A kutatások egyik sarkalatos problémáját a módszertani kérdések jelentik. Keresni kellene az elektronspin-rezonancia, a neutron-aktivációs analízis, stb. módszerek alkalmazási lehetőségeit. Új módszerek szükségesek ahhoz, hogy a kutatást előre vigyék. Ezeknek bevezetése csak közös munkával lehetséges.

A szennyező anyagok sorsa környezetünkben is igen kiemelt kutatási terület. Nem ismerjük, pl. a környezetünkben lévő daganatkeltő anyagok lebomlási idejét, lebomlásuk körülményeit, biológiai aktivitásuk változását. A legtöbb növényvédőszer utját a környezetünkben nem ismerjük. A légszennyező anyagok egymásra gyakorolt hatását, közöttük lejátszódó kémiai reakciókat ugyancsak kevésbé ismerjük. Előfordulhat az is, hogy kevésbé toxikus szennyezőkből kémiai reakciók útján igen toxikus anyagok jönnek létre. Ezek már nagy egészségkárosodást okozhatnak. Ezeket a kutatási területeken is keresni kell az együttműködés lehetőségeit.

III. A szennyező anyagoknak a higiénés határérték alatt tartása

Ez csak akkor lehetséges, ha az egyes technológiai folyamatok során a szennyező anyagok oly kis mértékben jutnak ki a környezetünkbe, hogy annak mennyisége a higiénés határérték alatt marad. Ennek megoldása rendkívül bonyolult feladat. Gyakorlatilag arról van szó, hogy a technológiai folyamatokat át kell dolgozni, úgy, hogy a fenti követelményeknek eleget tegyen. Sorra kell venni a szennyező objektumokat. A legfontosabbak az egészséget veszélyeztető szennyező források. Így a nehézfém-szennyezők (Pb, Cd, Cu, Co, Zn, stb.) vegyi anyagokat kibocsájtók (CO, NO_x, SO₂, policiklikus aromásszénhidrogének, monomerek, aminok, stb.) por és füst termelők. Az egyes ipari technológiai folyamatokat felül kell vizsgálni. Ahol a szennyeződés keletkezik, ott a technológiát kutatóknak és műszakiaknak át kell dolgozni. Csak olyan ipari technológiát szabad alkalmazni, amely környezeti szennyeződést nem hoz létre. Ha ez nem lehetséges, akkor különböző szűrőberendezéseket kell kidolgozni a keletkezett szennyeződés felfogására. Ez a munka igen sokrétű. Itt minden szakterület megtalálja a maga feladatát. Sajnos ezen a területen még alig történt előrelépés. A technológiai folyamatok megújítását úgy kell elvégezni, hogy az azokkal gyártott tartós fogyasztási cikkek sokkal hosszabb életűek legyenek. Könnyen belátható, hogy a hosszú ideig tartó, tartós fogyasztási cikk gyártása esetén ugyanazon időegységben kevesebb iparcikket kell előállítani, mint a mai rövid ideig tartó tartós fogyasztási cikkekből. A környezet szennyeződés ilyen ipari átrendezés esetén szintén csökken. Ez a csökkenés becslések szerint 40-50 %-os lehet.

IZOTÓPTECHNIKAI MÓDSZEREK A KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

BIRÓ TAMÁS

MTA Izotóp Intézete, Budapest

A XX. század robbanásszerű technikai fejlődésével együttjáró veszedelmes méretű környezetrombolás ellen éppen a korszerű technika ígér számunkra néhány hatékony eszközt. Ezek egyike a nukleáris technika, vagy szűkebb értelemben az izotóptechnika, mely bár - helytelen vagy megfontolatlan alkalmazása esetén - maga is veszélyforrás, de számos egyedülálló lehetőséget kínál más környezeti ártalmak, szennyezések észlelésére és mennyiségi értékelésére is.

A jelen közlemény célja néhány gondolatébresztőnek szánt példa ismertetése az alkalmazások néhány területéről, ezért az izotóptechnika és környezetvédelem fogalmakat az alábbi értelemben használom, nem törekedve a teljességre.

Izotóptechnika (a nukleáris technikánál szűkebb értelemben, tehát a reaktorok és gyorsítók nélkül)

- nyomjelzés stabilis és instabilis (radioaktív) izotópokkal,
- aktivációs elemzés (neutron és gamma aktiváció, röntgenfluoreszcencia)
- sugárkezelés

Környezetvédelem:

- káros anyagok visszatartása
 - alternatív technológia
 - technológia javítása
 - hulladékok kezelése
 - mérő- ellenőrző műszerek
- káros anyagok megjelenésének észlelése, sorsának nyomonkövetése
- a környezet kölcsönhatásainak, összefüggéseinek vizsgálata, tendenciák felismerése

Hazánkban az izotópok felhasználásának mértéke nem marad el a hasonló fejlettségű országokétól, mégis meglehetősen csekély a környezettel kapcsolatos kutatásokra fordított hányad. Az ismertetendő példákat igyekeztem a hazai kutatásokból meríteni.

Nyomjelzés

Az izotópos nyomjelzés - akár mesterségesen hajtjuk végre, akár a természetes izotópösszetétel variabilitását hasznosítjuk - rendkívül szelektív és hatékony módszer a szennyezések eredetének felkutatására, vándorlásának és kémiai átalakulásai-

nak nyomkövetésére és körülményeinek elemzésére. A szennyezések vagy bomlástermékek olyan nagy hígításban is kimutathatók, ami messze meghaladja a legtöbb hagyományos kémiai eljárás teljesítőképességét, és így a hosszú életű helyi vagy globális szennyeződések várható akkumulációja és más tendenciák előre felmérhetők. Érdemes kiemelni, hogy valamely rendszerbe bejuttatott nyomjelzett szennyező vagy bomlástermék akkor is kimutatható, ha a rendszer már szennyezett az adott anyaggal! Nemcsak maguk a szennyezők, hanem a technológia, egyes technológiai berendezések (szűrők, kémények) és a környezeti befogadók is részletesen vizsgálhatók, minősíthetők és megjavíthatók nyomjelzéstechnikai módszerekkel.

A módszer nem új. Elsőnek Hevesy György alkalmazta 1923-ban, amikor növények ólom felvételét vizsgálta a $\text{ThB}^{(201\text{Pb})}$ izotóppal. Stabilis izotóppal, a deutériummal először Urey dolgozott 1931-ben. Nagy lendületet azonban csak az atomreaktorok, gyorsítók és tömegszeparátorok megjelenése után kapott a módszer alkalmazása. Előbbiek a radionyomjelzők százait képesek rendszeresen előállítani és szinte nincs olyan elem, amelynek ne volna hasznosítható radioaktív izotópja. A kibocsátott sugárzás detektálásával extrém érzékenység és specifikusság érhető el (pl. a jelzett DDT a jelenlegi koncentráció mellett is kimutatható). Sok esetben in vivo (roncsolásmentes) vizsgálatok is lehetségesek. Hátrány az általában rövid felezési idő, ezért hosszuidőű folyamatok megfigyelése akadályokba ütközik és egyes fontos elemek (pl. N, O) nem nyomjelezhetők elegendően hosszú élettartamu radioizotóppal. Sajátos lehetőséget kínálnak a természetes (un. primordiális és kozmikus eredetű) radioizotópok: az urán és tórium sorok tagjai, a ^4K , ^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{32}Si , ^{33}P , ^{35}S stb., amelyek óriási lég- és víztömegeket, talajt és kőzeteket jeleznek. Ezek koncentrációjának mérésével a valóságos ökológiai rendszerek, sőt egyes globális geokémiai ciklusok is vizsgálhatók.

Ugyancsak széles körű alkalmazásra tettek szert a stabil izotópok, melyeket a korszerű tömegszeparátorok ma már kilogrammnyi mennyiségben állítanak elő. A detektálás ez esetben a természetes izotópösszetételtől való csekély eltérés meghatározásán alapszik, ami a korszerű tömegspektrométereken könnyebb, gyorsan és pontosan elvégezhető. A stabilis izotópok előnye, hogy nem bomlanak, így a N és O is jelezhető. A leggyakoribb a $^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$, $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$, $^{16}\text{O}(^{17}\text{O})^{18}\text{O}$ és $^{34}\text{S}/^{35}\text{S}$ izotóparányok mérése. Egészen kiváló specifikusságot és érzékenységet szolgáltat a magmágneses rezonancia módszer, amellyel a jelzés helye is megállapítható. A stabilis nyomjelző anyagok speciális esete - egyesek külön kategóriába sorolják - az un. aktiválható nyomjelzők. A stabilis elemet juttatják a rendszerbe (pl. szellőző kéménybe) és később az összegyűjtött mintákat neutronokkal aktiválják és így a nyomjelző elem igen kis mennyiségét kimutathatják, elkerülve a radioaktív nyomjelzéssel járó esetleges nehézségeket. Az eljárást utóaktívációs módszernek is nevezik.

A nyomjelzéses módszer hihetetlenül széles körben használható. Az alábbiakban először az alkalmazási területek egy (önkényes) csoportosítását adom meg, azután néhány példát ismertetek:

- szennyezők (peszticidok, detergensok, ipari termékek és hulladékok stb.) megjelenésének és sorsának megfigyelése, összefüggések felismerése (metabolizmus, táplálék lánc, stb.)
- geokémiai ciklusok megismerése
- hidrológiai vizsgálatok (vizek mozgása, összefüggése, mennyisége)
- technológiák minősítése (kémény, szűrő, stb.)

Peszticidok

- herbicidok (gyomirtók)
- inszekticidok (rovarölők)
- fungicidok (gombaölők)
- bakteriocidok (baktériumölők)
- regulátorok (szabályozók)

A nagy biológiai aktivitású és gyorsan bomló szerek kifejlesztése a növényvédelmi szerkutatók legfontosabb célja, ami egybeesik a mezőgazdasági termésátlagok fokozásának szerektől megkivánt igényével.

Eléggé közismert a DDT ügye, amely betiltása ellenére még hosszú ideig környezetünk, ételünk állandó szennyezője marad, de ugyanakkor hatékony tartalék rovarinváziók (pl. sáskajárás) megfékezésére. Ma 200-400 féle olyan peszticidet állítanak elő, amelyet nagy dózisban alkalmaznak, összesen mintegy 10^9 kg/év mennyiségben. A hatékonyság és a szelektivitás növelése, de az ártalmak csökkentése érdekében újabb és újabb termékekkel kísérleteznek. A hatásmechanizmus és bomlásmechanizmus vizsgálata nyomjelzés nélkül szinte nem is képzelhető el.

Szerencsére a szerves vegyületek több módon is jelezhetők, minden fontos alkotó elem behelyettesíthető valamely alkalmas izotóppal:

	C	H	O	N	Cl	P	S
radio	^{14}C	^3H			^{36}Cl	^{32}P	^{35}S
stabilis	^{13}C	^2H	^{18}O	^{15}N			

Az MTA Izotóp Intézetben vizsgálták az egyik legfontosabb hormonbázisú herbicid problémáját. A 2-4-D (diklór fenoxiecetsav) gyártása során egy teratogén vegyület, poliklórozott oxim is keletkezik. ^{14}C -vel jelzett prekuzort állítottak elő, amellyel a gyártástechnológia feltételeit úgy lehetett megváltoztatni, hogy a végtermékbe a káros melléktermék még nyomokban sem jelenik meg.

Az inszekticidok között fontos szerepet kaptak a foszforsav észterek (és a karbamátok, ditiokarbamátok is), amelyek a DDT helyettesítésére szolgálhatnak. Az MTA Izotóp Intézetben ^{14}C jelzéssel végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy bomlása lassabb a vártnál, maradványai kimutathatók a folyó és ivóvizekben, sőt a vérszérumban is.

Egyes kéntartalmú foszforsavészter származékok biológiai aktivitása jelentősen fokozódik, ha a kén egy, vagy két lépésben feloxidálódik. A kémiai szerkezet és a biológiai aktivitás közötti összefüggések és a bomlásmechanizmus csak jelzett preparátumok segítségével tanulmányozható.

A foszforsavészterek nyomainak rutinszintű kimutatása a vegületnek az acetilkolineszterázzal alkotott komplexén alapszik ami specifikus gátlást okozva, nem bontja az acetilkolint kolinra és ecetsavra. Az acil gyökön ^{14}C -vel jelzett acetilkolint az enzim bontja, és a felszabaduló ecetsav mennyisége a gátlás mértékével vagyis a foszforsavészter mennyiségével arányos. Ilyen módon humánszérumban, vagy környezetünkben (ivóvizben, felszíni vizekben, stb.) a foszforsavészter szint értékelhető, a kifejlesztett radiobiológiai módszer segítségével 10^{-7} - 10^{-8} mol/l szinten. Ezt a módszert alkalmazza az MTA Izotóp Intézete a KÖJÁL-lal, a VITUKI-val együttműködve.

NPN (non protein nitrogen). Nem kétséges, hogy az élelmszertermelés fokozására felhasznált nitrogén műtrágyák súlyos gondokat okoznak az ökológiai egyensúly megőrzéséért fáradozóknak. Az évente mintegy 30 Mt nitrogénnek mindössze 50-60 %-a kerül a termésbe. Fontos kérdés először is, hogy hová kerül a többi, de még fontosabb, hogy miként lehet a veszteséget csökkenteni. Hazánkban is végeztek ilyen vizsgálatokat ^{15}N (stabilis) izotóppal. A nyomjelzett nitrogén alkalmat adott az NH_3 , NO_3^- , karbamid nitrogén mozgékonyságának, a növény nitrogén felvételének, fehérjébe való beépülésének részletes vizsgálatára. Az eredményekből fontos következtetéseket lehetett levonni a műtrágya alkalmazásának konkrét feltételeire: pl. célszerű amonitrátot mellőzni, jobb a karbamid vagy NH_3 használata, különösen ha a nitrogén műtrágyák NPK komplexe formájában alkalmazzák, és azt nemcsak Mg mezo-elemmel, hanem nutritív mikroelemekkel is kiegészítik. Ez utóbbiak a nitrát és nitrit szint jelentős csökkentésével is kitűnnek, amely révén a humántoxikus nitrát, nitrit szint és a karcinogén nitrózó-amin tartalom csökkenése révén a környezet veszélyeztetettsége is csökken.

Ugyancsak az MTA Izotóp Intézet programja olyan új típusú, citokinin-szerű regulátorok kifejlesztése, amelyek a kulturnövényekben csökkentik a nem protein nitrogén (NPN) tartalmat nemcsak a levelekben, hanem a termésekben is. Ez a program olyan hatóanyagokat fejlesztett ki, amelyek csökkentik a humántoxikus nitrát és nitrit mennyiséget és egyidejűleg növelik a fehérje nitrogén tartalmat a fehérje szintézis révén.

Az említett példák azt is demonstrálják, hogy a nyomjelzéses kísérletekkel eredményesen vizsgálhattuk a várható környezeti következményeket, és kedvező irányban befolyásolhattuk az alkalmazást, sőt a gyártást is. A nyomjelzéses technika az egyik legfontosabb eszköz a peszticidek szelektív toxicitásának és megfelelő tartósságának, helyes adagolásának és bomlásmechanizmusának optimalizálásában.

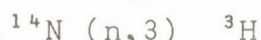
Geokémiai ciklusok

Környezetünk jelenlegi állapotának, várható változásainak megállapítása, továbbá egyes szennyezők sorsának felmérése csak a globális geokémiai körforgás ismeretében képzelhető el. Ilyen tömegű anyagok mesterséges nyomjelzése nem lenne könnyű feladat és talán nem is volna megengedhető. Ennek ellenére - sajnálatos módon - a légköri nukleáris robbantások hatalmas mennyiségű radioaktív izotópot juttattak környezetünkbe, akaratlanul

is nyomjelezve a felső légrétegeket. Ily módon egyrészt újabb ismereteket szerezhethetünk a légtömegek mozgásáról, összefüggéseiről (mivel a robbantásokat az északi féltekén hajtották végre, pontosíthattuk adatainkat pl. az északi és déli félteke lég-cseréjének mértékéről), másrészt a kihullás és a csapadék közvetítésével a bioszféra legtöbb összetevője nyomjelzetté vált és számtalan újszerű vizsgálat vált lehetségessé.

Az előadásnak nem célja e téma részletes ismertetése, ezért itt csak röviden vázolom a természetes radioizotópokkal és az izotóparány variációkkal kapcsolatos lehetőségeket.

A Föld korával összemérhető élettartamu, ún. primordiális radioaktív izotópok (elsősorban az urán, tórium és leányelemek, valamint a ^{40}K) általában kis koncentrációban, de az egész litoszférában megtalálhatók. Bár korlátozott mértékben, de felhasználhatók bizonyos összefüggések felismerésére (ismeretes pl. az urán koncentrálódása tözeges talajokban). Sokkal szélesebb körű azon radioizotópok felhasználása, amelyek a felső légrétegekben folyamatosan keletkeznek a nagyenergiájú kozmikus részecskék kiváltotta magreakciókban. A legismertebb a ^3H és ^{14}C keletkezése nitrogénből:



Ez a két izotóp a bioszféra két legfontosabb elemét nyomjelzi és élettartamuk lehetővé teszi a néhány száz, ill. a néhány száz tizezer év időtartamu folyamatok tanulmányozását is. A többi indukált radioizotóp ugyancsak érdekes lehetőségeket kínál, kimutathatóságuk nehézségei vagy rövid felezési idejük azonban korlátokat állít. A legfontosabbak (zárójelben a felezési idők):

^7Be (53 nap)	^{10}Be ($2,5 \times 10^6$ év)	^{32}Si (700 év)
^{32}P (14 nap)	^{33}P (25 nap)	^{35}S (87 nap)
^{36}Cl (3×10^5 év)	^{39}Ar (270 év)	

Hidrológia

A vízgazdálkodás ipari és mezőgazdasági tevékenység elsősorban de a víz oly szorosán kapcsolódik alapvető létfeltételeinkhez, hogy a környezet minőségének megóvása nem korlátozható egyszerűen a víztisztaságra, hanem minden, ami a természetes vizekkel összefügg, többé-kevésbé ide is tartozik.

Mind a természetes, mind a mesterséges nyomjelzők jól felhasználhatók a vízkészletek felmérésére, víztárolók összefüggéseinek, vízmozgások irányának és sebességének, a talaj és növény vízgazdálkodásának tanulmányozására. A természetes radioizotópok azonosak a geokémiánál említettekkel, a legfontosabbak a ^3H , ^7Be , ^{14}C , ^{32}Si , ^{39}Ar . A mesterséges radioizotópok alkalmazásának lehetőségei elég korlátozottak, éppen a vízminőség megóvása érdekében. Főként néhány rövid felezési idejű izotóp jön számításba: ^{24}Na , ^{82}Br , ^{131}I .

A vizsgált problémákból néhány példa:

Felszíni vizek vízháztartása, keveredése. Hazánkban a VITUKI végzett vizsgálatokat a Balaton tanulmányozása céljából. A

természetes (ma döntően a nukleáris robbantásból eredő) trícium eloszlása a tóban jellemző a Zalából származó víz mozgására, keveredésére.

Felszín alatti vizek.

A nyomjelzés nemcsak hatékony, de sokszor kizárólagos lehetőség a vízkészlet, utánpótlás, mozgási irányok, stb. megállapítására. A mélyebb vízrétegekbe csak hosszabb idő után jut el az a víz, amely a csapadékból táplálkozva a felszínen megjelenik. Ez az idő több év is lehet, ami alatt a trícium koncentrációja a vízben a radioaktív bomlás következtében csökken, és a rétegből kivett víz kora megállapítható. A stabil izotópok aránya ($^2\text{H}/^1\text{H}$ és $^{17}\text{O}/^{18}\text{O}$) a párolgás, lecsapódás izotópeffektusa miatt a víz eredetéről árulkodik, és így a szárazföldi és óceáni eredetű víz megkülönböztethető.

Üledékek, hordalékok. Az óceáni üledék tanulmányozására alkalmasak a berillium izotópok, melyeket a légköri csapadék mos ki a troposzférából, majd a tenger mélyére jutnak. Hordalékok mozgását hazánkban is vizsgálták, úgy, hogy a szemcsékbe kemény gamma sugárzó izotópot (pl. ^{198}Au , ^{65}Zn) építettek be, és a jelzett hordalékok mozgását szcintillációs detektorral követték. (VITUKI-Izotóp Intézet).

Szennyvíz beömlések. A szennyvíz nyomvonala, a keveredés, ill. higulás mértéke jól követhető a szennyvízbe juttatott radioaktív nyomjelzővel, amely többnyire rövid felezési idejű radioizotóp, pl. ^{82}Br (36 óra), ^{131}I (8 nap). A megfigyelés lehet folyamatos helyszíni vagy mintavételezéses.

Technológia

Korábban már szerepelt egy példa a gyártástechnológiák megváltoztatására: a 2-4-D herbicid esete. Az alábbiakban három példán mutatom be a légnemű szennyezők kibocsátására szolgáló berendezések vizsgálatát, megjegyezve, hogy a nyomjelzés lehetőségei nem szűkülnek le erre a területre.

Szűrő hatásfok mérése. Az Izotóp Intézetben kidolgozták a szűrési hatásfok radioizotópos ellenőrzési módszerét, amely nagy érzékenysége (10^{-17} - 10^{-16} gekv/cm³) folytán a szűrési mechanizmus részleteinek tanulmányozására is alkalmas. Szintetikus monodiszperz aeroszolt állítanak elő radioaktív irídiumból kondenzációs módszerrel. (0,32 μm). A módszer laboratóriumi, félüzemi és üzemi in situ mérésekre is alkalmas, egyrészt prototípusok minősítésére, másrészt beépített vagy már működő berendezések hatásfokának, esetleg tömitetlenségeinek ellenőrzésére. Fontos eredményeket kaptak az un. két és háromdimenziós (viszkózaszál) szűrők dinamikus viselkedésére, optimális tervezésére és üzemeltetésére vonatkozóan.

Tömitetlenségek kimutatása. Leggyakrabban ^{85}Kr nyomjelzőt alkalmaznak. Megvizsgálták pl. egy kőolajfinomító kéndioxid kinyerő berendezését, a tömitetlenség mértékét és helyét megállapították.

Kéményen kibocsátott szennyezők terjedése. Mivel igen nagy higulásra lehet számítani, ez esetben az un. utóaktivációs módszer a legkézenfekvőbb. Olyan elemet célszerű használni, amely az adott környezetben nem fordul elő és nagy a neutron aktivációs hatáskeresztmetszete. Legtöbbször a diszpróziumot használ-

ták, pl. $DyCl_3$ formában, néha a lantán és a kobalt is alkalmasnak bizonyult. A vizsgált területen elhelyezett aeroszol mintavevőkkel begyűjtött minták neutronaktivációs elemzésével 10 km-es körzetben is megállapítható volt a szennyezés eloszlása.

Egyéb témakörök

Két példát említek a fenti témakörökbe nem sorolható nyomjelzéstechnikai alkalmazásokból.

Fitoplankton aktivitás mérhető úgy, hogy a vizsgált mintát zárt térben $^{14}CO_2$ -vel hozzuk össze, majd a jelzett széndioxid mennyiségét visszamérjük. (A módszer lényegében azonos a Viking űrszondában alkalmazottal).

A DDT jelezhető deutériummal. Ez esetben, mivel a C-D kötés erősebb, mint a C-H kötés, leküzdhető volt a DDT-re már rezisztens baktériumok lebontó aktivitása. Persze nem kizárt, hogy később a jelzett DDT-vel szemben is rezisztencia alakuljon ki.

Aktivációs elemzések

A neutronaktivációs elemzés talán a legismertebb nukleáris módszer a környezeti szennyezések kimutatásában, de mivel reaktort vagy legalább is neutrongenerátort igényel, nem tartozik szorosan az előadás tárgyához. Ugyancsak helyhez kötött nagyberendezést igényel a még kevésbé elterjedt ún. fotonaktivációs módszer: részecskegyorsítók nagyenergiájú (10-30 MeV) fékezési röntgensugárzásával is létrehozhatók alkalmas magreakciók.

Kisebb intenzitású neutron és gamma sugárzási terek radioaktív sugárforrásokkal létrehozhatók, és így módon szállítható analitikai berendezések készíthetők. Neutron forrásokat eddig inkább csak ipari elemzési feladatokra alkalmazták, külön említést érdemel viszont a teljesen hazai kutatásokon (Izotóp Intézet) alapuló gamma aktivációs módszer. 450-1500 TBq (10-30 kCi) ^{60}Co sugárforrással és alkalmas mintamozgató és detektáló berendezéssel 0,1-10 mg/5 cm³ a kimutathatósági határ Se, Br, Sr, Ag, Cd, In, Hf, Ir, Au és Pt elemekre. Ilyen berendezés esetleg fémszennyezők kibocsátásának folyamatos ellenőrzésére volna alkalmas.

Egyre nagyobb népszerűségnek örvend az izotópos röntgenfluoreszcenciás elemzési módszer. Itt elsősorban azt kell hangsúlyozni, hogy a korszerű nagyaktivitású és speciális kivitelű sugárforrások (valamint a korszerű detektorok) lehetővé tették olyan hordozható általános vagy célkészülékek megépítését, amelyek sokelem egyidejű, szelektív, roncsolásmentes és gyors meghatározására alkalmasak.

Két típust különböztetünk meg:

- kis koncentráció nagytömegű mintában
- (pl. szennyvíz) kimutatási határ 0,1-100 ppm
- nagy koncentráció kis tömegű mintában
(pl. aeroszol szűrő) kimutatási határ 10^{-3} -1 ppm.

A kimutathatósági határ jelentősen csökkenthető, ha a minta feldolgozás során koncentrálást is alkalmazunk. A szokásos módszerek ioncsere, kelátpapír, együttes lecsapás, elektrokémiai kinyerés, stb. Sajnos a módszer a szilíciumnál kisebb rendszámú elemek kimutatására nem alkalmas, legalább is gyakorlati szempontból. További részletek a konferencia egy másik előadásában találhatóak.

Egyéb aktivációs módszerek

- Mössbauer analitika. Elsősorban vas meghatározására használható, a vas kémiai állapotai is kimutathatók.
- Elektronbefogásos detektorok (pl. gázkromatográfokban). Számos organikus, halogén, fém, stb. szennyező mutatható ki a levegőben ezekkel a készülékekkel, amelyek ^3H vagy ^{63}Ni sugárforrást tartalmaznak.
- Béta abszorpciós pormérő. Ipari körülmények között is alkalmasak a levegő porkoncentrációjának folyamatos vagy szakaszos (szűrő) mérésére.

Sugárkezelés

Az ionizáló sugárzások közvetlen ipari hasznosítására sok kísérlet történt, eddig kevés eredménnyel. Némileg hasonló a helyzet a környezetvédelmi alkalmazásokkal is, bár mind több javaslat, kísérlet készült újabban. A lehetőségek illusztrálására szolgáljanak az alábbi példák:

- festékbevonatok sugárkezelése. Egyes autoalkatrészek bevonatainak kezelésére már üzemszerűen alkalmazza a Ford cég, mivel a hőkezelésnél a környezetszennyezés nagyobb volt.

- Humán szennyviz (iszap) kezelése (fertőtlenítés, ill. a tisztíthatóság fokozása). Jelentősége igen nagy, sajnos eddig sem a hatékonysága sem gazdaságossága nem tisztázódott egyértelműen. E téren hazai kísérletek is történtek (Phylaxia-KÖJAL).

- Textilipari szennyvizek festéktartalmának roncsolására tettek javaslatot. A fenol és cianid tartalom ugyancsak csökkenthető.

- Erőművekből távozó gázok kéndioxid tartalmának kinyerése a sugárzás aeroszol, ill. H_2SO_4 ködképződés fokozó hatására alapítva (Japán kísérletek).

- A teflon gyártásnál keletkező teflon hulladék hasznosítására már üzemszerűen alkalmazzák a besugárzást, miáltal a hulladék spray gyártására válik alkalmassá.

- Vinilklorid hulladék polimerizálható besugárzással és így veszélyessége csökken (Japán javaslat).

- SIT (Sterile Insect Technique). Közismert módszer a kártékony rovarok pusztítására a hímek sterilizálása. Afrika 13 millió km^2 -én élő cece legyek irtására ezt a módszert is bevetették.

A felsorolt példák igazolják, hogy az izotópos módszerek sokoldalúak, számos területen ma már nélkülözhetetlen segítséget nyújtanak a közvetlen környezetvédelemnek, valamint a hatékony és megfontolt környezetvédelmet szolgáló alap kutatásoknak. Talán sikerült azt is érzékeltetni, hogy e módszerek lehetőségeit még nem használtuk ki teljesen, úgy tűnik hazánkban sem.

Hivatkozások

A témával kapcsolatos néhány összefoglaló cikk, tanulmány, ill. konferencia kiadvány:

- [1] Nuclear Techniques in Environmental Pollution, Proc. Symp. Salzburg 1970. IAEA (1971)
- [2] Isotope Ratios as Pollutant Source and Behaviour Indicators. Proc. Symp. Vienna, 1974, IAEA (1975)
- [3] Measurement, Detection and Control of Environmental Pollutants, Proc. Symp. Vienna 1976, IAEA (1976)
- [4] Antoni F. et al.: A nukleáris technika alkalmazása a környezetvédelemben, Izotóptechnika (Bp) 16 (1973) 639-653
- [5] F. P. W. Winteringham: Food and Environmental Quality Protection, IAEA Bulletin 17, 5, (1975) 14-25.

A PAKSI ATOMERŐMŰ SUGÁRVÉDELMI KÖRNYEZETELLENŐRZŐ RENDSZERE

DEME SÁNDOR, FEHÉR ISTVÁN, ANDRÁSI ANDOR, ERDÉLYVÁRI ISTVÁN,
RÖVID MÁRTON, ZOMBORI PÉTER, KOBLINGER LÁSZLÓ, PADOS FERENCNÉ
ÉS MOLNÁR JÁNOS

MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének Sugárvédelmi
Főosztálya, Budapest

Az ERŐTERV és az ERBE megbízása alapján főosztályunk dolgoz-
za ki és a KFKI fővállalkozóként valósítja meg a Paksi Atom-
erőmű sugárvédelmi környezetellenőrző rendszerét. A rendszer
kidolgozásánál az erőmű rendelkezésre álló dokumentációját, a
hatósági előírásokat, az irodalmi forrásmunkákat, valamint a
KFKI környezetellenőrzésében másfél évtized alatt szerzett ta-
pasztalatainkat vettük figyelembe.

A rendszer leírása.

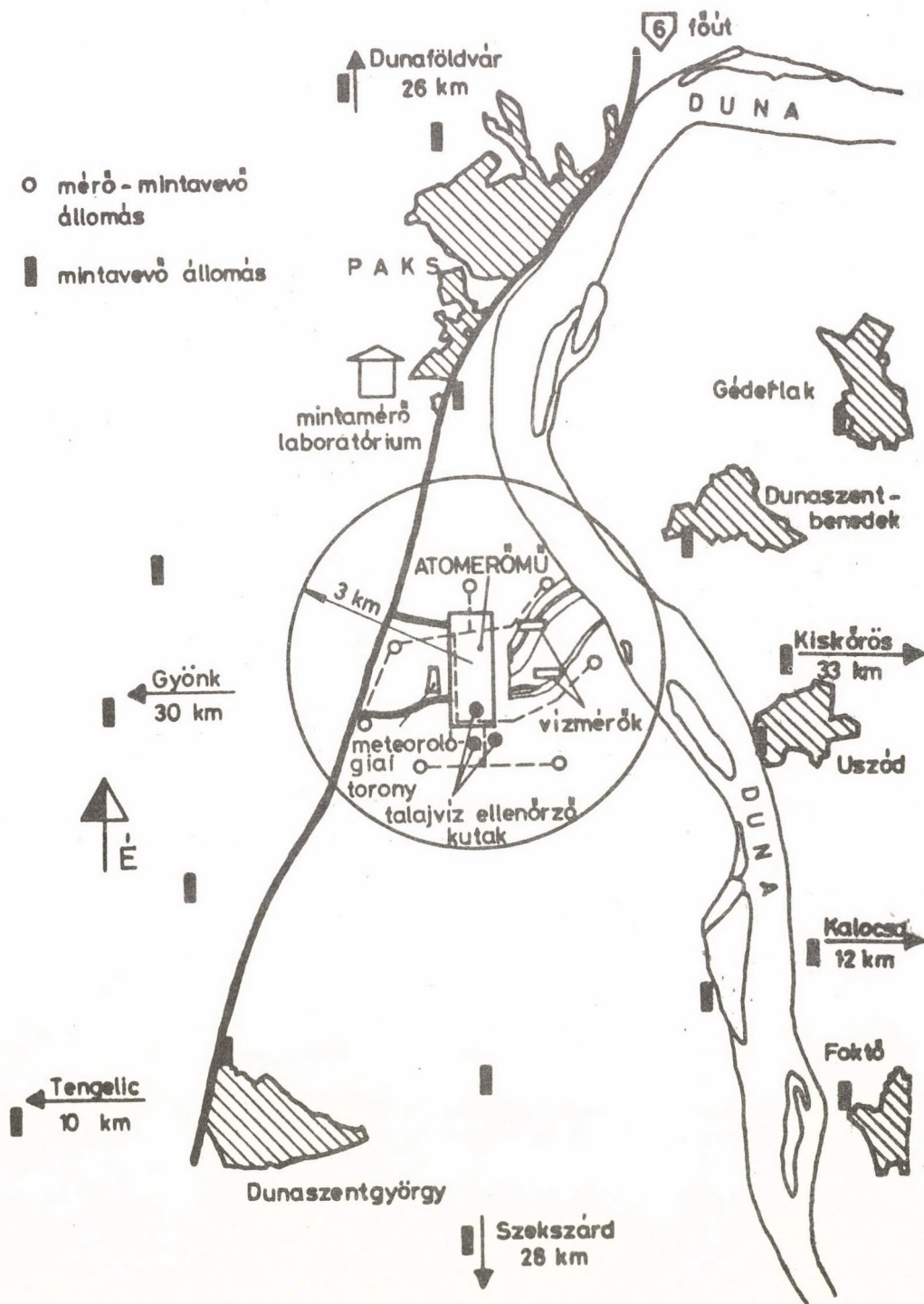
A sugárvédelmi környezetellenőrző rendszer főbb részei a kö-
vetkezők:

1. A kibocsátást mérő rendszer
2. A meteorológiai mérőtorony
3. A mérő-mintavevő állomások
4. A mintamérő laboratórium
5. A mozgó laboratórium

A kibocsátást mérő rendszer része az erőmű technológiai be-
rendezéseinek, ezt a szovjet fél szállítja. Folyamatosan méri
a kéményen és a hűtővizzen keresztül eltávozó radioaktív anyagok
koncentrációját.

Az erőmű mellett (1. ábra) egy 120 méter magas meteorológiai
mérőtorony épül. A torony műszerei regisztrálják mindazokat a
paramétereket, amelyek a szellőzőkéményen keresztül kibocsátott
radioizotópok terjedésének meghatározásához szükségesek. Az Or-
szágos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) az erőműnél egy, az or-
szágos időjárás-előrejelző rendszer részét képező főállomást
is telepít.

A Pakson épülő meteorológiai mérőtorony és a környezeti
mérőállományok az országban egyedülálló lehetőséget nyújtanak
a légszennyeződés terjedési modelljének vizsgálatára, mert a
mérőrendszer segítségével mód nyílik a számított és mért radio-
aktív környezet szennyeződés összehasonlítására, a modellek
finomítására. Az így kapott eredmények felhasználhatók lesznek
a hagyományos légszennyezők terjedésének számításánál is.



1. ábra. A Paksi Atomerőmű környezetellenőrző rendszere

Az erőmű mintegy 1,5 km-es sugaru körzetében 7 db mérőállomás kábeles összeköttetésben áll az erőmű dozimetriai vezénylőjében elhelyezett 48 csatornás, CAMAC-rendszerű digitális adatgyűjtő rendszerrel, amelyhez még a meteorológiai detektorok, valamint a kibocsátásmérők is csatlakoznak. Az adatgyűjtő eredményeit R-40-es számítógépen kívánjuk feldolgozni, s a kapott adatokat felhasználjuk az esetleges baleseti kibocsátások terjedésének gyors meghatározásához, illetve prognózisához. A mérőállomások a gamma-sugárzás intenzitásának és a levegő radiojód koncentrációjának távmérésére, az aeoszol és fall-out mintavételre, valamint a gamma-dózis mérésére is szolgálnak. További 17, távolabb elhelyezett állomás csak mintavételre és a gamma-dózis mérésére szolgál. A vizaktivitás mérésére az erőmű hideg- és melegviz csatornájánál vizmintavevő és mérő állomás létesül.

A mintavevő állomások mintáit, valamint az egyéb környezeti mintákat (pl. tej, növényzet, Duna-iszap) a paksi lakótelepen épülő mintamérő laboratóriumban készítik elő mérésre. A kis aktivitás mérésére alacsonyhatterű Ge(Li) és NaI(Tl) gamma-spektrométerek és automata mintaváltós béta-számlálók szolgálnak. Egyes minták (pl. tej, víz) kémiai dúsítás után kerülnek mérésre. A mérési adatok feldolgozása számítógéppel fog történni.

A háttérsugárzás (nullaszint) üzembehelyezés előtti és későbbi helyszíni mérését egy terepjáró gépkocsiba szerelt gamma-spektrométer teszi lehetővé. Ez a mérőberendezés lehetőséget ad egy részletes országos sugárzási háttérszint felmérésére is, amely a lakosság sugárterhelésének megállapításához nyújtana megbízható alapot.

Megvalósítás.

A KFKI-n belül a Sugárvédelmi Főosztály látja el a munka koordinálását, valamint végzi a rendszerhez szükséges kutatási-fejlesztési tevékenység zömét. Jelentős a KFKI Részecske és Magfizikai Kutató Intézet Technikai Főosztályának közreműködése, itt készítik el a CAMAC adatgyűjtő rendszer, valamint a távmérő állomások elektronikus egységeit.

A munka elvégzésében mint alvállalkozók résztvesznek más intézmények is. A hosszú felezési idejű izotópok mérési módszereit az Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet dolgozza ki, a tricium nagyérzékenységű mérésében az Izotóp Intézet működik közre, a természetes radioaktív anyagok talajban való meghatározását a Mecseki Ércbánya Vállalat Egészségügyi Szolgálat végezi. A meteorológiai kérdések megoldásában az Országos Meteorológiai Szolgálat segít. A fenti intézmények az általuk kidolgozott módszerekkel elvégzik a nullszint felmérését, s a későbbiekben is mérik a mintákat.

A teljes rendszer kiépítésének és átadásának határideje 1980 közepe. 1977 végéig elkészült a rendszer koncepciójának kidolgozása, a műszaki és kiviteli terv, a különböző berendezések prototípusainak mintegy fele. A szcintillációs spektrométerrel folytatandó háttérfelmérés módszerének részletes leírása, adaptáltuk az R 40-es számítógépre az Environmental Pro-

tection Agency (USA) által kiadott AIREM terjedésszámítási programot, megkezdődött a nálunk rutinszerűen használt mérési módszerek felülvizsgálata, korszerűsítése.

Hivatkozások

- [1] Deme S., Fehér I.: A Paksi Atomerőmű környezeti sugár-
védelmi ellenőrző rendszere, Beruházási program, 1975
- [2] Deme S., Fehér I., András A.: A Paksi Atomerőmű környe-
zeti sugárvédelmi ellenőrző rendszere. Műszaki terv, 1976
- [3] Deme S.: A nukleáris létesítmények környezetellenőrzésének
egyes kérdései, Izotóptechnika, 19 (1976) 17
- [4] Deme S., Zombori P.: A gamma-sugárzás helyszíni mérése a
nukleáris létesítmények környezetellenőrzése céljából,
Izotóptechnika, 20 (1977) 245

MIKROANALITIKAI VIZSGÁLATOK LEHETŐSÉGE GYORSITOTT RÉSZECSKENYALÁB RUGALMAS SZÓRÁSÁNÁL

BORNEMISZA GYÖRGYNÉ, KOLTAY EDE, SOMORJAI ENDRE,
TÖRÖK ISTVÁN ÉS URAY ISTVÁN

MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen

Nagyenergiájú töltött részecskenyaláb mesterséges atommag-átalakulási folyamatok - magreakciók - vizsgálatára való alkalmazása során nagy valószínűséggel játszódnak le olyan folyamatok is, ahol a bombázó nyaláb részecskéi nem jutnak el a magerők hatótávolságáig, hanem rugalmas szórást szenvednek a bombázásnak kitett céltárgy atommagjainak Coulomb-terén. Meg lehet mutatni, hogy az ilyen, ugynevezett Rutherford-szórási folyamatból kilépő részecskék egyértelmű információt hordoznak a szóró centrum tömegéről és az adott típusú szóró centrumok relatív számáról a céltárgyban. A Rutherford szórásra ilyen módon nukleáris mikroanalitikai módszer építhető fel.

A Magyar Tudományos Akadémia debreceni Atommagkutató Intézetének 5 millió Voltos Van de Graaff generátoránál [1] magfizikai méréseink során rendszeresen észleljük ezeket a rugalmasan szórt részeket s vizsgálatuk útján állandóan figyelemmel kísérjük a céltárgy tömegszám szerinti összetételét s annak állandóságát. Így szerzett tapasztalataink megerősítik azt az irodalomból ismert megállapítást [2], hogy a Rutherford-szóráson alapuló mikroanalitikai módszer speciális vonásai alapján előnyösen egészíthet ki más, itt nem tárgyalandó nukleáris mikroanalitikai módszereket. A következőkben a céltárgy összetevőinek meghatározásának kérdéseivel foglalkozunk, s nem térünk ki azokra az első sorban szilárdtest fizikai alkalmazásokra [3] amelyek célja koncentrációprofilok meghatározása a minta mélysége mentén.

A módszer alapjai

A rugalmas szórás megjelölés arra utal, hogy a folyamatban energiafelszabadulás vagy energiadiszipáció nem történik; a bombázó rész és a céltárgymag tömegközéppontjához rögzített koordinátarendszerben a szórt részecske energiája azonos a belépőével. A laboratóriumi rendszerben megfigyelhető E részecskeenergia az energia- és impulzusmegmaradás tételéből

$$E = E_0 \frac{[a \cos\theta + \sqrt{a^2(\cos^2\theta - 1) + A^2}]^2}{(A+a)^2} \quad (1)$$

nek adódik, ahol E_0 a belépő részecske energiája,
 θ a szórt részecske iránya
a ill. A a bombázó, illetve a szóró
mag tömege.

A szórási folyamat létrejöttének valószínűségét mérő szórási hatáskeresztmetszet

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{Z_1 Z_2 e^1}{2E_s \sin^2 \theta} \right)^2 \frac{\{\cos\theta + [1 - (\frac{a}{A} \sin\theta)^2]^{1/2}\}^2}{[1 - (\frac{a}{A} \sin\theta)^2]^{1/2}} \quad (2)$$

ahol Z_1 illetve Z_2 a bombázó, illetve
a szóró mag rendszáma,
 e az elektron töltése,
 E_s a bombázó mag energiája közvetlenül
a szóródás előtt.

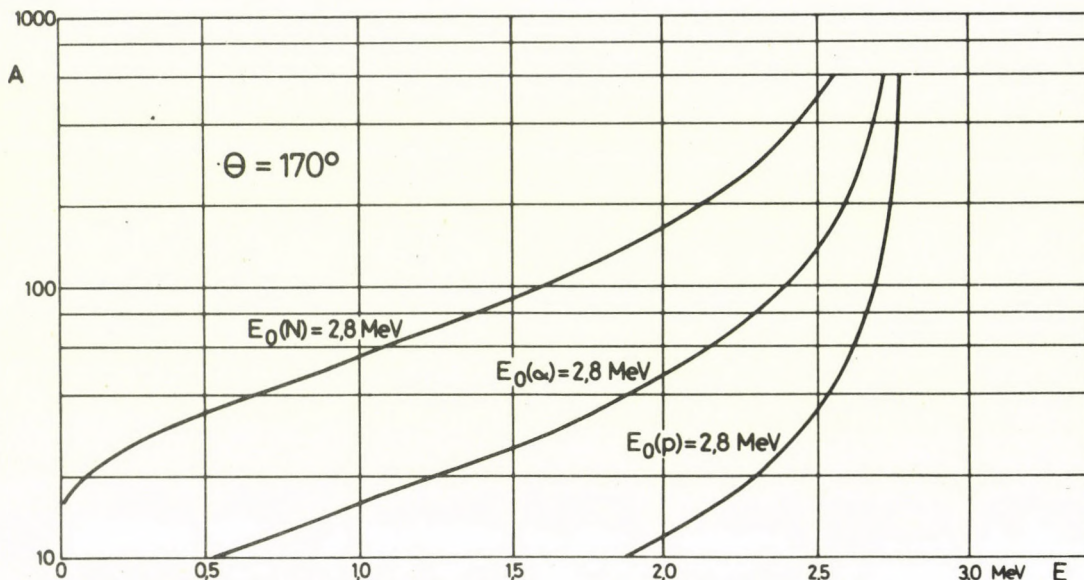
A felírt képletekből a következő szabályszerűségeket olvashatjuk le:

- a szórt részecske energiája adott E_0 , a és θ mellett a szóró atommag tömegszámától függ. Így az $i=i(E)$ energiaspektrum felvétele a céltárgy tömegszám szerinti analízisét jelenti,
- a módszer szelektivitása az egységnyi tömegkülönbséghez tartozó szórt energia különbséggel jellemezhető. Ennek értéke E_0 -al, a bombázó részecske tömegszámával és a szórási szöggel nő,
- a módszer érzékenységét meghatározó szórási keresztmetszet a szórócentrum, ill. a részecske rendszámával négyzetesen nő, míg a bombázó energia négyzetével fordítottan arányos.

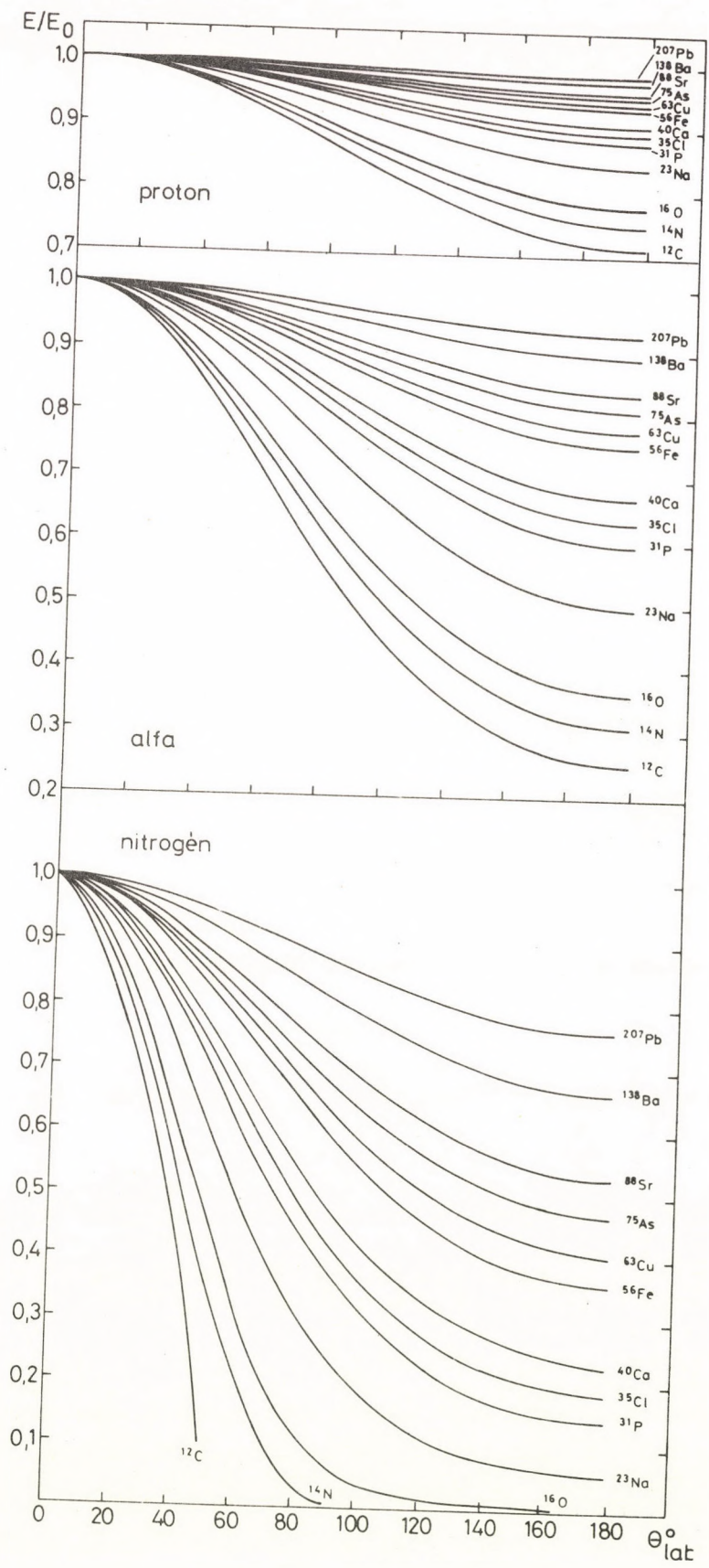
A kísérlet optimális körülményeinek biztosításához a vizsgálandó anyagmintát $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ rendű vastagságúra preparálva, hasonló vastagságú hátlapfólián kell a nyaláb útjába állítani (differenciális céltárgy). Bizonyos esetekben lehetőség van arra, hogy az eredeti anyagmintán végezzünk méréseket roncsolásmentesen (integrális céltárgy). A szórt részek energiájának mérése felületi záróréteges félvezető detektorral történik. A céltárgy és a detektor nagyvákuumra leszívott szórókamrában van elhelyezve, ahol lehetőség van a szórási szög és a detektor-céltárgy távolság optimális értékre való beállítására. A detektor elektromos impulzusait sokcsatornás amplitúdóanalizátor dolgozza fel, az abban tárolt spektrumok kiértékelése számítógéppel történik. Ez a mérési apparátus a magfizikai kutatásban használt gyorsítóberendezések alapfelszereléséhez tartozik, így az analitikai feladatok általában - esetünkben is - külön méréstechnikai fejlesztés nélkül megoldható.

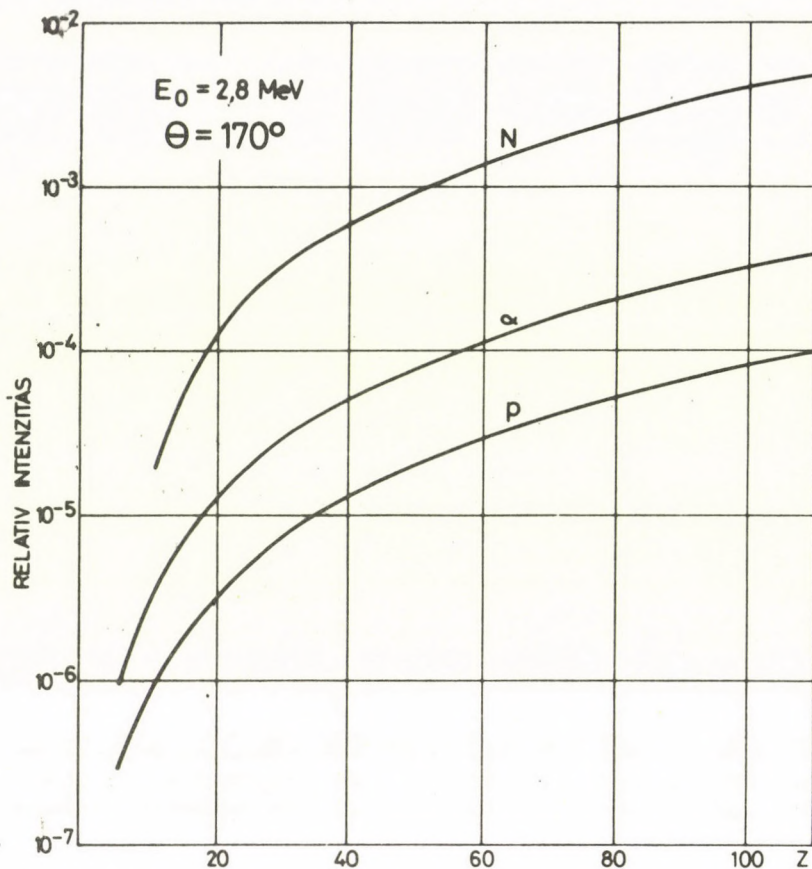
Az (1) és (2) összefüggésekből következik, hogy adott analitikai feladat megoldására általában kompromisszumot kell kötni az energiafelbontás és az érzékenység egymásnak ellentmondó követelményei között. A mennyiségi viszonyok szemléltetése érdekében az 1. - 3. ábrákon proton, alfa és nitrogén bombázó részecskenyaláb esetére mutatjuk be a legfontosabb összefüggé-

seket. Az 1. ábra 2,8 MeV bombázó energiánál a szórt részecske energiájának függvényében a szóró centrum tömegszámát tünteti fel $\theta=170^\circ$ szögre. A 2. ábrán a szórt rész energiája a bombázó energia egységében van ábrázolva a szórási szög függvényében. Paraméterként a szóró centrum tömegszáma szerepel. A szórási keresztmetszet rendszámfüggését a 3. ábra mutatja $\theta=170^\circ$ szögnél, 2,8 MeV bombázó energiánál.



Az elérhető tömegfelbontás értékelése szempontjából ki kell még térnünk arra a körülményre, hogy adott szóró tömeghez véges vastagságu vonal tartozik az energiaspektrumban. Differenciális céltárgy esetét tekintve a vonalvastagság a detektor energiafelbontásából (protonra 15-20 keV), a gyorsított nyaláb energiainstabilitásából (≤ 1 keV) és a bombázó nyalábnak a véges vastagságu céltárgyrétegben szenvedett energiaszórásából áll. A harmadik tag nagysága a céltárgy vastagságával és a bombázó részecske rendszámával növekszik. Így a céltárgyvastagságot minden esetben a felbontandó tömegszámok különbségéhez kell választani, a szórt intenzitás csökkenésének árán is. Másrészt általában nem lehet teljesen kihasználni a nehezebb bombázó részecske esetére kinematikailag adódó, az ábrákon szembeutó nagy tömegfelbontást a céltárgyban fellépő nagyobb energiakiszélesedés miatt. Meg kell jegyezni, hogy ugyanilyen irányba hat a detektor energiafelbontásának a szórt részecske rendszámának növekedésével megfigyelt romlása is.



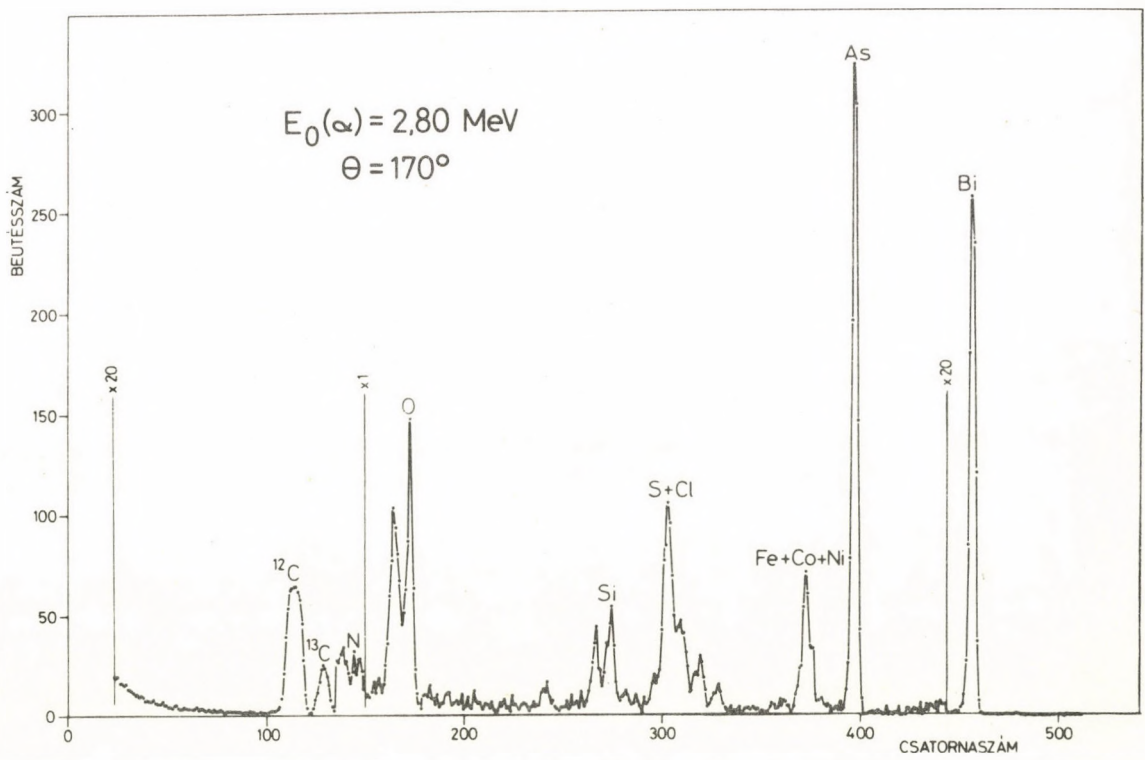
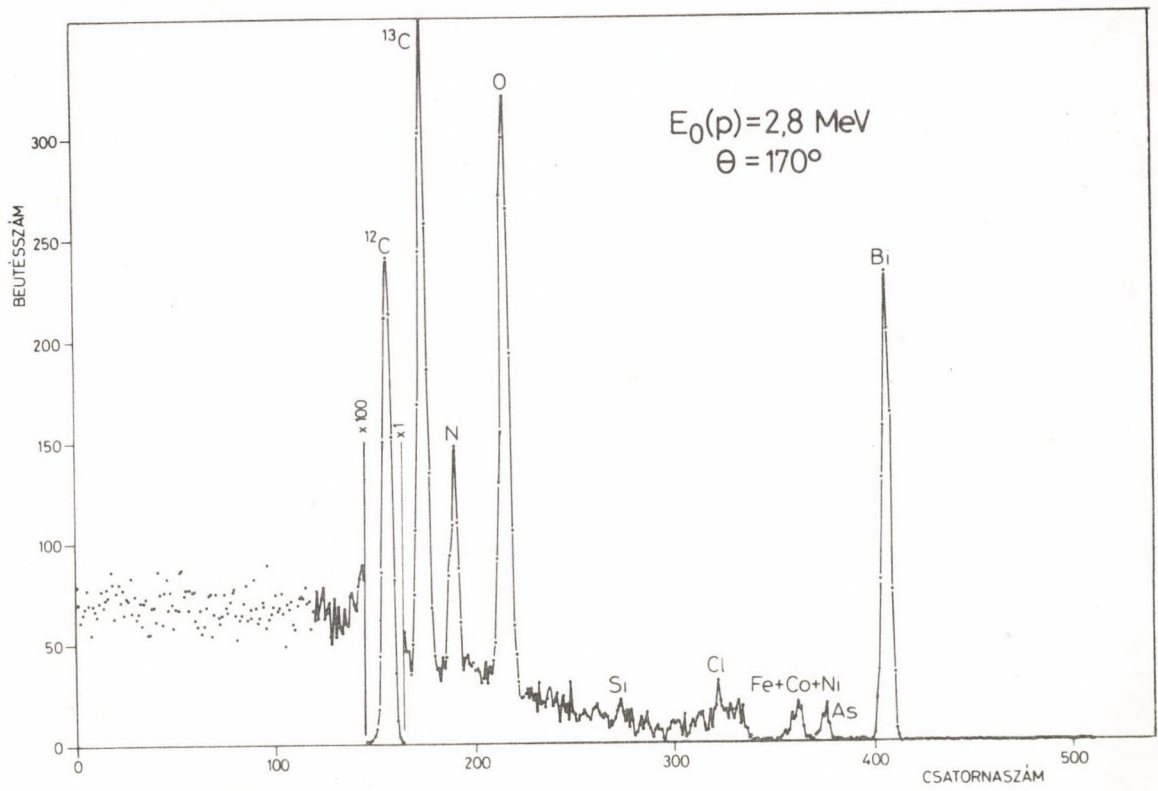


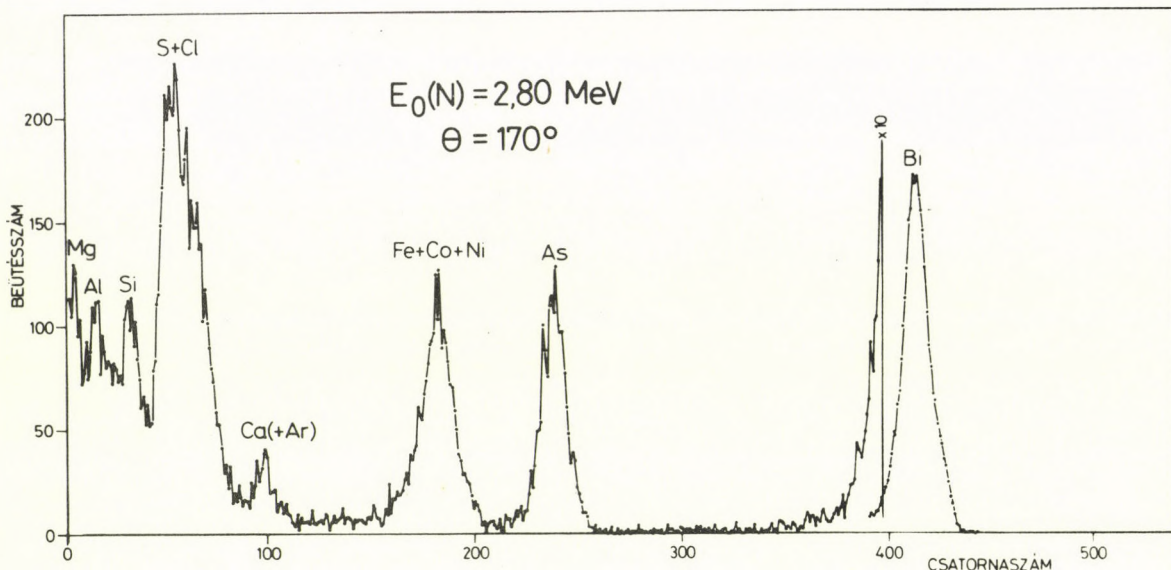
Mérési eredmények. Diskusszió

A módszer jellegzetességeit jól tükrözik, két különböző minta esetére elvégzett méréseink eredményei.

A 4., 5., illetve 6. ábrán természetes bizmut ércnek (természbizmut) $20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ vastagságu szénfóliára való párologtatásával készített differenciális minta protonokkal, alfa-részekkel, illetve nitrogén ionokkal felvett szórt részecskespektruma látható $2,8 \text{ MeV}$ bombázó energián, 170° szórési szögnél. Szembetűnő a spektrum szerkezetének változása a bombázó részecske tömegszámával. Látható, hogy - megfelelően az 1. és 2. ábrán bemutatott összefüggéseknek - a tömegfelbontás protonról alfa részre áttérve lényegesen javul, nitrogén esetén a vonalak említett okokból történő kiszélesedése túlkompenzálja a kinematikai eredetű javulást.

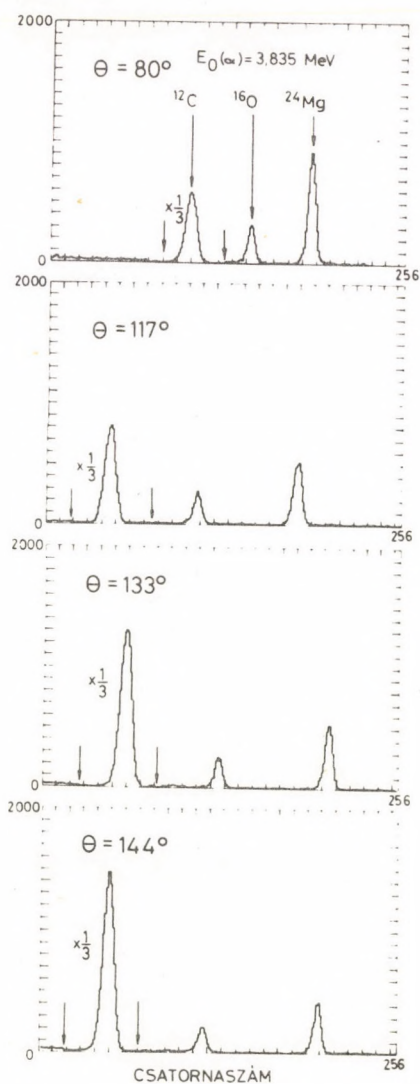
A 7. ábra szénfóliára párologtatott s a levegőn oxidálódott szeparált ^{24}Mg izotópréteg analízisében nyert spektrumokat ábrázolja $E_0 = 3,83 \text{ MeV}$ energiánál, különböző szórési szögeknél. A szög növelésével javuló tömegfelbontás közvetlenül látható ezeken a görbéken [4].





A bemutatott analitikai módszer előnyei és nehézségei a következőkben foglalhatók össze:

- a módszer a teljes tömegszám tartományban jól használható, különösen előnyösen az alacsony rendszámú elemeknél. Tekintettel arra, hogy a röntgenfluoreszcenciás és a protonnal gerjesztett röntgen kisugárzásra alapozott (PIXE) mikroanalitikai módszerek az alacsony rendszámoknál ($Z < 10-20$) nem alkalmazhatók, ebben a tartományban a rugalmas szórás módszer különösen fontos lehet,
- egyetlen besugárzással, a teljes tömegszámtartomány egyszerre kimérhető, szemben a neutronaktivációs módszernél szokásos, különböző besugárzási időkkel végzendő mérési sorozatokkal,
- alkalmas mérési elrendezésben a szórás mérésekkel egyidőben töltött részecske aktivációs, magreakciókra alapozott és PIXE vizsgálatok végezhetőek a felhasznált céltárgyon,
- szerves mintákat szennyező nehéz elemek nagy érzékenységgel mutathatók ki azáltal, hogy a mátrixból eredő szórt részek, illetve a rugalmatlanul szórt részek a spektrum alacsonyenergiás részébe esnek, s így a magas tömegszámok tartományában gyakorlatilag háttérmentes az észlelés. Ilyen körülmények között végzett környezetszennyezési vizsgálatokra a [2] közleményben látunk példákat,
- a differenciális céltárgyak alkalmazásával végzett mérések-nél külön figyelmet kell fordítani az analízis speciális követelményeinek megfelelő céltárgy preparálási módszer kidolgozására,
- a módszer érzékenysége - a fentiekből következően - függ a feladat természetétől, azonban a 10^{15} atom/cm² érzékenység-érték általánosan elfogadott.



A bemutatott analitikai módszer az ATOMKI gyorsítóján felépített kísérleti csatornán eredményesen használható környezetvédelmi célú analitikai vizsgálatok elvégzésére.

Hivatkozások

- [1] E. Koltay, A. Szalay, ATOMKI Közlemények 16 (1974) 181
- [2] R. K. Jolly, H. B. While, Jr., Nucl. Instr. and Meth. 97 (1971) 299
- [3] Mezey G., Nagy T., Izotóptechnika 17 (1974) 462
- [4] Cseh József, Doktori disszertáció, Debrecen, 1976

REA VIZSGÁLATOK LEHETŐSÉGEI A KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

KIS-VARGA M., KOVÁCS P., ÉS BACSÓ J.

MTA Atommagkutató Intézete, H-4001 Debrecen, Pf. 51.

Az elmúlt néhány évben egyre több közlemény jelent meg félvezető detektoros röntgenspektrométerek környezetvédelmi alkalmazásairól. Ezeket az ún. energiadiszperzív röntgenspektrométereket először az 1960-as években használták analitikai célokra. Azóta, kihasználva a módszer sokcsatornás, roncsolásmentes jellegét, viszonylag kedvező érzékenységet, igen sokféle elemzési feladat megoldására próbálták ki és használják eredményesen. Jelenleg több, főleg amerikai cég verseng a piacon, kínálatuk az egyszerű mérőfejtől a teljesen automatizált, sokoldalu analitikai berendezésekig igen széles skálát ölel fel.

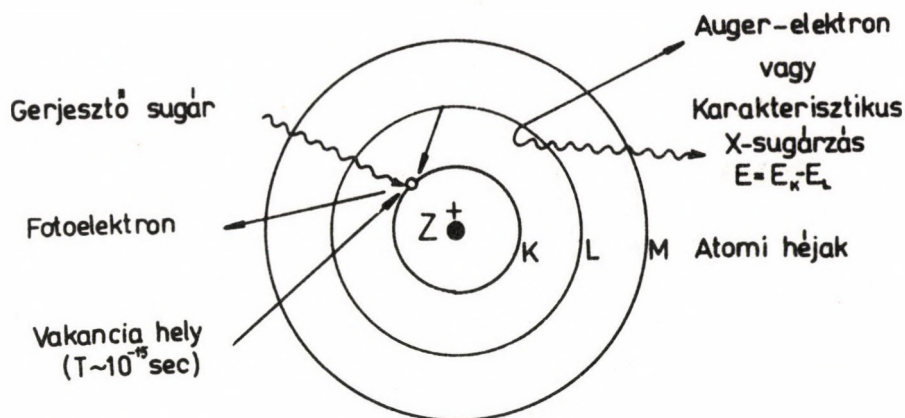
Az ATOMKI-ban a 70-es évek elején kezdődött a félvezető detektoros röntgenspektrométerek fejlesztése és alkalmazása gyakorlati és interdiszciplináris feladatok megoldására. Ebben az előadásban néhány példán keresztül a berendezés, ill. a REA módszer által a környezetvédelem számára nyújtott lehetőséget ismertetjük.

A módszer ismertetése

A REA módszer a röntgenfluoreszcencia elvén alapul. Az 1. ábra a jelenséget szemlélteti. Ha az atomok belső elektronhéjairól valamilyen külső besugárzás segítségével elektronokat távolítunk el, az üresen maradt helyekre a magasabban fekvő héjakról elektronok ugranak át, s közben a héjak közötti energiakülönbséggel rendelkező ún. karakterisztikus röntgensugárzást bocsátanak ki. A sugárzás energiája jellemző a kibocsátó atomra, erőssége pedig az atomok számával, a koncentrációval arányos. Megfelelő gerjesztő sugárzást használva, a vizsgálandó mintát alkotó valamennyi elem kibocsátja saját sugárzását, miközben maga a minta sértetlen marad. Félvezető röntgenspektrométereknél általában valamilyen radioaktív izotópot használnak gerjesztő forrásként. A 2. ábrán az ATOMKI REA laboratóriumában működő röntgenspektrométer felépítését szemléltetjük.

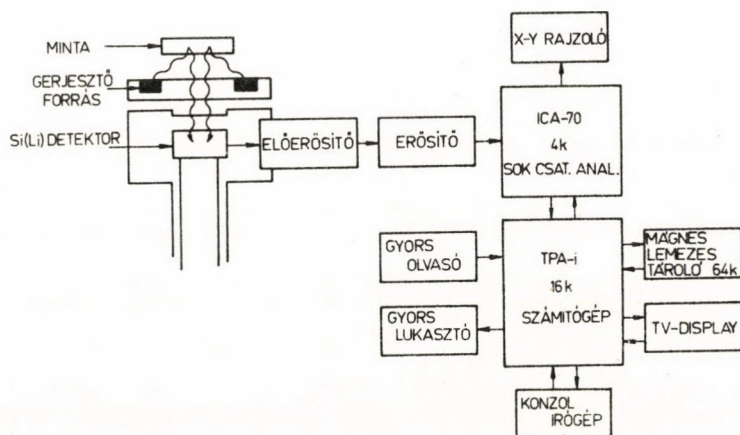
Energiadiszperzív spektrométerekkel a $Z < 13$ rendszámú elemek kivételével gyakorlatilag a teljes periódusos rendszer vizsgálható. Sokcsatornás jellegénél fogva, kedvező esetben, egy mintából egyszerre 10-20 elem kvalitatív és kvantitatív elemzése is elvégezhető. Ennek természetesen feltétele az alkalmas gerjesztő forrás és a számítógépes kiértékelés. A mintaelőkészítéssel szemben az a követelmény, hogy azok mindig jól meg-

határozott, reprodukálható geometriában kerüljenek mérő helyzetbe. Szilárd, poralaku és folyékony minták egyaránt vizsgálhatók.



$$\text{Fluoreszcencia hatásfok} = \frac{\text{Kibocsátott X-sugarak száma}}{\text{Létrehozott vakanciák száma}}$$

1. ábra. A REA elve



2. ábra. Az ATOMKI REA laboratóriumában működő röntgenspektrométer felépítése.

A módszer érzékenysége a spektrométer detektálási-, illetve a besugárzás gerjesztési hatásfokának energia- és rendszámfüggése miatt elemenként változik. Optimális körülmények között kb. 1 ppm detektálási küszöb érhető el a minták direkt mérésével. Ilyen mértékben a REA módszer nyomelem analitikai célokra is alkalmas.

A környezetvédelemben előforduló mérések feladata gyakran a fenténél alacsonyabb koncentráció értékek meghatározása. Ilyen célokra a módszer csak úgy használható, ha a vizsgálandó minták (pl. levegő, víz, stb.) szennyező elemeit valamilyen módon bedusítjuk.

Példák a REA módszer környezetvédelmi alkalmazásaira

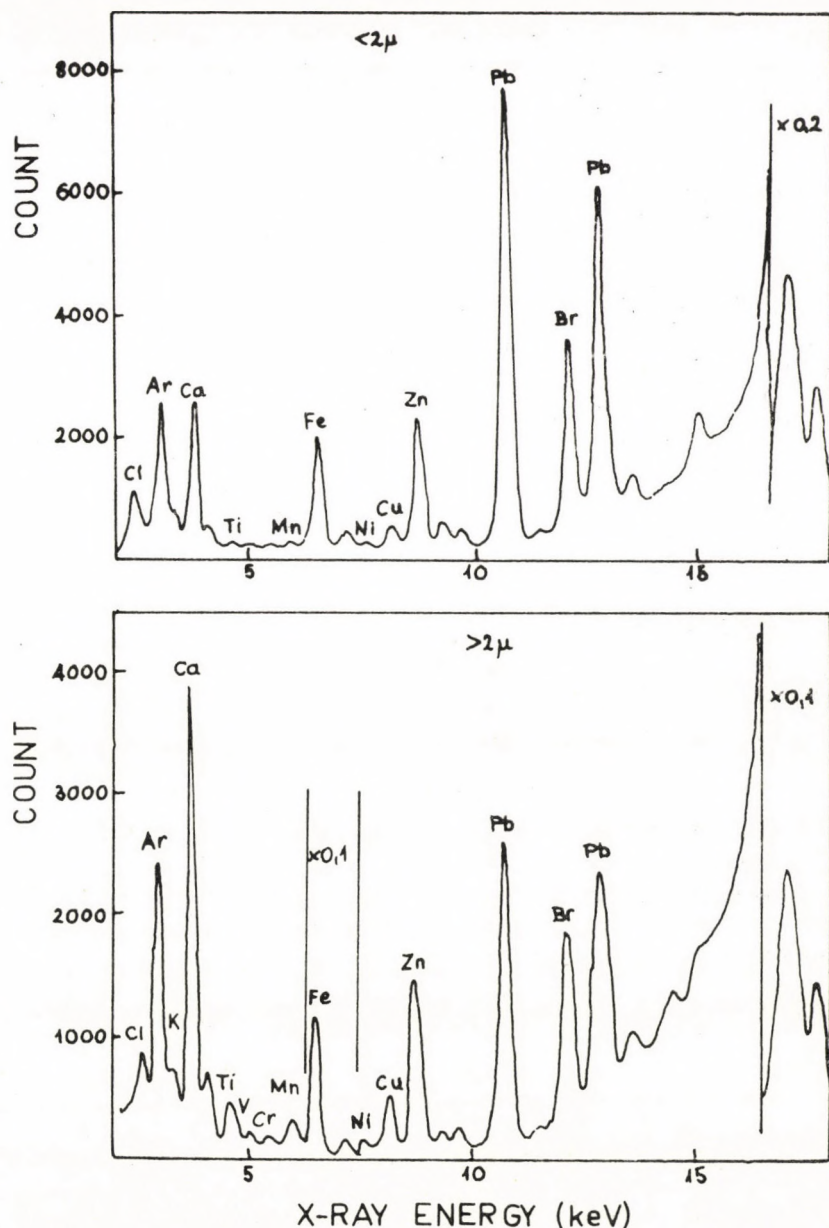
Levegő.

Az atmoszférikus aerosolok vizsgálata általában közvetett uton történik, mivel a levegőben kb. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentrációban előforduló szennyezők közvetlen uton nem határozhatók meg. A legszélesebb körben használt mintavételi eljárás megfelelő fizikai és kémiai jellemzőkkel rendelkező szűrőkön történő nagy mennyiségű levegő átszivásával jelentős koncentrálódást biztosít. A szűrőkkel szemben alapvető követelmény, hogy jó hatásfokkal gyűjtsék össze a lebegő szemcséket, a röntgenspektrumban alacsony háttérjárulékot adjanak és ne tartalmazzanak olyan elemeket, amelyek a vizsgálat tárgyát képezik. Az irodalomban több közlemény foglalkozik a különböző szűrőanyagok (pl. Nuclepore, Millipore, Mitex, Fluopore, stb.) hatékonyságával, a különböző mintavevő berendezések leírásával [1,2,3]. A finom ($<2\mu$) és a durva ($>2\mu$) szemcseméretű frakciók szétválasztása és elemzése révén megállapították, hogy a gépkocsik égéstermékéiként a levegőbe kerülő Br és Pb döntő része a finom frakcióban található, míg pl. az ipari környezetszennyezés-ként a levegőbe jutott Ca és Fe a durvább frakcióba kerül [4] (lásd 3. ábra).

A REA módszerrel a szűrőn összegyűjtött minta közvetlenül vizsgálható, az elemzés után a minta más (pl. a szemcsék struktúráját feltáró) vizsgálatok céljára is felhasználható. A tiszta szűrő anyagának röntgenspektrumát is felvéve, az azt alkotó elemek zavaró hatása egyértelműen kiküszöbölhető.

Mivel az aerosol minta tömegének nem elhanyagolható része a hordozó anyag, a röntgenspektrométert jelentős többlet (felesleges) terhelés éri a gerjesztő sugárnyaláb rugalmas és rugalmatlan szóródása miatt. Az értékes információt hordozó röntgenvonalaktól származó terhelés csak néhány százaléka a ténylegesnek. A kielégítő pontosságot biztosító statisztika valamint az alacsony detektálási küszöb eléréséhez ezért hosszú mérési időkre, vagy intenzívebb gerjesztő sugárnyalábra van szükség. Ez az oka annak, hogy a legjobb eredményeket röntgensöves gerjesztéssel érték el. Csak példaként említem meg, hogy kis energiájú (ezüst anód, Ag L-vonalak), 40 W teljesítményű röntgensövet használva, pl. kénből $12 \text{ ng}/\text{cm}^2$ érzékenységet értek el [5]. A nagy terhelésnél fellépő elektromos jelfeldolgozási nehézségek miatt pulzált röntgensövel kb. egy nagyságrenddel alacsonyabb detektálási küszöb érhető el, mint hagyományos röntgensövekkel.

A levegő ólomszennyezettségének vizsgálatára szolgáló közvetett módszerként az elmúlt évben végzett méréseink eredményeit mutatom be [6]. A gépjárművek által kipufogott égéstermék nem elhanyagolható mennyiségben tartalmaznak brómot és ólmot.



3. ábra. Aerosol minta finom (<math><2\mu</math>) és durva (>math>>2\mu</math>) frakciójának röntgenspektruma.

Becsléseink szerint 1977-ben kb. 1200 tonna ólmot használtak a benzin előállításához, amelyből PbBr_2 és PbO formájában kb. 900 tonna ólom jutott a levegőbe, ami elsősorban a városok levegőjét és a főutvonalak környékét szennyezte. A szennyezés mértékét különböző forgalmu utak mentén gyűjtött növények (elsősorban angol perje - *Lolium perenne*) ólomtartalmának meghatározása révén próbáltuk nyomonkövetni.

A növényeket szárítás után megdaráltuk, majd 300 mg súlyu, 12 mm átmérőjű tablettákat préseltünk belőlük. A méréseket a 2. ábrán bemutatott röntgenspektrométerrel végeztük el, 5 mCi ak-

tivitásu I-125 izotópot használva. Méréseink eredményeit az 1. táblázat foglalja össze. Látható, hogy a nagy forgalmu utvonalak mentén gyűjtött növények Br és Pb tartalma sokszorosan meghaladja a kontroll növényét.

1. táblázat. Különböző utak mentén gyűjtött angol perje

Koncentráció [ppm]		Gyűjtés időpontja	Forgalom [gépjármű/nag]	Gyűjtés helye
Br	Pb			
8,8	2,6	77. 09. 15.	nincs	Erdő (közúttól távol)
88	120	77. 10. 27.	25-27000	Db. Árpád tér
36,6	31,6	77. 09. 12.	5-6000	Db. Bőszörményi út
86	28	77. 03. 22.	5-6000	Db. Szoboszlai út
22	20,5	77. 04. 29.	7-8000	Db. Honvéd-Tanácsközt. út sarok
9,6	17,1	77. 04. 16.	5-6000	Db. Március 21. tér
4,2	8,6	77. 04. 05.	kicsi	Db. Fáy András u.
14,6	20,6	77. 02. 22.	kicsi	Db. Úrhajósok tere
91,3	63	77. 10. 01.	nagy	Bp. Fehérvári út
321	60,9	76. 04. 22.	nagy	Bp. Soroksári út

Nem mindennapos, nagyarányu környezetszennyezést okozott a Csepel Művek nagytétényi Metallochemia gyára, amelyet 1977. november 1-i hatállyal leállítottak. Közvetlenül a gyár mellett elterülő erdősített parkból, valamint a közeli lucerna és kukorica ültetvényekről gyűjtöttünk növényeket vizsgálatainkhoz. A 2. táblázatban bemutatott magas koncentráció értékek is alátámasztják a gyár leállításának jogosságát.

2. táblázat. Metallochemia környékén gyűjtött növények

Koncentráció [ppm]				Gyűjtés időpontja	Növény
Cu	Zn	Br	Pb		
280	7200	—	38000	77. 11. 08.	Angol perje
56	1300	12	323	77. 11. 08.	Lucerna
111	3400	13	18000	77. 11. 08.	Tölgyfa levél
136	3600	18	7600	77. 11. 08.	Tamariszkusz
52	1100	37	248	77. 11. 08.	Kukorica levél
102	2600	13	562	77. 11. 08.	Kukorica szár

Vizek elemzése

A vízben oldott vagy lebegő szennyezők mennyiségének meghatározása nem kevésbé nehéz feladat, mint az aerosol mintáké. A vizet alkotó könnyű elemek ugyanis igen erősen szórják a gerjesztő sugárzást, magas háttérrel okozván a röntgenspektrumban. Mindez jócskán lerontja az érzékenységet: már a ppm tartományban is nehéz feladatot jelent az analízis. Ugyanakkor a vízben található mikroelemek szintje sokszor a ppb tartományba esik. A mintaelőkészítés alapvető feladata tehát a víz eltávolítása a vizmintából. Más szavakkal, a szennyezők kivonása a vízből minél kevesebb veszteséggel, de mindenképpen jól ismert hatásokkal. Fontos követelmény sok esetben az is, hogy a koncentráció elkészítéséhez szükséges víz mennyisége ne legyen nagy, vagyis ne okozzon szállítási, tárolási, stb. problémákat. Nagyon lényeges továbbá, hogy sem a használt edényekből, sem a vegyszerekből ne jusson szennyező a vízbe.

Különbséget kell tenni a vízben szuszpendált, ill. az oldott nyomelemek között. Az előbbieket leggyakrabban szűréssel vonják ki a vízből. A legjobb szűrőkkel (Nuclepore és Millipore) 5-20 ng/cm² érzékenységet értek el Mo-targetes röntgensóval, 2000 sec mérési idő alatt [7].

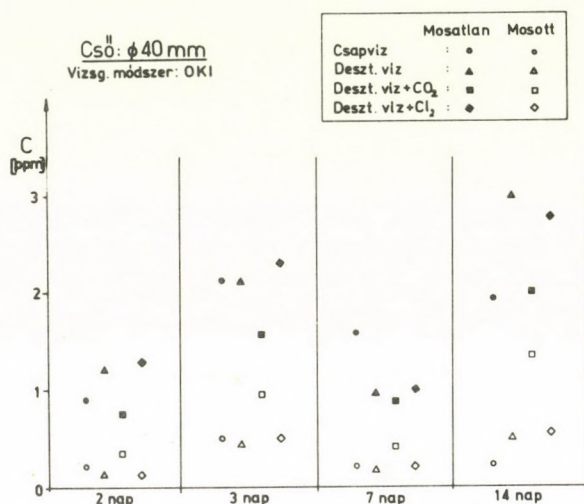
A vízben oldott nyomelemek fizikai és kémiai eljárásokkal dúsíthatók. A legkézenfekvőbb fizikai megoldás a víz elpárolgatatása. Ez a ppb tartományban is érzékeny, de igen időigényes módszer, és gyakran jelentős veszteséggel tapad az edény falára a párlat. Sokan használják vizminták preparálására azt a módszert, hogy szűrőpapírra cseppentenek μ -nyi adagokban 1-2 ml mennyiséget, és beszáritják minden egyes cseppentés után. Ezzel az eljárással kb. ppm érzékenység érhető el. Érdekes eljárás az ún. pára szűrés (vapor filtration) amikor is egy alkalmassá szűrő (általában valamilyen polimer membrán) csak a vizgőzt engedi át, a vízben oldott vagy szuszpendált szennyezők a szűrőn maradnak [8].

A kémiai dúsítási eljárások a ppb tartományba eső érzékenységet biztosítanak. A nagyon sokféle eljárás közül csak néhány: a szennyezők lecsapatása elektrokémiai úton vagy valamilyen csapadékképző reagenssel (DDTC, PAN, stb.), majd a csapadék felfogása szűrőn; ioncserélő gyantákkal való megkötés, stb. E módszerek esetén a csapadékot, illetve a gyantát szárítás után finom porrá kell őrölni, majd tablettát préselni belőlük, amelyek ezután közvetlenül mérhetők. REA mérésekhez egyszerűbb azonban az ioncserélő membránok használata. Ezek ugyanis a szárítás után azonnal vizsgálhatók, s a röntgenspektrumuk kiértékelése is könnyebb. Mivel vékony réteggé kezelhetők, nem kell számolni a mátrix-effektussal.

Ismét egy példaként ismertetem vízben oldott ólom meghatározásával kapcsolatos vizsgálatainkat. Ez év elején a Hungária Műanyagfeldolgozó Vállalat debreceni üzeme megbízásából PVC vízvezetéki nyomócsövekből történő ólomkioldódást vizsgáltuk REA módszerrel. A csövek gyártása során technológiai okokból jelentős mennyiségű ólomvegyületet kevernek a PVC masszához. A csöveken áthaladó víz kiold bizonyos mennyiségű ólomot, ezért rendelet írja elő, hogy a minősítés során milyen vizsgálatokon kell átmennie a terméknek. Az Országos Közegészségügyi Intézetben jelenleg folyamatban van egy új vizsgálati eljárás kidol-

gozása és a megengedhető szintek felülvizsgálata. Ennek kapcsán bizott meg bennünket az üzem.

1 liter térfogatu 40, ill. 100 mm átmérőjű PVC csöveket hoztunk érintkezésbe az OKI előírásainak megfelelően klórozott (0,9 mg/l Cl_2), szénsavas vizekkel és csapvizzel valamint desztillált vízzel különböző időtartamokra (2 nap, 3 nap, 7 nap és 14 nap). Egy-egy mintavételhez 100 ml vizet használtunk fel, amelyhez 20 mg száraz, finomra őrölt $\text{Fe}(\text{OH})_3$ csapadékot adtunk. A vashidroxid felületén szorbeálja a nehéz fém-ionokat, így az ólmot is. Az ily módon kezelt vízben lévő csapadékot vizlégszivattyú segítségével 25 mm átmérőjű szűrőpapíron (MN 640 m) fogtuk fel, majd szárítás után azonnal vizsgáltuk. Ezzel az egyszerű és gyors eljárással kb. 0,1 ppm érzékenységet értünk el 10 perces mérési időekkel, ami az adott feladathoz elegendő volt. Méréseink eredményeit a 4. ábra mutatja.



4. ábra. PVC vízvezetéki nyomócsövekből kioldott ólom mennyisége mint az idő függvénye.

A vízszintes tengelyen az áztatási idő, a függőleges tengelyen pedig a vizsgáló víz Pb tartalma van feltüntetve 40 mm átmérőjű csövek esetén. Üres jelekkel a vizsgálatok előtt egy hétig folyó vízzel öblített csövek koncentráció értékei, fekete jelekkel pedig a mosatlan csövekből kioldott ólom mennyiségei vannak feltüntetve.

Az emberi haj mint a környezetszennyezés jelzője

A környezetszennyezési vizsgálatok fontos feladata az élővilágra s végsősoron az emberre gyakorolt hatások megállapítása. Irodalmi adatok és saját vizsgálataink azt mutatják, hogy az emberi haj ólomtartalmának analizise igen érzékeny vizsgálati lehetőséget biztosít. A levegőbe jutott környezetszennyező anyagok külső szennyezőként tapadhatnak a hajhoz vagy a szervezetten pl. a légutakon, az emésztőrendszeren keresztül a véráram közvetítésével épülhetnek be a hajba.

Egyes iparágak, pl. a nyomdák, műselyem- és műanyaggyárak, akkumulátor készítő- és visszanyerő üzemek dolgozói nagy mennyiségű ólom feldolgozása miatt fokozottan ki vannak téve a mérgezés veszélyének. A mérgezés korai jelzésének lehetőségeit tanulmányozva Nishijama [9] vizsgálta fokozott ólom expozíciónak kitett különböző gyárak dolgozóinál a haj, vér és vizelet ólomszintjét. A haj Pb tartalma 4-620 ppm között változott, nagy szórást mutatva. A 3. táblázat a dolgozók átlagos haj-, vér- és vizelet ólomszintjét mutatja. Megfigyelhető, hogy az ólomszintek arányosan változnak, azaz bármelyik ismeretében lehet következtetni a másik kettő értékére. Figyelmet érdemel továbbá, hogy a hajban az ólomszint 150-300 -szor magasabb, mint a vérben és 1900-2300 -szorosa a vizelet ólomszintjének.

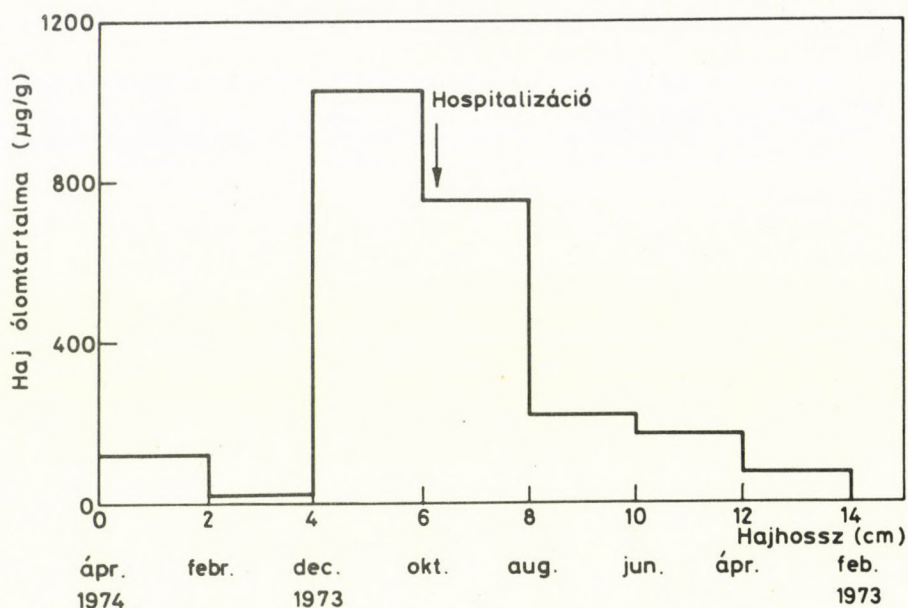
3. táblázat. Átlagos ólomszintek veszélyeztetett munkáscsoportok hajában, vérében és vizeletében

	Átlagos ólomszint ppm-ben			Foglalkoztató üzem megnevezése
	haj	vér	vizelet	
ffi	75,9	0,483	0,06	nyomda
nő	115,4	0,327	0,0614	nyomda
-	163,3	0,519	0,0726	műselyemgyár
-	217,2	1,355	0,115	akkumulátor üzem

Nehézfémeket feldolgozó üzemek környezetszennyező hatását vizsgálták Hammer és munkatársai [10] az üzemek közelében lakó 8-10 éves iskolás fiúk hajában az As, Cd, Cu, Zn és Pb szintjének mérésével. Vizsgálataikhoz négy különböző, ismert mértékben szennyező ólom-, réz- és cink bánya, illetve olvasztó központ környékéről és egy a szennyezőktől távoli mezőgazdasági területéről gyűjtötték a mintákat. Az igen gondos mintavételezés, mosás és analitikai munka eredményeképpen azt találták, hogy az As, Cd és Pb koncentrációk a hajban egyenes arányban állnak a szóbanforgó szennyezők emissziójával. A legnagyobb mértékben szennyezett helyen arzénre 25-szöröse (10,6/0,4), kadmiumra 4-szerese (3,5/0,9) és ólomra 15-szöröse (107,1/1,6) a közel szennyezőmentesnek tekinthető helyen mért értéknek.

Chattopadyay és munkatársai [11] három-négyszeres As, Cd, Pb és Sb koncentrációkat mértek a feldolgozó gyárak közelében élők hajában, falusi lakosokhoz képest.

Meglepő ólomérték változást találtak a haj hossza mentén egy 20 hónapos kisfiúnál, aki az egyik olvasztó szomszédságában lakott. Az 1973 februárjában lenőtt hajban 80 ppm ólmot mértek, ami decemberig folyamatosan növe 1030 ppm értéket ért el (5. ábra).



5. ábra. Az ólomtartalom változása a hajhossz mentén egy 20 hónapos kisfiunál.

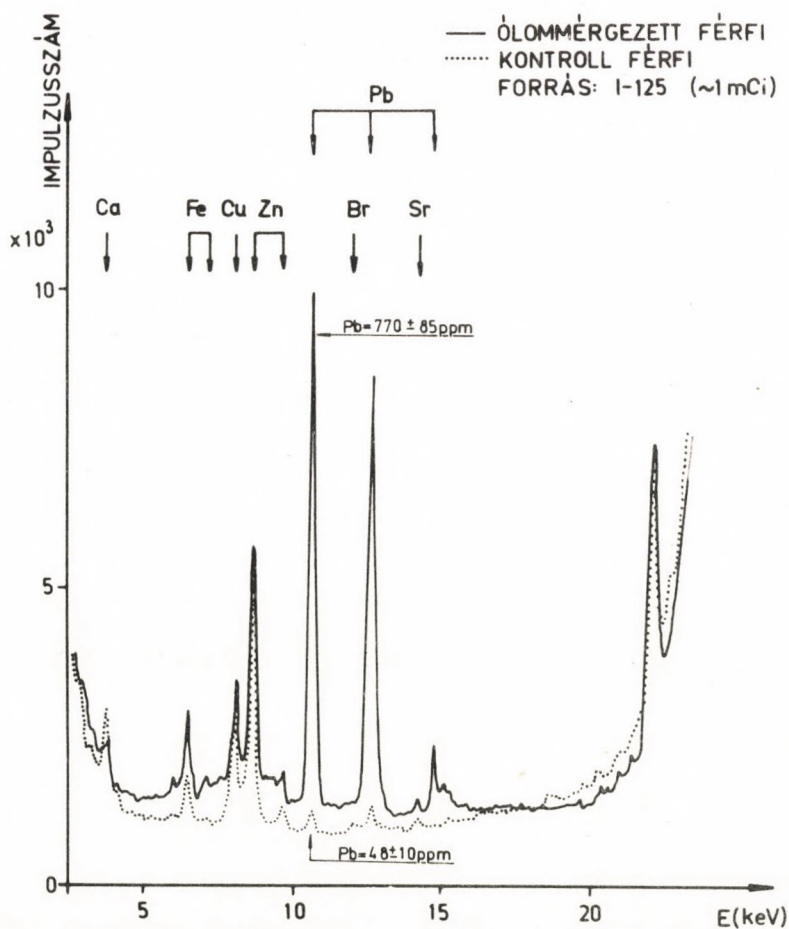
A gyermek ólommérgezőssel októberben kórházba került. Decemberben hajának ólomtartalma hirtelen 20 ppm-re esett és ettől kezdve ismét lassu emelkedés volt tapasztalható. A városi kontroll anyagban volt egy 21 hónapos kisfiu, akinek a hajában az ólom érték 22 ppm volt és nem ingadozott. A szerzők az esetet a kisfiu szabadban tartózkodásával magyarázták.

Említést érdemel két eset saját vizsgálataink közül. Az egyik illusztrálásaként egy ólommérgezett egyén hajának röntgenspektrumát mutatjuk be (6. ábra). A mérgezés klinikai tünetei még nem jelentkeztek, de az illető panaszai és foglalkozása (gyógyszerész) valószínűsítették az ólommérgezést. Az általunk, közvetlenül a hajtincsből mért magas (780 ppm) ólomtartalom erős ólomexpozícióról tanuskodott.

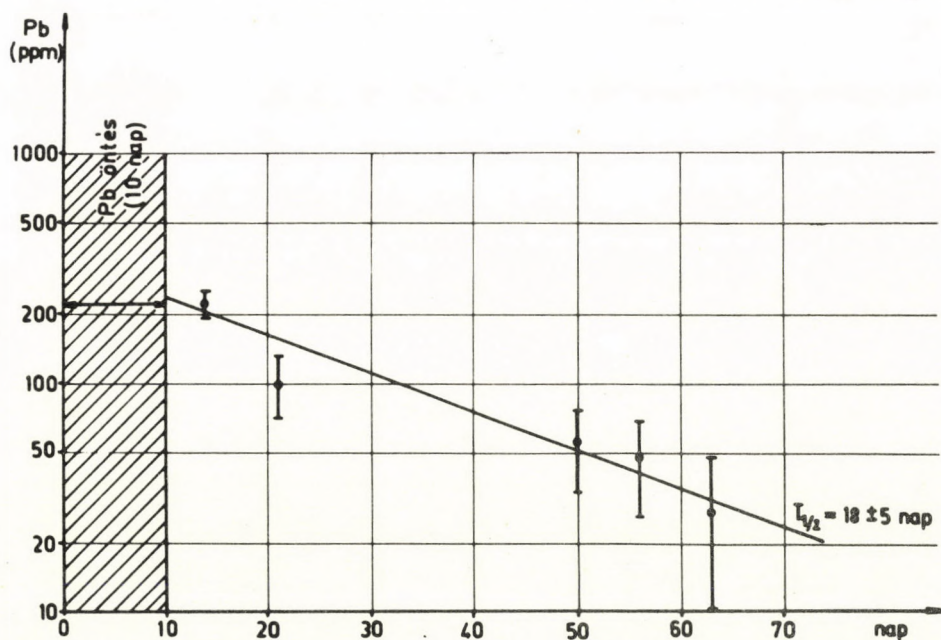
Intézetünkben a műhely dolgozói időnként ólomöntést végeznek. Ilyenkor szervezetük erőteljes ólomexpozíciónak van kitéve. A dolgozóktól gyűjtött szakállminták REA vizsgálatával próbáltuk nyomonkövetni a szervezetet ért ólomterhelés mértékét és a kiürülés sebességét. A 7. ábrán az egyik dolgozó szakállának ólomtartalmát ábrázoltuk az idő függvényében. A 10 napig tartó öntés után az illető ólomszintje kb. 250 ppm volt, ami kb. 18 nap alatt a felére csökkent.

A hajanalitikai vizsgálatokról elmondottakat összegezve megállapítható, hogy ezzel a módszerrel az As, Hg és Pb mérgezés teljes biztonsággal diagnosztizálható, sőt a mérgezést megelőző veszélyeztetett állapot is jelezhető. A kérdéses elem eloszlása a hajhossz mentén a mérgezés kronológiai lezajlását rögzíti. A REA módszer ezen a területen igen egyszerű és gyors vizsgálati lehetőséget kínál, mivel sok esetben a levágott hajtincs közvetlen analizise már megbízható eredményeket szolgáltat.

EMBERI HAJ RÖNTGENSPEKTRUMA



6. ábra. Egy ólommérgezett egyén hajának röntgenspektruma



7. ábra. Az ólom kiürülése a szervezetből a szakáll mérése révén.

Az előadás célja az volt, hogy néhány példán keresztül bemutassa a REA módszer környezetvédelmi alkalmazási lehetőségeit. Nem törekedtünk teljességre, a közölt érzékenységi és egyéb adatokból, a mintaelőkészítéssel kapcsolatos követelményekből, stb. eldönthető, hogy egyes területeken milyen eredmény várható a módszertől.

Hivatkozások

- [1] T. G. Dzubay és munkatársai: "Application of the Dichotomous Sampler to the Characterization of Ambient Aerosols", X-Ray Fluorescence Analysis of Environmental Samples, T.G. Dzubay ed., Ann Arbor Science Publishers Inc. 1977. 95. old.
- [2] B. Y. H. Liu és G. A. Kuhlmeier, "Efficiency of Air Sampling Filter Media", ugyanott, mint 1., 107. old.
- [3] J. J. Wesolowski és mtsai: "Collection Surfaces of Cascade Impactors" ugyanott, mint 1., 121. old.
- [4] J. M. Jacklevic és mtsai: "Photon-Induced X-Ray Fluorescence Analysis Using Energy Dispersive Detector and Dichotomous Sampler" ugyanott, mint 1., 3. old.
- [5] R. D. Giaque és mtsai: "Application of a Low Energy X-Ray Spectrometer to Analysis of Suspended Air Particulate Matter" Advances in X-Ray Analysis, Vol. 19, 1976, 305. old.
- [6] Bacsó J. és mtsai: "A levegő ólomszennyezettségének REA vizsgálata növényekben felhalmozódott ólom mérése révén", ATOMKI Közlemények, 20, 1978, 237. old.
- [7] R. Van Grieken és mtsai: "Enrichment Procedures for Water Analysis by X-Ray Energy Spectrometry", Advances in X-Ray Analysis, Vol. 19, 1976. 435. old.
- [8] F. A. Fickey és mtsai: "Sample Preparation for Multielement Analysis of Water", ugyanott, mint 1., 135. old.
- [9] Nishijama K., Shikokuk acta med. 11 (1957) 164. old.
- [10] D. I. Hammer és mtsai, Amer. J. Epidem., Vol. 93, No. 2 (1971) 84. old.
- [11] A. Chattopadhyay és mtsai, Environ. health, (sept/oct. 1977) 226. old.

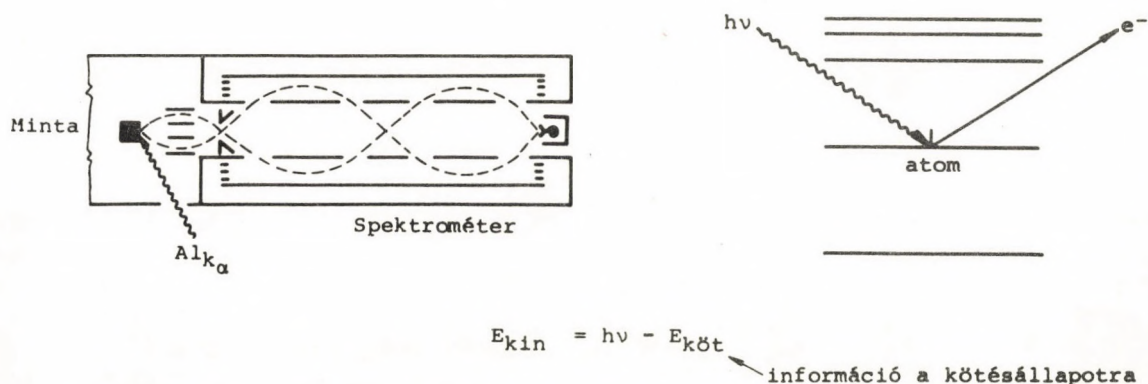
AZ XPS (ESCA) MÓDSZER ALKALMAZÁSA A KÖRNYEZETVÉDELEMBEN

KÖVÉR LÁSZLÓ

MTA Atommagkutató Intézete, H-4001 Debrecen, Pf. 51.

A röntgengerjesztéses fotoelektron-spektroszkópia (XPS, ESCA) az egyik leghatékonyabb és legsokoldalúbb modern felületvizsgálati módszer [1]. Ennek megfelelően alkalmazási területei is rendkívül széles körre terjednek ki. Az alkalmazások között a környezeti szennyezőkkel kapcsolatos vizsgálatok kiemelkedő fontosságát jelzi, hogy az első ilyen jellegű közlemény még a módszer kifejlődése első szakaszában (1971-ben [2]) jelent meg. Az 1. sz. ábrán az XPS módszer elve, legfontosabb jellemzői és egy tipikus mérési elrendezés láthatók.

XPS (ESCA) MÓDSZER



Érzékenység: $\sim 10^{-9}$ g ($Z > 1$)
Felületi érz.: $\sim 0.1\%$ monoréteg
Inform. mélys.: 10-100 Å
 $P < 10^{-7}$ torr

1. ábra. A röntgengerjesztéses fotoelektron-spektroszkópia (XPS, ESCA) elve és néhány jellemzője.

Az XPS vizsgálatok segítségével a kémiai kötésállapotokra vonatkozó információk is nyerhetők, vagyis lehetséges a szennyezők kémiai természetének, ezáltal alkotóik kémiai reakcióinak felderítése, ami döntő jelentőségű a szennyezők környezeti

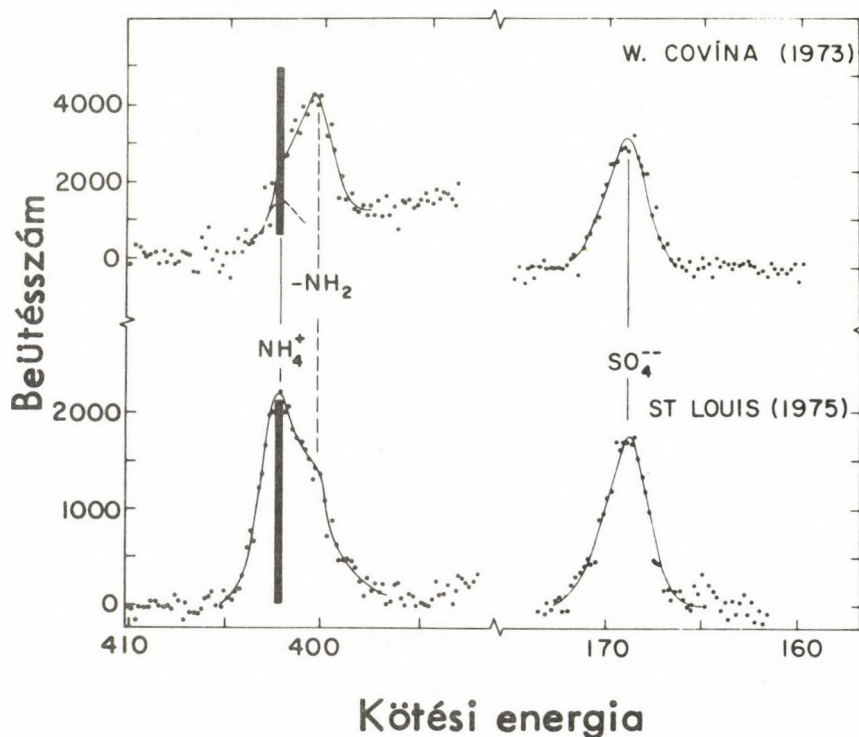
hatásának, képződésük mechanizmusának értelmezése, forrásuk azonosítása szempontjából. Másrészt, mivel a módszer a H kivételével valamennyi kémiai elemre alkalmazható, hasznosan egészíthet ki nagyobb érzékenyséű eljárásokat a kvalitatív elemi analízisben, és felületi jellege miatt speciális információkat is szolgáltathat.

Az eddigi XPS vizsgálatok a környezetkutatás területén is többirányúak. Tanulmányozták pl. gyomirtó szerekkel a talajba került arzén [2], a levegőbe került koromban, pernyében lévő kén [3] kémiai állapotát, azonban a legtöbb vizsgálat a levegőben szálló, lebegő, sokszor vízben, benzolban oldhatatlan részecskék (aerosol) kémiai összetételének, az alkotók kémiai állapotának meghatározására irányult, többek között azért is, mert a nedveskémiai módszerek itt nem alkalmazhatók.

A következőkben néhány példa próbálja megvilágítani, hogy milyen jellegű információk nyerhetők az XPS módszer segítségével.

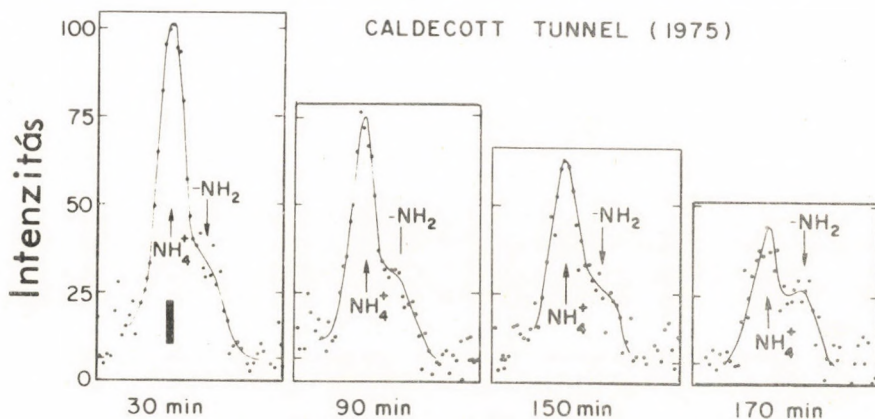
Levegőszennyezők XPS vizsgálata

A levegőt szennyező szilárd anyagok száraz tömegének csaknem 80 %-át kén-, nitrogén- és szénvegyületek adják. Ezek nagyon jól kimutathatók a fotoelektron-spektrumokban. A levegőszennyezettség-vizsgálatok vagy levegőmintákon, vagy a levegő hatásának kitett fém felületeken történnek. A levegőmintákat úgy kapják, hogy meghatározott mennyiségű levegőt szivattyuznak át speciális (cellulózacetát) szűrőpapíron, s a papír egy darabja (felületén a fennakadt szennyező részecskékkel) kerül mintaként a spektrométerbe.



2. ábra. Különböző helyekről származó [4] levegőminták N 1s és S 2p fotoelektron-spektrumai. A tömör oszlop az ammónium-szulfátból származó feltételezett járulékos intenzitását mutatja.

A 2. sz. ábra két különböző terület (St. Louis és W. Covina) levegőmintáinak nitrogén (1s), illetve kén (2p) fotoelektron-spektrumát mutatja [4]. A vastag fekete szakaszok hossza jelzi, hogy mekkora lenne az ammóniumcsucs intenzitása, ha a minta teljes szulfáttartalma ammóniumsulfát formájában volna jelen. Látható, hogy az egyik (St. Louis) minta esetében ez a feltevés helyesnek látszik, míg a másik esetben (W. Covina minta) a szulfáttartalomnak csak igen kis része ammóniumsulfát. A 3. ábrán egy forgalmas alagut levegőjéből vett minta nitrogénspektrumait lehet összehasonlítani a vákuumbantartás idejének függvényében. Az ammóniumcsucs (a fekete szakasz jelentése ugyanaz mint előbb) csökkenése illékony ammóniumvegyület jelenlétére utal, ez a jelzés bizonyossága szerint nem lehet (a különben sem illékony) ammóniumsulfát.



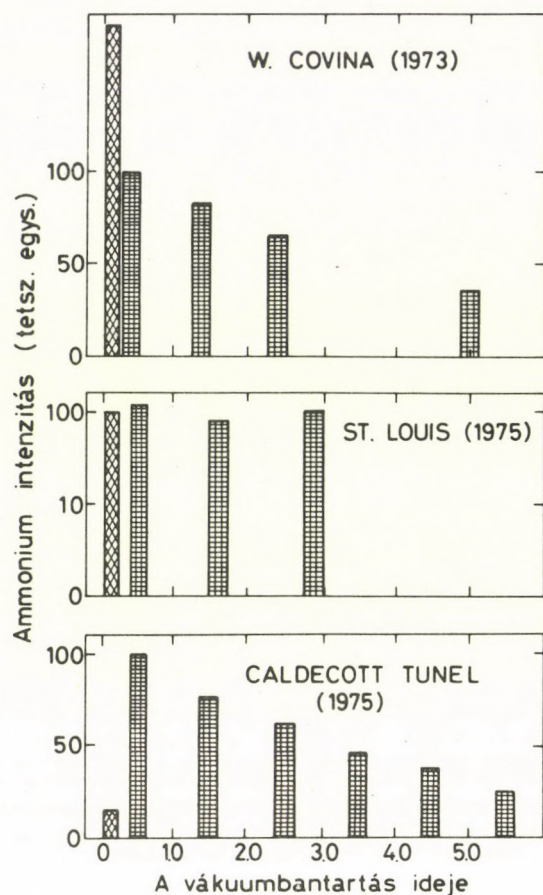
A vákuumbantartás ideje

3. ábra. Levegőminta N 1s spektrumának változása a minta vákuumban tartásának hatására [4]. A tömör oszlop jelentését l. az előző ábránál.

Az ammóniumnitrát és az ammóniumbiszulfát is stabil vegyületek a vákuumbantartás szempontjából. A 4. ábra a vákuumbantartás hatását mutatja be a három mintán. Az első oszlop a szulfátként csak ammóniumsulfátot tartalmazó mintának megfelelő intenzitást jelzi. Az ábrából kitűnik, hogy a különböző minták ammóniumtartalmának tömegét különböző típusú ammóniumvegyületek képezik.

Egy más típusú levegőminta-vizsgálat eredményeit összesíti az 1. sz. táblázat.

A mintákat egy nagyvárosban, külvárosban és egy forgalomtól távol eső területen készítettük, közvetlenül eső után, illetve egy viszonylag hosszú (14 nap) száraz periódus elteltével [5]. A táblázat szerint az esőzés általában alaposan csökkenti a szennyezők szintjét a levegőben, de nem azonos mértékben, és figyelemre méltó, hogy a kén (SO_3 , SO_4^{2-}) illetve nitrogén (oxid és amidok) szintje milyen magas a kevésbé forgalmas területeken is.



4. ábra. Ammóniumcsucok intenzitásai a vákuumbantartás idejének függvényében, különböző helyekről származó levegőminták esetében [4]. Az első oszlop a teljes szulfáttartalom ammónium-szulfátnak való tulajdonításával feltételezett intenzitást jelöli.

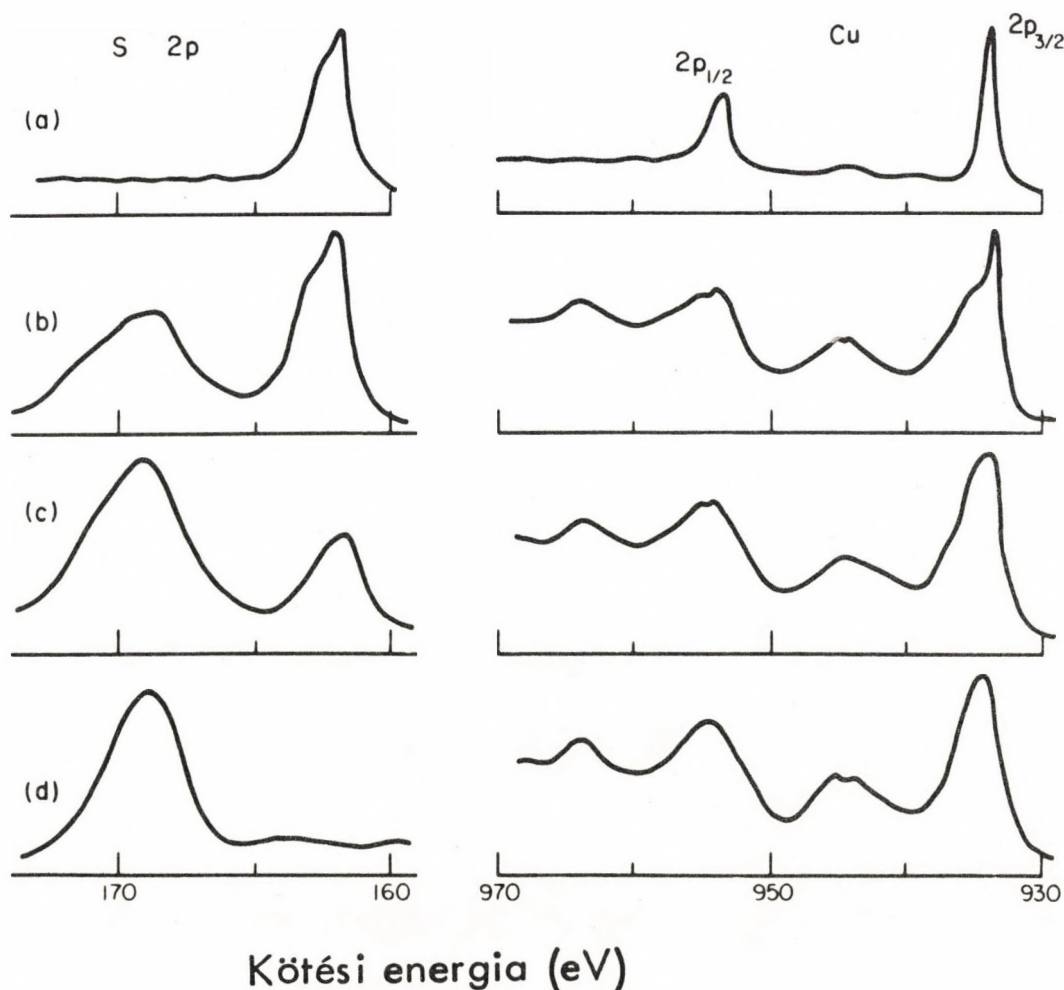
1. táblázat. Viszonylagos XPS intenzitások

	Pb Pb ^{+2,+4}	S S ^{+4,+6}	N N ^{+2,+3}	Si Si ⁺⁴
Város (Chicago)	45 65	85 15	100 120	15 0,0
Külváros (Westmont)	25 15	115 32,5	100 55	10 0,0
Vidék (Mattawan)	0,0 0,0	3,0 3,5	0,0 16	0,0 0,0

→ 14 nappal
 ⇨ 1 nappal

eső után mérve

Az előbbiektől eltérő jellegű megfigyelésekkel kapcsolatosak az 5. ábrán látható kén-, ill. réz fotoelektron-spektrumok [6].



5. ábra. Tisztított rézlemezek felületére kötődött kén és a réz (Cu 2p) fotoelektron-spektrumai. A további jelöléseket l. a szövegben.

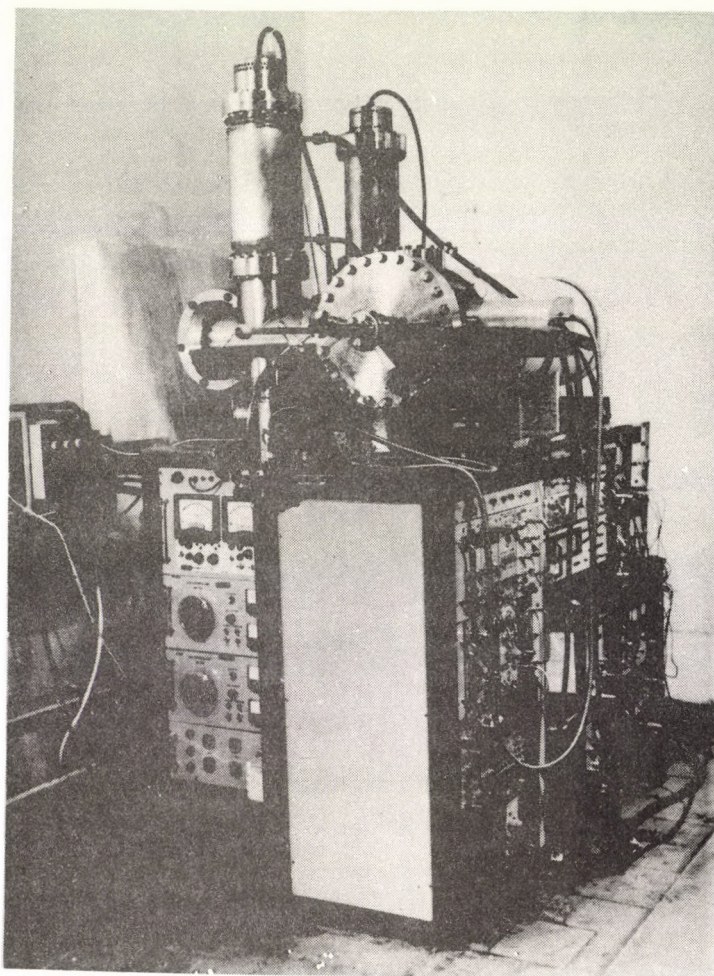
Ebben az esetben rézlemez felületére levegőből kötődött szennyezőket vizsgáltak. Az a., spektrumnak megfelelő mintát laboratóriumi körülmények között H_2S áramba helyezték, a b., és c., azonos helyen, de különböző ideig (31, ill. 206 nap) a szabad levegő hatásának kitett mintának, míg d., egy másik területen (28 napig) tartott mintának felelnek meg. A spektrumok a szulfid-komponens fokozatos eltűnését és az SO_3 , SO_4^{2-} , SO_2 komponensek túlnyomóvá válását, valamint a Cu(I) ionok Cu(II) ionokká történő átalakulását mutatják igen szemléletesen (az átalakulásra nem elsősorban a kémiai eltolódás, hanem a Cu $2p_{1/2}$ és Cu $2p_{3/2}$ elektroncsucok kiszélesedése és szatellitcsucok megjelenése jellemző). A vizsgálatok alapján értelmezhetővé vált a levegőben lévő kénhidrogénnek a kölcsönhatása a réz felülettel (szulfidképződés, majd a szulfid oxidálódása)

valamint a felületen kemisorbeált oxigénnel, nedvesség jelenlétében (SO_2 keletkezés). Kiderült, hogy a felületen kialakuló szulfidréteg katalizálja is a kén oxidációját.

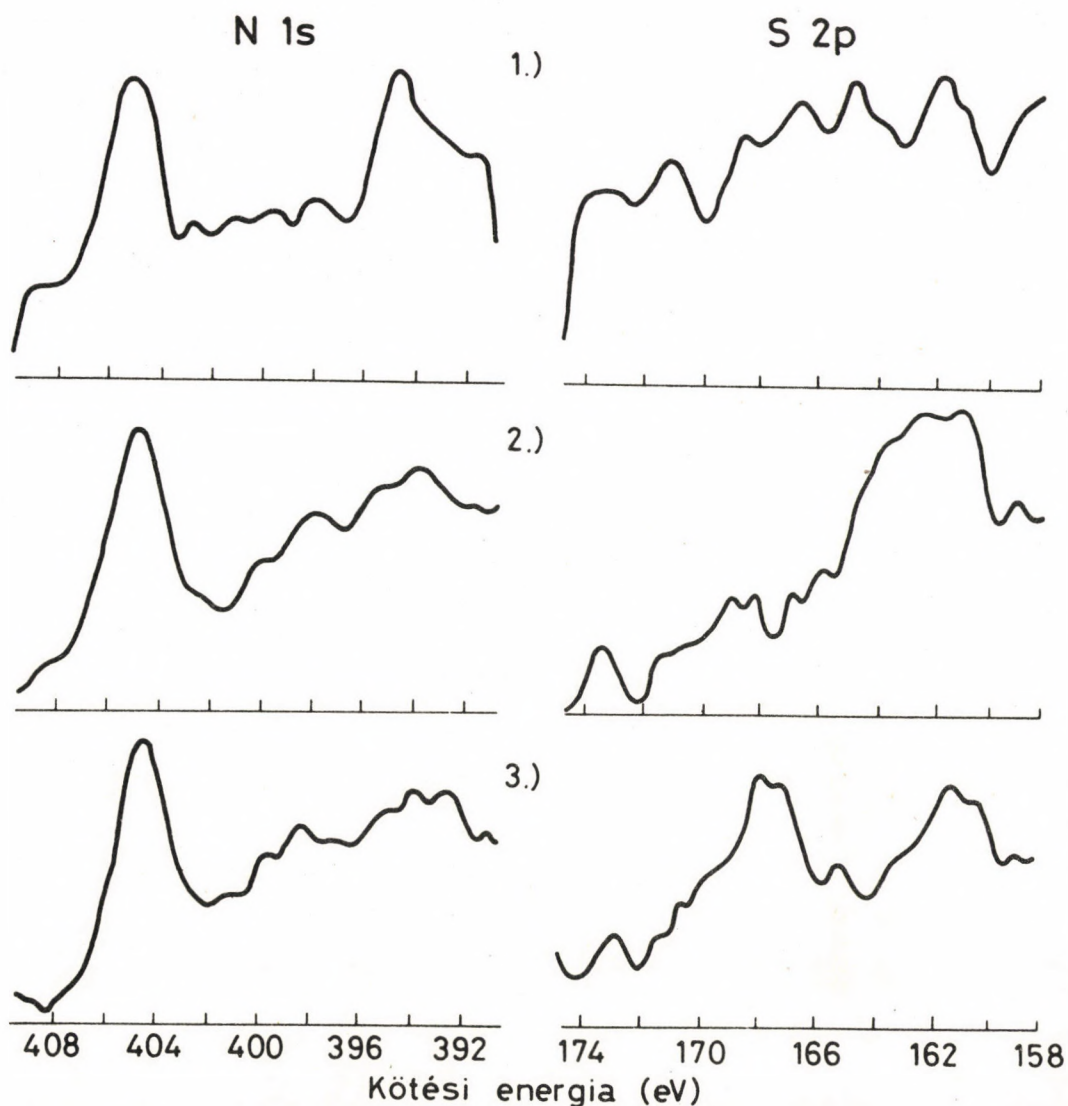
A fenti példák egyértelműen bizonyítják az XPS vizsgálatokkal kapható információk változatosságát és hasznosságát a környezetvédelemben. Mindemellett azonban hangsúlyozni kell, hogy a környezetünk tisztaságáért vívott harc a különböző (fizikai, kémiai, biológiai) vizsgálati módszerek teljes "fegyvertárát" igényli, csak ezek megfelelő hatékonyságu, megfelelő csoportosításu együttes alkalmazása vezethet környezeti szennyezők gyors és biztonságos felismeréséhez.

Hazai lehetőségeink

Jelenleg hazánkban csak az ATOMKI-ban kifejlesztett ESCA berendezés nyújt lehetőséget fotoelektron-spektroszkópiai vizsgálatokra. A 6. ábrán a berendezés fényképe látható, a 7. ábrán pedig egy előzetes kísérletsorozat néhány spektruma.



6. ábra. Az ATOMKI-ban kifejlesztett ESCA berendezés fényképe.



7. ábra. Párolgatatott ezüst minták felületére kötődött kén (S 2p) és nitrogén (1s) XPS spektrumai (l. a szöveget).

Párolgatatott ezüst mintákat a levegő szennyezettségének különböző mértékben kitett területeken helyeztünk el (az 1. sz. mintát párolgatatás után zárt polietilén dobozban a laboratóriumban, a 2. sz. mintát az épület folyósóján, a 3. sz. mintát az épület előtt haladó forgalmas ut közelében, egy emeletnyi magasságban), és a nitrogén- ill. a ként fotoelektron-spektrumait hasonlítottuk össze. A minták elsősorban a felületükön jelenlévő kén kémiai állapotában különböznek egymástól, azonban az is megállapítható a 2. ábrával való összehasonlításból, hogy a nitrogénspektrumban jelentkező csucs nem ammóniától származik, hanem valószínűleg szénhidrogénekkal alkotott komplexvegyületektől.

Hivatkozások

- [1] Berényi D., A kémia legújabb eredményei 35 (1977) 71
- [2] pl. L. D. Hulett, T. A. Carlson, Appl. Spectrosc. 25 (1971) 33
- [3] L. D. Hulett, T. A. Carlson, B. R. Fish, J. L. Durham, "Determination of Air Quality" szerk. G. Mamantov, W. D. Schultz (Plenum, New York 1971) 179
- [4] T. Novakov, R. L. Dod, S. G. Chang. Z. Anal. Chem. 282 (1976) 287
- [5] G. R. Rieger, Intern. Laboratory 1976 szept/okt. 33. o.
- [6] K. Murata, Sh. Ikeda, T. Utsunomiya, A. Yasui, Talanta, 23 (1976) 529

Az *ATOMKI Közlemények* negyedévenként jelenik meg. Terjeszti az ATOMKI Könyvtára (Debrecen, Postafiók 51, 4001). Tudományos intézetek és könyvtárak kiadványaikért cserébe vagy ellenszolgáltatás nélkül is megrendelhetik. Kérésre egy-egy számot vagy különlenyomatot magánszemélyek is ingyen kaphatnak.

Szerkesztő Bizottság: Szalay Sándor elnök, Lovas Rezső titkár, Berényi Dénes, Cseh József, Csikai Gyula, Gyarmati Borbála és Medveczky László.

Kiadja a
Magyar Tudományos Akadémia
Atommagkutató Intézete

A kiadásért és szerkesztésért felelős
dr. Berényi Dénes, az intézet igazgatója

Készült az ATOMKI nyomdájában

Törzsszám: 10
Debrecen, 1982/március
Példányszám: 221

АТОМ КІ СООБЩЕНИЯ

Том 24 Приложение 1

ATOMKI BULLETIN

Volume 24 Supplement 1