

A MÉLYSÉG TITKAI

Ismert vizek ismeretlenje

A tengerek és óceánok legbelső mélyeit a technológia fejlettsége és a számtalan kutatás ellenére még napjainkban is rejtélyek övezik. Időről időre olyan információk kerülnek a felszínre, amelyek bolygónk legváltozatosabb és legkülönlegesebb helyévé teszik a vége-láthatatlan víztömeget.

Nagy levegő

A világ óceánjaiban a különböző mélységben elhelyezkedő vízrétegek kora kulcsfontosságú az abban végbemenő anyagkörülforgás, különösen a légkörből a mély óceánba kerülő gázok szállítási folyamatainak megértéséhez. A Heidelbergi Egyetem kutatói legutóbb

megérteni, hogy az óceán milyen gyorsan és mekkora mennyiségben vonja ki az üvegházhatású szén-dioxidot a légkörből. Ehhez az alsóbb vízrétegek életkorának ismerete elengedhetetlen. Az egyik legfontosabb kérdés, hogy mennyi ideig tart a víznek, hogy a felszíntől eljusson az óceán mélyebb részeire? Legfeljebb 50 évig tartó időszak vizsgálatára többféle módszer áll a kutatók rendelkezésére. Ennél idősebb víz esetén azonban – így az óceánok nagyobb részének vizsgálatához egészen mostanáig – nem volt igazán alkalmas módszer.

A heidelbergi kutatók vizsgálatukhoz az argon nemesgáz ritka, radioaktív ^{39}Ar izotópját használták, ami 269 éves felezési idejével különösen alkalmas az 50-től 1000 évig terjedő időtávlat elemzésére. Az atmoszférában és a felszíni vizekben azonban csak minden ezer-milliárd argonatomra jut egyetlen ebből az izotópból. Ezért korábban egy alapvető vizsgálat elvégzéséhez is rengeteg erőfeszítésre és óriási mintaméretre volt szükség. A szakemberek most egy merőben más módszert – csapdázott atomok vizsgálatának nevezett eljárást (Atom Trap Trace Analysis, ATTA) – alkalmaztak.

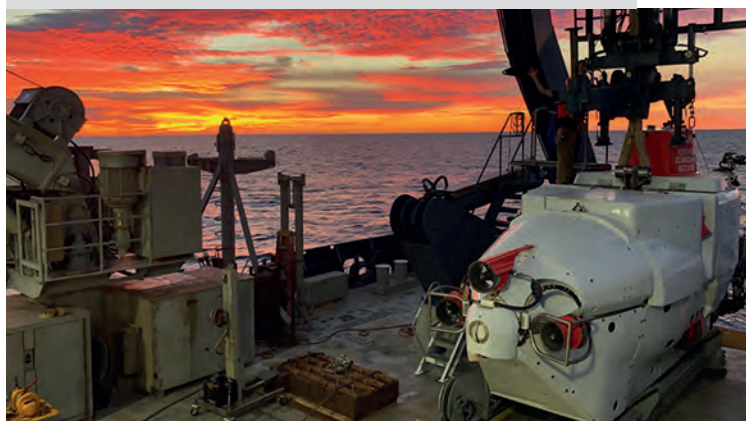


1. ábra. Az első minta az argonizotópos vizsgálatához
(Forrás: Heidelberg University)

egy saját fejlesztésű atomfizikai technikát alkalmaztak, hogy meghatározzák az óceán mélyebb rétegeinek korát 50-től 1000 évig terjedő időskálán. Ez az új kormeghatározási módszer, amely az egyes argonatomokat vizsgálja, egy az észak-atlanti térségben végzett kísérleti tanulmányhoz kapcsolódik. A kísérletek egy összetett program részét képezték, amelyet a Kielben található GEOMAR Helmholtz Óceánkutató Központ szakemberei végeztek. Tanulmányuk a *Nature Communications* tudományos folyóiratban jelent meg.

A világtenger körforgása fontos szereppel bír az óceánok életében és a globális éghajlati rendszerben. A jövőbeli éghajlati előrejelzésekhez fontos

2. ábra. Bevetés előtt Alvin, a kutató tengeralttjáró
(Forrás: University of Texas at Austin)



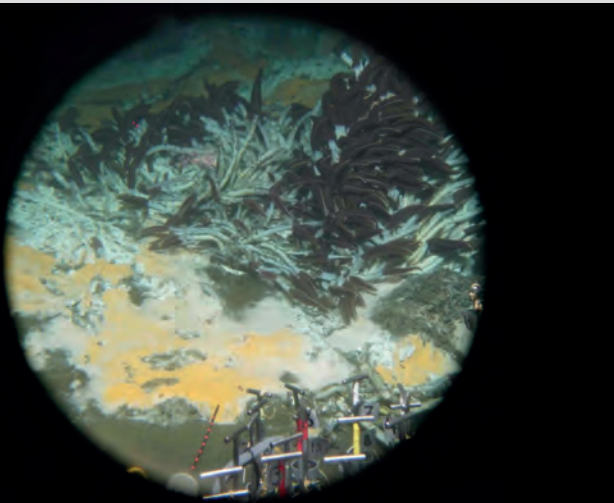
A Kirchoff Fizikai Intézet kutatócsoportjának, amelyet *Markus Oberthaler* professzor vezet, sikerült csökkentenie a szükséges mintaméretet, így egy-egy vizsgálat elvégzéséhez 1000 liter víz helyett már 5 is elegendő. A megszokott eljárásokkal ellentétben nem várták meg, hogy az izotópot a spontán bomlás során elkaphassák, hanem modern lézeres technológiával lelassították az atomokat, csapdába ejtették őket, majd kiválogatva megszámozták az egyes atomokat. Az izotópok lézerefényben apró különbségeket mutatnak, ami a fizikusok számára már elegendő ahhoz, hogy észleljék a kívánt ³⁹Ar atomokat, amíg a többi szabadon áthalad a csapdán.

A módszer segítségével sokkal pontosabban meg lehet határozni, hogy mikor érintkezett a vízminta utoljára a légkörrel. Ez új meglátásba helyezi az egyes nyomelemek mozgását az óceánban. A tanulmányozott területen 1000-2000 méteres mélységben például a feltételezettnél lényegesen kisebb a keveredés mértéke. A számítások szerint az óceán így a vártnál több szén-dioxidot képes megkötni. A projekt tökéletes példája annak, hogy egy atomfizikai alap kutatás hogyan vezethet új felfedezésre egy szinte teljesen eltérő tudományterületen.

A mélység kőolajfaló lakói

Az austin-i Texasi Egyetem Mélytengeri Kutatóintézetének munkatársai közel fél tucat új mikrobaközösséget fedeztek fel, melyek közül több is szénhidrogéneket – metánt és butánt – használ energiaforrásként életben maradásához és növekedéséhez. Ez pedig azt jelenti, hogy ezek a baktériumok egy nap akár segítségünkre lehetnek a légköri üvegházhatású gázok koncentrációjának mérséklésében vagy a kőolaj-szennyeződések eltüntetésében is.

3. ábra. A mintavételt egy aprócska kamerán keresztül figyelték (Forrás: University of Texas at Austin)



A *Nature Communications* tudományos folyóiratban megjelent tanulmány szerint a kutatók a Kaliforniai-öböl egyik medencéjében (Guaymas-medence), rendkívül forró, mélytengeri üledékes környezetben élő mikrobiális közösségek kiterjedt biológiai sokféleségére bukkantak. Az újonnan felfedezett baktériumfajok genetikailag annyira különböznek a korábban vizsgált hasonló élőlényektől, hogy egy egészen új csoportot alkotnak. Az eddig ismeretlen mikrobák ráadásul sokkal nagyobb szennyezőanyag-fogyasztó képességgel rendelkeznek, mint amelyeket eddig az óceánokban, illetve a talajban azonosítottak.

Eszerint az óceánok és tengerek mélye hatalmas, felfedezetlen biológiai sokféleséget, és olyan különleges, mikroszkopikus élőlényeket rejt, amelyek képesek lennének csökkenteni akár a kőolaj, vagy más káros kemikáliák jelenlétét a vizekben. A vizsált tengeraljzat alatt jelenleg is hatalmas szénhidrogén-telepek húzódnak, metán-, propán- és butánkészletekkel, a most tanulmányozott organizmusok pedig megakadályozhatják, hogy ezek az üvegházhatású anyagok a légkörbe szivároghassanak.

Az új tanulmány a Guaymas-medence üledékeinek eddigi legnagyobb genomikai mintavételéhez kapcsolódik. A kutatók 2000 méterrel a felszín alatt vizsgálgódtak, ahol a vulkanikus aktivitás következtében a hőmérséklet 200 °C körüli. Itt közel 551 genomot azonosítottak, amelyek közül 22 az evolúciós fa eddig ismeretlen ágát képviselheti. Az evolúciós fa maga a biológiai csoportok rokonsági kapcsolatainak vázlatos ábrázolása, amelynek egyes elágazódásait az emberek azóta próbálják megfejteni, hogy 150 éve Darwin előhozakodott vele, és továbbra is a biológia aktívan kutatott területei közé tartozik. A DNS-szekvenálás és a számítógépes módszerek egyre gyorsuló fejlődése azonban egyre több, eddig ismeretlen élőlény létezéséről rántják le a leplet.

A világ összes mikrobájának mindössze körülbelül 0,1%-a tenyészthető, azaz sok ezer, vagy sok millió másik várhatja, hogy egyszer mikroszkóp alá helyezték. A kutatócsoport a mikrobiális közösségek és a környezetükben rendelkezésükre álló tápanyagok kölcsönhatását vizsgálta az üledékből vett minták segítségével, amelyből a különböző genomtöredékeket – az egy organizmushoz tartozó génkészletet – kapcsolták össze. Az így nyert adatokból következtettek a kutatók arra, hogyan emésztik meg a mikrobák a különböző tápanyagokat.

Mivel a mikrobák extrém környezetben élnek, ezért a minták összegyűjtéséhez az Alvin nevű tengeralattjárót használták, azt az eszközt, amely a Titanic roncsait is megtalálta. A Guaymas-medence sokszínűségét figyelembe véve a kutatók szerint az eszköz segítségével egyelőre szinte csak a felszínt kapargatták, és sokkal több



információt kell még gyűjteniük ahhoz, hogy közelebb kerüljenek a károsanyag-fogyasztó közösségek teljes megismeréséhez.

A víz nem felejt

Egy óceán rendkívül hosszú emlékezettel bír. Amikor például a Csendes-óceán ma már mélyen húzódó vízrétegei utoljára napfényt láttak, még Nagy Károly ült a Frank Birodalom trónján, a Szung-dinasztia uralta Kínát, az Oxford Egyetemen pedig megtartották az első előadásokat. Ez idő alatt, a IX. és a XII. század között, a Föld éghajlatát általánosan melegebb hőmérséklet jellemezte, mielőtt a XVI. században a kis jégkorszak hidegebb időszaka beköszöntött volna. Jelenleg az óceán felszíni hőmérséklete ismét emelkedik, de a kérdés az: az óceán mélyebb részei is tudják ezt?

A Woods Hole Oceanográfiai Intézet (WHOI) és a Harvard Egyetem kutatói szerint a Csendes-óceán mélyebb vizei néhány évszázaddal lemaradtak a hőmérsékleti körülményekhez képest, és továbbra is a kis jégkorszak emlékei élnek bennük. Így habár az óceán nagy része reagál a modernkori felmelegedésre, az óceán mélye továbbra is hűlhet. A vizek olyan időségek és olyan régóta nem jártak a felszín közelében, hogy még az az emlékezet él bennük, mi történt néhány évszázaddal korábban, amikor Európa a történelem leghidegebb teleit tapasztalta meg.

Az éghajlat többféle időskálán változik. Néhány helyi melegedési és hűlési mintázat, mint a kis jégkorszak vagy a középkori meleg időszak jól ismert. A kutatók célja a vizsgálattal inkább az volt, hogy kifejlesszenek egy modellt arra nézve, hogy az óceán belső tulajdonságai hogyan reagálnak az éghajlat változásaira és a következő eredményre jutottak: ha a felszíni vízrétegek

4. ábra: A HMS Challenger kutatóhajó korabeli ábrázolása
(Forrás: Woods Hole Oceanographic Institution)

általános hűlési tendenciája meg is fordult a legutóbbi évezred során, a napjaink felmelegedésétől kevésbé érintett mélybeli óceáni részek továbbra is hűlhetnek.

A modell természetesen a jelenlegi óceán egyszerűsített változata. Hogy teszteljék az előrejelzést, a kutatók a szimulációban talált hűlési tendenciát összehasonlították a HMS Challenger fedélzetén utazó kutatók 1870-es években végzett hőmérséklet méréseivel, valamint a 120 évvel későbbi, 1990-es megfigyelések adataival. A HMS Challenger egy három-árbcos, fából készült, eredetileg brit hadihajónak tervezett vitorlás volt, amelyet az egyik első olyan modern tudományos expedícióra használtak, ami fő feladatának a világóceán és a tengeraljzat kutatását kapta. A felfedezőút során 1872 és 1876 között hőmérőket engedtek az óceán mélyére és több mint 5000 hőmérséklet-mérést végeztek.

Ezt a történelmi adatsort kiértékeltek, majd a minél pontosabb közelítés érdekében számos korrekciót végeztek a hőmérőket ért nyomáshatások, illetve a leeresztéshez használt kötél tulajdonságainak figyelembe vételével. A kutatók ezután a HMS Challenger adatait a modern megfigyelésekkel összevetve azt kapták, — az előzetes várakozásoknak megfelelően — hogy a globális óceán legnagyobb részén a bolygó XX. századi hőmérséklet-emelkedése miatt a felszínközeli vízrétegekben melegedést, míg nagyjából 2000 méteres mélységben hűlést tapasztaltak. Az eredmények arra utalnak, hogy a modern felmelegedés előtti éghajlati jelenségeik továbbra is hatással vannak napjaink hőmérséklet-emelkedésének jellegére.

SZOUCSEK ÁDÁM