Ördögnyál

Ha sikerülne magad rávenned (*de miért? Miért?*) és elutaznál **Baskíriába**, nem messze **Szalavat** városától, az **Iljinka** nevű falu mellett egy furcsa, alacsony dombocskára bukkannál, aminek a közepéből egy gigantikus betondugó emelkedik ki. Ez a pont jelöli a **Káma-1** nevű egykori szovjet projekt helyszínét.

A beton alatt, több mint 2100 méteres mélységben azonban nem kincsek, hanem a hidegháborús hadiipar legdurvább vegyi hulladékai és a nukleáris kor felelőtlensége rejtőzik. Egy igazi, föld alatti időzített bomba, ami sajnos lassan szivárogni kezdett.

18-as számú Kombinát

Szalavat városában működött (*és ma is működik a Gazprom tulajdonában*) Oroszország egyik legnagyobb vegyipari óriása, a **Szalavatnefteorgsintez** (korábbi nevén **18-as számú Kombinát**). Alapvetően egy hatalmas olajfinomítóról és petrolkémiai gyárról van szó, ami benzint, gázolajat, műanyagokat és műtrágyát állított elő.

A gigantikus gyárkomplexum mélyén azonban a hidegháború alatt eldugtak egy szigorúan titkos hadiipari egységet: a **38-as számú üzemegységet** (*цех №38*).

Ennek a titkos üzemnek a kizárólagos feladata a folyékony rakétaüzemanyagok, elsősorban az **UDMH** (*heptil*), a gexil és a gyártáshoz szükséges dimetil-amin előállítása volt a szovjet interkontinentális rakéták és űrrakéták számára.

Mi is az az UDMH

Az *aszimmetrikus dimetilhidrazin* (**UDMH**) – vagy ahogy a szovjet hadseregben és a mai napig az orosz űrprogramban hívják: **heptil** (*гептил*) – a hidegháborús hadiipar egyik legfélelmetesebb vegyülete, amit a szovjet hordozórakéták és interkontinentális ballisztikus rakéták hajtóanyagaként alkalmaztak (és napjainkban is alkalmaznak).

A rakétamérnökök csak „**ördögnyál**ként” (*Devil's venom*) emlegették ezt a hipergol (öngyulladó) üzemanyagot, nem véletlenül:

- **Rendkívül illékony és agresszív:** belélegezve vagy bőrön át is azonnal, drasztikusan mérgez, és roncsolja az idegrendszert, a májat és a vérképző szerveket.
- **Erősen karcinogén:** Bizonyítottan agresszív daganatos megbetegedéseket és genetikai mutációkat okoz.
- **Kiválóan oldódik vízben**

A rakétamérnökök számára azért vált a legfontosabb üzemanyaggá, mert hypergol tulajdonságú



A **hipergol (hypergolic)** kifejezés olyan folyékony rakétaüzemanyagok keverékét jelenti, amelyek külső gyújtószerkezet (szikra, láng vagy izzószál) nélkül, a két komponens puszta érintkezésekor azonnal és magától berobban.

- **Hipergol:** Amikor az UDMH találkozik az oxidálószerével – ami általában dinitrogén-tetroxid (orosz kódnevén: amil) vagy füstölgő salétromsav –, külső gyújtószerkezet (szikra) nélkül, azonnal berobban. Ez drasztikusan leegyszerűsíti a rakétamotorok szerkezetét, hiszen nincs szükség gyújtórendszerre, a hajtómű ráadásul a világűrben tetszőlegesen újraindítható.
- **Nem kriogén:** Szobahőmérsékleten, hűtés nélkül folyékony marad (szemben a -183 °C-os folyékony oxigénnel vagy a -253 °C-os folyékony hidrogénnel).
- **Kémiai instabilitás az űrben, stabilitás a Földön:** Bár rendkívül reaktív, tiszta állapotban nem érzékeny a fizikai rázkódásra (ütésre). Sokkal magasabb hőmérsékleten bomlik, mint a sima hidrazin, így tartós tárolásra ideális.

A korai interkontinentális ballisztikus rakéták (mint az **R-7 Szemjorka**, amely a **Szputnyikot** is hordozta) folyékony oxigént használtak. Az oxigén viszont folyamatosan elforrt, a rakétákat csak közvetlenül a kilövés előtt lehetett feltölteni, ami órákig tartott – egy atomháborúban ez felért egy halálos ítélettel.

A szovjeteknek olyan rakéta kellett, ami éveken át feltöltve, bevetésre készen állt a föld alatti silókban. Ezt a problémát az UDMH oldotta meg. UDMH-val töltötték fel a Szovjetunió legfélelmetesebb interkontinentális rakétáit, köztük az **R-36M2 Vojevoda** (a NATO által csak *Satan*-nak hívott) óriásrakétákat, valamint az **UR-100**-as szériát. Ezek a rakéták évtizedekig álltak a föld alatt, azonnali tűzkészültségben.

A legendás **Proton** hordozórakéták (amelyek a **Mir űrállomás** és a **Nemzetközi Űrállomás** (ISS) moduljait is pályára állították) az első fokozattól az utolsóig tisztán *UDMH/Dinitrogén-tetroxid* keverékkel működnek.

Ha egy Proton rakéta meghibásodik és lezuhan – mint ahogy az 2013-ban látványosan meg is történt Bajkonur felett –, több száz tonna elégetlen, tiszta UDMH permetezi be a talajt. A kazah sztyeppéken a hordozórakéták leváló első fokozatok becsapódási zónáiban a mai napig mérhetők a súlyos ökológiai károk.

Az UDMH veszélyességét mi sem bizonyítja jobban, mint a történelem legsúlyosabb rakétabalesete, a **Nedelin-katasztrófa** 1960-ban: A bajkonuri űrrepülőtéren az R-16-os interkontinentális rakéta tesztelése közben a második fokozat hajtóműve idő előtt aktiválódott. Az UDMH és a salétromsav alkotta pokoli tűzgolyóban és a felszabaduló mérges gázokban legalább 124 mérnök és katonatiszt égett el élve másodpercek alatt (köztük **Mitrofan Nedelin** marsall, a stratégiai rakétacsapatok főparancsnoka)

Káma-1

Amikor ipari mennyiségben állítják elő az UDMH-t, a reakciók végén elképesztő mennyiségű erősen lúgos, mérgező, hidrazin-származékokkal és nitrózaminokkal teli ipari szennyvíz keletkezik.

Az 1960-as és '70-es években mindkét szuperhatalom (az USA a **Project Plowshare**-rel, a Szovjetunió pedig a saját programjával) szentül hitte, hogy az atomenergia nemcsak pusztításra jó, hanem a legolcsóbb és leghatékonyabb építőipari eszköz is.

A szovjet ideológia úgy tekintett a nukleáris töltetekre, mint szupererős dinamitokra. A logika egyszerű volt: ha egy csatorna kiásásához, egy gát felépítéséhez vagy egy hatalmas gödör létrehozásához hagyományos gépekkel évekig kellene dolgozni és milliárdokat költeni, akkor miért ne tegyenek le a föld alá egy bombát, ami egy másodperc alatt elvégzi a munkát?

Amikor a Szalavat melletti vegyikomplexum vezetői jelezték a moszkvai minisztériumoknak, hogy az UDMH (heptil) gyártása során keletkező brutális, maró szennyvíz teljesen megtöltötte a felszíni tárolókat, a szovjet Atomenergia-ügyi Minisztérium (*Minszredmas*) mérnökei előálltak a *„zseniális”* javaslattal.

A geológusok tudták, hogy Szalavat környékén mélyen a föld alatt masszív, vastag kősó- és agyagrétegek találhatók. A terv a következő volt:

Fúrnak egy több mint 2100 méter mély lyukat a földbe, majd leengednek a mélyére egy 10 kilotonnás nukleáris bombát (összehasonlításképp: a Hirosimára dobott bomba kb. 15 kilotonnás volt). A robbanás pillanatában a gigantikus hő (több millió Celsius-fok) és a nyomás egyszerűen elpárologtatja és megolvasztja a környező kőzetet. A keletkező üreg belső fala a megolvadt, majd üvegszerűen megdermedő kőzet miatt elméletileg hermetikusan zárt, áthatolhatatlan tokot (kavernát) képez.

A szovjet vezetés előtt már ott lebegett a korábbi sikeres (vagy annak kikiáltott) projektjeik mintája: Kazahsztánban például 1965-ben egy 140 kilotonnás bombával robbantották ki a mai napig létező Csagan-tavat (az *„Atom-tavat”*), és több helyen hoztak létre így földalatti gáztárolókat is.

Az elmélet papíron működött. 1974. július 8-án a gomb megnyomásakor a föld alatti nukleáris tűzgolyó létrehozott egy 200 ezer köbméteres űrtartalmú kavernát. A mérnökök pezsgőt bontottak: minimális költségből, napok alatt kaptak egy gigantikus föld alatti *„kukát”*, ahová aztán 1983-tól kezdve gond nélkül pumpálhatták le a szigorúan titkos hadiüzem legdurvább mérgeit.

Az ötlet kiötlői azt hitték, hogy ami 2 kilométer mélyen van, az ott is marad. Egyetlen dologgal nem számoltak: a nukleáris robbantás nemcsak megolvasztotta a közvetlen környezetét, hanem a lökéshullámaival szétrepesztette, instabillá tette a környező felsőbb geológiai rétegeket is. Az időzített bomba órája ekkor indult el, hiszen a hidrológiai nyomás évtizedekkel később pont ezeken a mikrorepedéseken keresztül kezdte el felfelé préselni a halálos koktélt a talajvíz irányába.

Ráadásul, bár a hő a kőzet egy részét üvegszerű salakká olvasztotta (ami elméletileg magába zárja a sugárzást), a robbanás helyszínén hatalmas mennyiségű hasadási termék (például **cézium-137**, **stroncium-90**) és elégetlen nukleáris üzemanyagmaradvány maradt a porban és a törmelékben.

Amikor 1983-ban megkezdték az UDMH-gyártásból származó ipari szennyvíz nagy nyomású besajtolását, ez a folyadék szó szerint lemosta és feloldotta a kaverna falán maradt radioaktív izotópokat. A kétezres évek végére a mérések kimutatták, hogy a Káma-1 környezetében megjelent a radioaktív és a vegyi szennyeződés a talajban és a felsőbb rétegekben. Az UDMH és bomlástermékei a talajvízbe jutva stabilak, mobilisak, és képesek bemosódni a régió folyóiba és vízbázisaiba.

A környéken élők azóta folyamatos félelemben élnek: a lábuk alatt, a mélyben ott kavarog a sugárzó nukleáris hulladék és a rákot okozó rakétaüzemanyag elegye, ami bármikor elérheti a felszíni ivóvízkészleteket.

Ráadásul a hidegháború végével a Szovjetunió felbomlott, és több ezer interkontinentális ballisztikus rakétát szereltek le **Ukrajnában**, **Fehéroroszországban**, **Kazahsztánban** és Oroszország belső területein. Az üzemanyagtartályok lefejtése és átmosása során hatalmas mennyiségű UDMH-s mosóvíz keletkezett. Sok helyen a katonaság egyszerűen beásta a hordókat a földbe vagy ellenőrizetlenül kifolyatta a bázisok melletti területekre. Ezeken az egykori titkos katonai bázisokon a talajvíz máig (és feltáratlanul) UDMH-val terhelt.

Miért nem tűnik el az UDMH a talajból?

Ami igazán veszélyessé teszi az UDMH talajszennyezést, az a bomlási folyamata. A talajban lévő oxigén és mikroorganizmusok hatására az UDMH átalakul. A gond az, hogy a bomlástermékei – mint a NDMA (N-nitrosodimetil-amin) – még az eredeti vegyületnél is stabilabbak, mobilisabbak a vízben és brutálisan rákkeltőek. A kazah kutatók megfigyelték, hogy a heptillel szennyezett sztyeppéken a talaj mikroorganizmus-flórája teljesen összeomlik: a hasznos baktériumok elpusztulnak, a talaj gyakorlatilag sterillé, halottá válik, és csak a mérgező vegyületeket jól tűrő mikroszkopikus gombák szaporodnak el.

Az UDMH napjainkban

Az UDMH-t (heptilt) a mai napig aktívan és nagy mennyiségben alkalmazzák az űriparban. Bár rendkívül mérgező és rákkeltő, bizonyos pótolhatatlan technikai előnyei miatt a világ vezető űrhatalmai még nem tudtak teljesen lemondani róla. Globális szinten a becslések szerint napjainkban évente nagyjából 10 000 – 12 000 tonna tiszta UDMH-t gyártanak.

A hírhedt orosz Proton rakéták mindhárom fokozatukban tisztán *UDMH/Dinitrogén-tetroxid* keveréket használnak. Bár az oroszok már megkezdték a Proton kivezetését – és a tervek szerint a kerozin-folyékony oxigén meghajtású Angara A5 váltja fel –, a Proton-M még aktív, legutóbb például 2026 februárjában is sikeresen indítottak vele műholdakat a Bajkonuri űrrepülőtérről.

Az orosz nukleáris elrettentő erő magját képező silóalapú óriásrakéták (mint az RS-28 Szarmat) üzemanyagaként a mai napig UDMH-t használnak, mivel ez az anyag akár évtizedekig eláll a föld alatti tartályokban anélkül, hogy elpárologna vagy lebomlana.

Jelenleg Kína a világ legnagyobb UDMH-fogyasztója a polgári és katonai célú indítások terén. A kínai műholdindítások és az űrállomás-ellátó missziók jelentős részét még mindig a régebbi **Long March** 2, 3 és 4 rakétasorozatok végzik, amelyek szintén UDMH-val működnek.

Bár Kína gőzerővel fejleszti az újgenerációs, környezetbarát (kerozinos és hidrogénes) rakétáit (Long March 5, 6, 7, 8, 10, 12), a hirtelen megnövekedett indítási igények miatt a régi, mérgező üzemanyagú flottát is kénytelenek maximális fordulatszámon pörgetni.

A nyugati űrügynökségek (NASA, ESA) és a magáncégek (mint a SpaceX) a hordozórakéták fő fokozatainál már régen száműzték az UDMH-t, de a hidrazinszármazékoktól ők sem tudtak teljesen elszakadni. Az űrhajók és műholdak pályakorrekciós hajtóműveiben, illetve az orbitális egységekben (pl. a SpaceX Dragon űrhajójának Draco hajtóműveiben) egy nagyon hasonló vegyületet, **MMH**-t (*monometil-hidrazint*) használnak.

Bár világszerte zajlanak kutatások a környezetbarát, úgynevezett *„zöld”* üzemanyagok (például az *ammonium-dinitramid alapú LMP-103S*) elterjesztésére, ezek egyelőre csak kisebb műholdakon képesek kiváltani a hidrazinszármazékokat. A nehézrakéták terén az UDMH kivezetése még éveket, Kína esetében akár egy évtizedet is igénybe vehet.

A SpaceX

A hagyományos szovjet vagy orosz műholdakkal ellentétben a Starlink-egységek nem kémiai (hipergol) hajtóművekkel manővereznek az űrben. Elektromos meghajtást, úgynevezett Hall-hatáson

alapuló ionhajtóműveket használnak. Az első generációs Starlink műholdak tiszta **kripton** (Kr) gázzal működtek, a modernebb, új generációs V2 Mini és V3 műholdak esetében pedig a SpaceX mérnökei áttértek az **argon** (Ar) gáz használatára. Az argon nagyjából százszor olcsóbb a kriptonnál, és bár nehezebb az űrben tárolni, a hajtómű hatásfoka kiváló.

A Starlink műholdakat pályára állító Falcon 9 hordozórakéta Merlin hajtóművei környezetbarát RP-1-es **rakéta-kerozint** és **folyékony oxigént (LOX)** égetnek el. A még nagyobb, tesztelés alatt álló Starship pedig **folyékony metánt (LNG)** és **folyékony oxigént** használ.

A 20. századi nukleáris gőg és a hidegháborús fegyverkezési verseny olyan ökológiai sebeket ejtett a bolygónkon, amelyek a mai napig kísértenek bennünket. A szárazföldi atomprogramok legsötétebb örökségét mutatja be a kazahsztáni kísérleti telep, A Poligon, a hírhedt plutóniumgyár, a Majak, valamint a valaha felrobbantott legnagyobb bombák jéghideg otthona, Novaja Zemlja története. Az emberi felelőtlenség hatásai a szárazföldről – Csernobil árnyéka mögül – egészen a mélytengerekig gyűrűztek, ahol egy süllyedő atom-tengeralattjáró, A Komszomolec története hagyott hátra máig ketyegő bombát, miközben a lakatlan északi partvidékeken Az elhagyott szovjet nukleáris világítótornyok jelentenek néma, elfeledett veszélyt. Ez a technológiai fásultság nem ismert határokat: a radioaktív hulladék a világűrből is ránk szakadt a Kozmosz–954 műhold képében, miközben a tengerentúlon, az óceán hullámai által ostromolt csendes-óceáni A Kaktusz-kupola emlékeztet arra, hogy a nukleáris múltat sosem lehet végleg eltemetni.

From:
https://mail.bolyongo.hu/ - **bolyongó**

Permanent link:
https://mail.bolyongo.hu/doku.php?id=passport:ordognyal&rev=1791390376

Last update: **2026/10/07 18:26**