



Kraków, 12 grudnia 2024

Anomalie izotopów plutonu na lodowcach półkuli południowej

Wyniki najnowszych badań prowadzonych przez naukowców z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie rzucają nowe światło na procesy akumulacji izotopów plutonu na lodowcach półkuli południowej. Analizy próbek kriokonitu – osadu gromadzącego się na lodowcach – ujawniają nie tylko różnice w stężeniach między półkulami, ale także wskazują na niespotykane wcześniej anomalie izotopowe, mogące mieć związek z takimi katastrofami jak upadek sondy kosmicznej Mars-96.

Lodowce górskie nie tylko dodają krajobrazowi majestatycznego uroku, ale także pełnią ważną rolę w dostarczaniu słodkiej wody. Ich topnienie, spowodowane globalnym ociepleniem, niesie jednak poważne konsekwencje, od podnoszenia poziomu mórz po zmniejszanie zasobów wodnych kluczowych dla produkcji energii w elektrowniach wodnych. Dodatkowo, uwalniane z lodu radionuklidy oraz inne zanieczyszczenia mogą migrować do pobliskich ekosystemów, gdzie akumulują się i wpływają na łańcuch troficzny.

Radioaktywne pierwiastki są obecne w środowisku zarówno wskutek naturalnych procesów, jak i działalności człowieka. Sztuczne radionuklidy, takie jak pluton, trafiły do środowiska głównie podczas prób jądrowych, awarii reaktorów oraz w wyniku wypadków satelitów i sond kosmicznych zawierających radioaktywne źródła energii. Substancje te, rozprzestrzeniane głównie przez atmosferę, kumulują się w różnych ekosystemach, w tym na lodowcach, gdzie gromadzą się w postaci ciemnych osadów zwanych kriokonitami. Typowy dołek kriokonitowy ma nie więcej niż kilkadziesiąt centymetrów średnicy i głębokości. Na jego dnie zalega osad, który jest wynikiem nagromadzenia materii organicznej i zanieczyszczeń: radionuklidów, metali ciężkich, pestycydów, mikroplastiku bądź antybiotyków. Osad ten stanowi potencjalne zagrożenie dla lokalnych ekosystemów.

Najnowsze badania, przeprowadzone w Instytucie Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie z użyciem nowatorskich metod spektrometrii masowej, pozwoliły stworzyć [baze danych dla izotopów plutonu](#) $^{238,239,240}\text{Pu}$ w lodowcach półkuli północnej i południowej. Przeanalizowane próbki kriokonitu pochodziły z 49 lodowców w dziewięciu regionach świata, w tym z Arktyki, Alp, Himalajów i Antarktydy. Materiał był zbierany przez międzynarodowy zespół badawczy w latach 2000-2020, a prace sfinansowano z projektu Narodowego Centrum Nauki.

„Są to pierwsze na tak szeroką skalę analizy zawartości plutonu w próbkach kriokonitu”, podkreśla dr hab. inż. Edyta Łokas (IFJ PAN), inicjatorka i koordynatorka badań oraz główna autorka publikacji w czasopiśmie „Science of the Total Environment”.

Wyniki badań dostarczyły naukowcom unikatowych informacji na temat akumulacji, dystrybucji i źródeł izotopów plutonu w lodowcach. Stężenia aktywności plutonu $^{239+240}\text{Pu}$ okazały się być znacznie wyższe na półkuli północnej niż na półkuli południowej, co odzwierciedla nierównomierną między półkulami depozycję plutonu pochodzącego z testów broni jądrowej. Na półkuli północnej najwyższe stężenia występują w Skandynawii i Alpach. W przypadku plutonu ^{238}Pu nie stwierdzono istotnych różnic między półkulami. Kriokonit z półkuli południowej charakteryzuje się dużą

heterogenicznością zarówno pod względem aktywności, jak i stosunków masowych plutonu.

Po raz pierwszy zaobserwowano niespotykane w literaturze stosunki izotopów $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ w kriokonitach lodowca Exploradores w Patagonii. Hipoteza badaczy sugeruje, że nadmiar ^{238}Pu może być związany z upadkiem rosyjskiej sondy kosmicznej Mars-96, która zatонуła w oceanie w pobliżu wybrzeży Chile w 1996 roku. Sonda zawierała generator z plutonem ^{238}Pu , co może tłumaczyć podwyższone stężenia tego izotopu na pobliskim lodowcu. Wyniki badań są pierwszymi tego typu obserwacjami pokazującymi anomalie stosunków izotopowych plutonu na półkuli południowej. Próbkki kriokonitu z lodowców Ameryki Południowej wykazywały ponadto stosunki masowe izotopów $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ znacznie różniące się od wartości literaturowych, co wskazuje, że dominujące źródło plutonu było związane z niskimi testami jądrowymi w obrębie Polinezji Francuskiej.

“Obserwowane przez nas stężenia aktywności plutonu w kriokonicie są – szczególnie na półkuli północnej – rzędy wielkości wyższe niż w innych matrycach środowiskowych stosowanych do monitorowania środowiska, takich jak porosty, mchy, gleby i osady. Jednocześnie nasze odkrycia podkreślają znaczenie kriokonitu w akumulacji zanieczyszczeń radioaktywnych, które potencjalnie mogą stanowić zagrożenie dla otaczającej fauny i flory, a jednocześnie pozwalają śledzić rozprzestrzenianie się tych zanieczyszczeń”, mówi dr Łokas.

Grupa naukowców z IFJ PAN kontynuuje swoje prace. Kolejne badania, realizowane we współpracy z krakowską Akademią Górniczo-Hutniczą, zaplanowano na czapie lodowej Jostedalbreen w Norwegii. Wyprawa, która odbyła się w sierpniu 2024 roku, miała na celu dalsze zrozumienie źródeł i procesów akumulacji zanieczyszczeń w lodowcach.

Institut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w obszarze fizyki oraz nauk pokrewnych. Główna część działalności naukowej Instytutu koncentruje się na badaniu struktury materii, w tym własności oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po cząstki elementarne. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN prowadzi też cztery akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowe. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fizykę fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Corocznie Instytut jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz szeregu seminariów i innych spotkań naukowych. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość”, któremu, na lata 2012-2017, nadany został status Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW). Wiele projektów i przedsięwzięć realizowanych przez Instytut jest wpisanych na Polską Mapę Infrastruktury Badawczej (PMIB). Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MEiN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.

KONTAKT:

dr hab. **Edyta Łokas**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628152
email: edyta.lokas@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

*„Isotopic signature of plutonium accumulated in cryoconite on glaciers worldwide”
E. Łokas et al.
Science of The Total Environment, 951 (2024) 175356
DOI: [10.1016/j.scitotenv.2024.175356](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175356)*

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ifj.edu.pl/>
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ241212b_fot01s.jpg

Typowy dołek kriokonitowy. (Źródło: IFJ PAN)

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2024/12/12/IFJ241212b_fot01.jpg

IFJ241212b_fot02s.jpg

Dr hab. Edyta Łokas z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN pobiera próbkę kriokonitu z lodowca. (Źródło: IFJ PAN)

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2024/12/12/IFJ241212b_fot02.jpg

IFJ241212b_fot03s.jpg

Schemat depozycji izotopów plutonu na powierzchnię lodowca. (Źródło: IFJ PAN)

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2024/12/12/IFJ241212b_fot03.jpg