

Promieniowanie kosmiczne (PK) to cząstki o wysokiej energii nieustannie bombardujące Ziemię. Energie promieni kosmicznych obserwowanych w otoczeniu Ziemi mieszczą się w zakresie od kilku GeV ( $=10^9$  eV) aż do kilku EeV ( $=10^{20}$  eV), czyli niemal miliard razy więcej w porównaniu do maksymalnych energii osiągalnych w najpotężniejszych ziemskich akceleratorach cząstek, takich jak LHC w Cern. W roku 1912 austriacki naukowiec Victor Hess zdobył nagrodę Nobla za odkrycie promieniowania kosmicznego. Naukowcy próbują rozwikłać zagadkę pochodzenia najbardziej energetycznych PK już od ponad stu lat, niestety nadal bez pełnego sukcesu. Mimo iż badacze nie wiedzą, które źródła astrofizyczne przyspieszają cząstki do tak fantastycznych energii, wiedzą już całkiem sporo o samym promieniowaniu kosmicznym. Przykładowo, strumień PK jest dobrze znany dzięki pomiarom dokonany przez kilka detektorów cząstek. Widmo promieniowania kosmicznego wyjawia istnienie pewnej struktury w okolicach kilku PeV ( $=10^{15}$  eV) – tak zwanego *kolana* – które, jak sądzą naukowcy, związane jest z maksimum energii, do której źródła Galaktyczne mogą przyspieszać PK. *Kolano* oznaczałoby zatem najwyższą energię uzyskiwaną w źródłach astrofizycznych w naszej Galaktyce. Promienie kosmiczne o wyższych energiach prawdopodobnie przyspieszane są poza naszą Galaktyką, w potężnych centrach innych galaktyk.

Celem naszego projektu jest odnalezienie źródeł astrofizycznych w naszej Galaktyce zdolnych do przyspieszania cząstek aż do *kolana* o energiach PeV, tak zwanych pewatronów. Innymi słowy, chcemy ustalić naturę, rozmieszczenie i mechanizm akceleracji najbardziej energetycznych źródeł promieni kosmicznych w Galaktyce, aby zrozumieć czy źródła te mogą wyjaśnić Galaktyczną populację PK.

Jako że promienie kosmiczne są cząstkami naładowanymi, ulegają one odchyleniu i izotropizacji w Galaktycznych polach magnetycznych, w wyniku czego nie jest możliwe zaobserwowanie ich bezpośrednio w pobliżu miejsc podejrzewanych o ich przyspieszanie, a tym samym zidentyfikowanie ich źródeł. Najlepszym wskaźnikiem populacji PK odległych od Ziemi jest promieniowanie gamma emitowane w różnych oddziaływaniach pomiędzy PK a ich otoczeniem. Dla promieni kosmicznych o energiach zbliżonych do PeV, głównymi procesami są rozpad pionów, produkowanych gdy hadrony PK zderzają się z otaczającym je gazem w ośrodku międzygwiazdowym, co powszechnie nazywane jest hadronowym mechanizmem produkcji PK, oraz odwrotny proces rozpraszania Comptona, w którym elektrony PK rozpraszane są na polach promieniowania, co nazywamy leptonowym mechanizmem produkcji. Oba procesy dadzą początek promieniowaniu gamma o energii około 10% energii macierzystej populacji PK, a więc energii rzędu dziesiątek i setek TeV dla PeV-owych promieni kosmicznych. Oznacza to, że wykrycie źródeł zdolnych do produkcji promieniowania gamma o energiach znacznie powyżej 10 TeV byłoby jasną wskazówką, że PK mogą być przyspieszane do energii PeV również w tych samych źródłach.

W celu odszukania tych kandydatów na pewatrony, użyjemy obserwacji promieniowania gamma z obserwatorium HAWC. HAWC znajduje się na zboczu wulkanu Sierra Negra na wysokości ponad 4000 m n.p.m., w parku narodowym Pico de Orizaba w stanie Puebla w Meksyku. Obserwatorium HAWC składa się z ponad 300 masywnych zbiorników wodnych, które wykrywają kaskady cząstek zapoczątkowanych przez promienie gamma o energiach często milion razy wyższych niż energie promieni rentgenowskich używanych w dentyście, wpadające w atmosferę i roztrzaskujące jej atomy. Prowadzi to do powstania pęków cząstek poruszających się przez atmosferę niemal z prędkością światła i trafiających do detektora. Pęk atmosferyczny generuje w wodzie błyski niebieskiego światła, co pozwala badaczom odtworzyć energię i kosmiczne pochodzenie początkowych promieni gamma. Zbieranie informacji o wielu promieniach gamma z tego samego regionu nieba pozwala obserwatorium HAWC uzyskać ostre obrazy poszczególnych źródeł promieniowania gamma.

Nasz projekt w szczególnym stopniu skorzysta z nowej sieci detektorów peryferyjnych przy HAWC, będącej obecnie w budowie z planowaną finalizacją przed końcem 2018 roku, która została zaprojektowana z myślą o wzmocnieniu czułości detektora na wysokich energiach, powyżej 10 TeV, czyli właśnie w zakresie energii kluczowym dla naszego projektu.

Potwierdzenie istnienia nowej populacji pewatronów stanowiłoby przełom w naszym rozumieniu pochodzenia najbardziej energetycznych promieni kosmicznych w Galaktyce.