

## *Streszczenie*

### **Probing the baryon cycle of primordial galaxies in the ALMA and JWST era**

Prasad SAWANT

W ciągu ostatnich dwóch dekad znaczący postęp w zakresie możliwości obserwacyjnych zrewolucjonizował nasze badania wczesnego Wszechświata. Połączone możliwości Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), Kosmicznego Teleskopu Hubble'a (HST) i Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba (JWST) umożliwiły kompleksowe badania odległych galaktyk w wielu długościach fal. Urządzenia te ujawniły zróżnicowaną populację układów o wysokim przesunięciu ku czerwieni, w tym znaczną liczbę zapyłonych galaktyk formujących gwiazdy, które podważają nasze tradycyjne modele ewolucji galaktyk. Wykrycie i charakterystyka pyłu w tych wczesnych galaktykach dostarczają kluczowych informacji na temat procesów rządzących formowaniem gwiazd, wzbogacaniem chemicznym i gromadzeniem się materii barionowej krótko po Wielkim Wybuchu.

Pomimo tych postępów nasze zrozumienie ośrodka międzygwiazdowego (ISM) w tych galaktykach pozostaje niepełne. Złożone mechanizmy odpowiedzialne za gromadzenie się dużych zasobów gazu i pyłu we wczesnych epokach nadal nie są w pełni zrozumiałe, głównie z powodu degeneracji i niedoskonałości charakterystycznych zarówno dla obserwacji, jak i modeli teoretycznych. Kwantyfikacja względnego znaczenia procesów powstawania i niszczenia pyłu w tym kontekście pozostaje trudnym zadaniem.

W miarę jak badamy galaktyki o coraz większych przesunięciach ku czerwieni, staje się oczywiste, że systemy te mają istotny wpływ na kosmiczną gęstość szybkości formowania się gwiazd (SFRD). Jednak większość prób ograniczenia SFRD zasłoniętej pyłem opierała się na wykryciu galaktyk submilimetrycznych o bardzo dużym zapyleniu, które nie reprezentują większości populacji galaktyk o dużym przesunięciu ku czerwieni i mogą wpływać na nasze interpretacje.

Punktem zwrotnym w tej dziedzinie były szeroko zakrojone badania linii emisyjnej [C II] 158  $\mu\text{m}$ , kluczowej linii chłodzenia w dalekiej podczerwieni (FIR) w galaktykach gwiazdotwórczych na wysokich przesunięciach ku czerwieni badanych przez ALMA. Linia ta śledzi gaz molekularny napędzający formowanie się gwiazd w ISM galaktyk, dostarczając jednocześnie kluczowych informacji o morfologii i kinematyce systemu. Utorowało to drogę do przeglądu ALPINE-ALMA [C II], który systematycznie celował w emisję FIR w układzie spoczynkowym 118 galaktyk ciągu głównego z  $\sim 5$ , zapewniając statystycznie solidną próbkę do badania ich właściwości gazu i pyłu.

Celem niniejszej pracy jest scharakteryzowanie cyklu barionowego w międzygwiazdowej materii (ISM) podpróby 98 galaktyk obserwowanych w ramach badania ALPINE. Aby określić ilościowo mechanizmy powstawania/niszczenia pyłu przy użyciu metod dopasowania widmowego rozkładu energii (SED) i modeli ewolucji chemicznej, wykorzystuję obserwacje tych galaktyk w wielu długościach fal, od UV/optycznych do FIR. W niniejszym badaniu wykorzystuję CIGALE do wyprowadzenia właściwości fizycznych tych galaktyk i analizuję wykresy diagnostyczne w celu prześledzenia ewolucji ich gazu i pyłu. Za pomocą modeli ewolucji chemicznej kwantyfikuję wkład różnych producentów pyłu i badam

wpływ różnych mechanizmów niszczenia, napływów i odpływów gazu na zawartość gazu i pyłu. Sprawdzam również hipotezę zmiennej funkcji masy początkowej (IMF) w odniesieniu do kanonicznych receptur IMF, aby pogodzić obserwacje, w szczególności dotyczące szybkiego gromadzenia się pyłu w galaktykach o wieku poniżej 100 mln lat.

W tej pracy udoskonalam modele ewolucji chemicznej, aby odtworzyć obserwowaną zawartość gazu i pyłu. Stwierdzam, że masy pyłu w galaktykach starszych niż 600 mln lat można wyjaśnić niezależnie od przyjętej IMF. W przypadku galaktyk w wieku około 300–600 mln lat konieczny jest wzrost pyłu w międzygwiazdowej materii, natomiast w przypadku najmłodszych galaktyk (wiek < 300 mln lat) wymagana jest funkcja top-heavy IMF, aby dopasować się do obserwowanych mas pyłu. Ogólnie rzecz biorąc, 65% próbek jest zgodne z modelami zakładającymi funkcję IMF Chabrier, a po przyjęciu funkcji top-heavy IMF odsetek ten wzrasta do 93%.

Wyniki tego badania dają możliwość przetestowania naszych najnowocześniejszych modeli powstawania pyłu przy użyciu reprezentatywnej i znacznej próbki galaktyk. Podkreślają one również znaczenie rozszerzenia takich obserwacji na jeszcze wyższe przesunięcia ku czerwieni. Wraz z pojawieniem się teleskopu JWST, który oferuje bezprecedensową czułość w paśmie optycznym i bliskiej podczerwieni, rozpoczęła się nowa era eksploracji, otwierająca nowe możliwości zrozumienia wczesnego Wszechświata, z których niektóre zostały pokrótce omówione w niniejszej pracy.