

I. Химический состав звезд

УДК 524.33

Натрий и алюминий в первых звездах Галактики

*С.М. Андриевский*¹, *С.А. Коротин*¹, *М. Спит*², *Ф. Спит*², *Р. Кейрель*²,
*П. Бонифацио*², *В. Хилл*², *П. Франсуа*²

¹НИИ “Астрономическая обсерватория” Одесского национального университета
им. И.И. Мечникова, Украина

²Обсерватория Париж-Медон, Франция

Проблема определения химического состава звезд галактического гало с очень сильным дефицитом металлов приобрела в последние годы чрезвычайную актуальность. Такие объекты относятся к самым ранним поколениям звездного населения нашей Галактики. Изучая эти звезды, мы, с одной стороны, получаем уникальную возможность воссоздания общей картины начальных этапов химической эволюции Галактики, с другой – появляется возможность уточнить теоретические модели сверхмассивных сверхновых звезд (гиперновых), которые, как полагают, и были ответственными за химическое обогащение межзвездной среды в ту далекую эпоху.

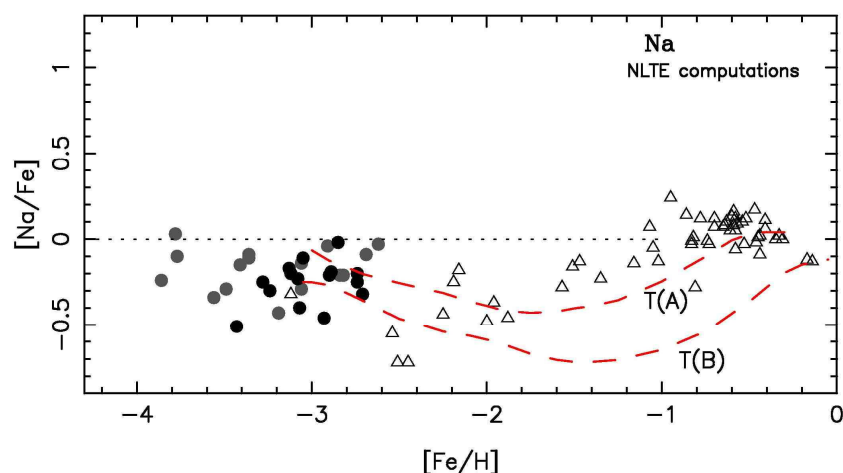


Рис. 1. Сравнение наших определений содержания натрия (кружки) с результатами (Герен и др., 2006) – треугольники. Штриховой линией показано предсказание по модели (Тиммес и др., 1995)

Основная трудность при анализе спектров самых первых звезд Галактики – корректный учет всех эффектов, которые связаны с отклонениями от термодинамического равновесия в атмосферах звезд с очень низкой металличностью. Только при таком подходе можно получить

надежные содержания химических элементов, что, в свою очередь, может служить залогом правильного понимания химической эволюции ранней Галактики.

Среди прочих химических элементов, натрий и алюминий вызывают повышенный интерес у специалистов, поскольку однозначного ответа на вопрос о пути синтеза ядер этих элементов в гиперновых звездах низкой металличности пока нет.

В связи с этим, для нескольких десятков звезд гало с металличностью в интервале $[\text{Fe}/\text{H}]$ от -2.5 до -4.0 были определены содержания натрия и алюминия с использованием НЛТР-приближения.

НЛТР-анализ проводился с помощью модифицированной программы MULTI (Карлсон, 1986), в которую добавлен блок учета непрозрачностей из ATLAS9. Для исследования D-линий применялась модель атома натрия из 27 уровней (Коротин, Мишенина, 1999).

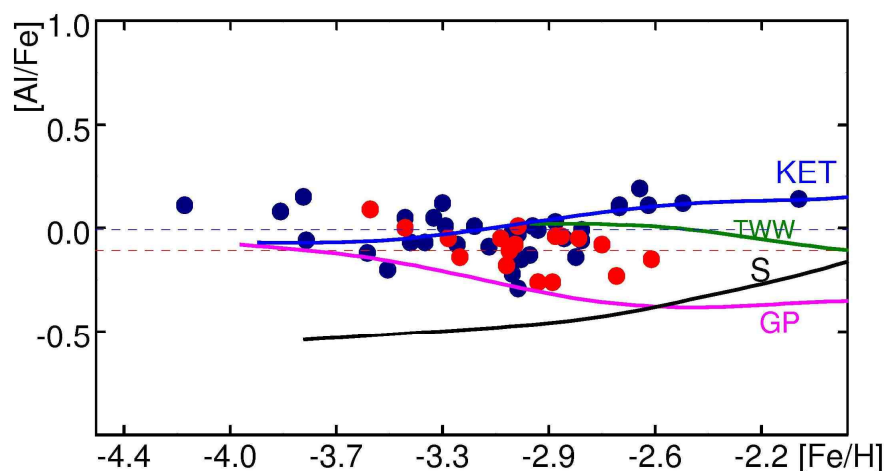


Рис. 2. Наблюдаемое содержание алюминия в зависимости от металличности (кружки). Теоретические зависимости: KET – (Кобаяши и др., 2006), TWW – (Тиммес и др., 1995), S – (Самланд, 1998), GP – (Госвами и др., 2000)

Из линий алюминия у программных звезд наблюдаются только две резонансные 3944 и 3961 Å. Для анализа профилей линий алюминия у программных звезд мы использовали следующую модель атома: 78 уровней Al I и 13 уровней Al II. Задача сравнения с наблюдениями усложнялась тем, что резонансные линии алюминия расположены на крыльях линий H и K CaII и водородной линии H δ . Поэтому мы сначала рассчитывали с помощью MULTI коэффициенты отклонения от ЛТР для всех уровней атома, а затем использовали их для расчета полного синтетического спектра в районе линий H и K CaII при помощи программы SYNTH (Цымбал, 1996).

Для звезд низкой металличности поправки к содержанию натрия и алюминия (НЛТР–ЛТР) оказываются существенными (около 0.5 dex). В целом в пределах исследованного нами интервала $[\text{Fe}/\text{H}]$ звезды не показывают избытков $[\text{Na}/\text{Fe}]$ и $[\text{Al}/\text{Fe}]$. Полученные экспериментальные распределения $[\text{Na}/\text{Fe}] - [\text{Fe}/\text{H}]$ $[\text{Al}/\text{Fe}] - [\text{Fe}/\text{H}]$ (рис. 1 и рис. 2) очень хорошо описываются в рамках теоретических моделей химической эволюции ранней Галактики, построенных (Тиммес и др., 1995; Кобаяши и др., 2006).

Литература

- Герен и др. (Gehren T., Shi J.R., Zhang H.W., Zhao G., Korn A.J.) // *Astron. Astrophys.* 2006. V. 451. P. 1065.
- Госвами А. (Goswami A., Prantzos N.) // *Astron. Astrophys.* 2000. V. 359. P. 191.
- Карлсон М. (Carlsson M.) // *Uppsala Obs. Rep.* 1986. V. 33.
- Кобаяши Ч. и др. (Kobayashi Ch., Umeda H., Nomoto K., Tominaga N., Ohkubo T.) // *Astroph. J.* 2006. V. 653. P. 1145.
- Коротин С.А., Мишенина Т.В. (Korotin S.A., Mishenina T.V.) // *A. Rep.* 1999. V. 43. P. 533.
- Самланд М. (Samland M.) // *Astroph. J.* 1998. V. 496. P. 155.
- Тиммес и др. (Timmes F.X., Woosley S.E., Weaver T.A.) // *Astroph. J. Suppl.* 1995. V. 98. P. 617.
- Цымбал В.В. (Tsymbal V.V.) // *Model Atmospheres and Spectrum Synthesis. ASP Conf. Ser./ Eds Adelman S.J., Kupka F., Weiss W.W. San Francisco: ASP. 1996. V. 108.*