

УДК 524.31

## Исходное содержание азота и кислорода в молодых В-звездах в окрестности Солнца

*Л.С. Любимков<sup>1</sup>, Д.Л. Ламберт<sup>2</sup>, Д.Б. Поклад<sup>1</sup>, Т.М. Рачковская<sup>1</sup>, С.И. Ростопчин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», Научный, АР Крым, Украина, 98409

<sup>2</sup> Обсерватория Мак Дональд, США

Поступила в редакцию 17 декабря 2012 г.

**Аннотация.** Выполнен не-ЛТР анализ линий N II и O II для 22 специально отобранных ранних и средних В-звезд с расстояниями  $d \leq 600$  пс от Солнца, которые, по-видимому, сохранили исходное содержание N и O в своих атмосферах. Для них в среднем получено  $\log \epsilon(N) = 7.80 \pm 0.12$  и  $\log \epsilon(O) = 8.73 \pm 0.13$ , что очень хорошо согласуется с последними оценками содержаний N и O для Солнца.

INITIAL NITROGEN AND OXYGEN ABUNDANCES IN YOUNG B-TYPE STARS IN THE SOLAR NEIGHBOURHOOD, by L.S. Lyubimkov, D.L. Lambert, D.B. Poklad, T.M. Rachkovskaya, S.I. Rostopchin. Non-LTE analysis of N II and O II lines is implemented for 22 specially selected early and middle B-type stars with distances  $d \leq 600$  pc from the Sun, which are likely to keep the initial N and O abundances in their atmospheres. The mean values  $\log \epsilon(N) = 7.80 \pm 0.12$  and  $\log \epsilon(O) = 8.73 \pm 0.13$  are found, that are in very good agreement with recent evaluations of the N and O abundances for the Sun.

**Ключевые слова:** В-звезды, химический состав

---

В работах последнего десятилетия было показано, что содержание ряда химических элементов (Fe, Mg и др.) в молодых звездах в окрестности Солнца, в частности в близких В-звездах главной последовательности (ГП), в среднем равно солнечному содержанию. То есть их металличность соответствовала солнечной. И лишь содержания C, N и O у таких звезд, согласно некоторым работам, выпадали из общей картины – они были немного понижены (на 0.2–0.3 dex) по сравнению с Солнцем. Такое различие допускало два объяснения: либо имеется реальный небольшой дефицит углерода, азота и кислорода в атмосферах таких звезд, связанный, например, со звездной эволюцией; либо найденные содержания C, N и O в этих работах систематически занижены.

Чтобы способствовать решению этой проблемы, мы выполнили анализ содержаний N и O для достаточно представительной группы В-звезд ГП, эволюционный статус которых показывал, что в их атмосферах сохранилось исходное содержание N и O.

Ранее нами были проведены спектральные наблюдения 123 ранних и средних В-звезд на двух обсерваториях – КраО (телескоп 2.6 м, разрешение 30000) и обсерватория Мак Дональд Техасского университета (телескоп 2.7 м, разрешение 60000). Они легли в основу ряда наших

Исходное содержание азота и кислорода

статей, опубликованных в MNRAS и других изданиях. В частности, для этих звезд были определены два фундаментальных параметра – эффективная температура  $T_{eff}$  и ускорение силы тяжести в атмосфере звезды  $\log g$  (Любимков и др., 2002). Как известно, содержания N и O для ранних и средних В-звезд находятся по линиям N II и O II, которые весьма чувствительны к принятым величинам  $T_{eff}$  и  $\log g$ . Теперь мы переопределили  $T_{eff}$  и  $\log g$  для меньшего числа специально отобранных В-звезд, используя более совершенную методику.

Отбор звезд проводился по следующим параметрам.

1) Скорость вращения.

Резкие линии N II и O II хорошо видны и надежно измеряются только в спектрах В-звезд с достаточно малыми скоростями вращения  $v \sin i$ . Кроме того, для звезд с достаточно медленным вращением теория не предсказывает заметных изменений в атмосферном содержании N и O к концу стадии ГП (нет заметного перемешивания на ГП вследствие вращения). Поэтому мы ограничились рассмотрением звезд с  $v \sin i < 70$  км/с.

2) Эффективная температура  $T_{eff}$ .

Существует систематическое различие в шкалах  $T_{eff}$  разных авторов для В-звезд, которое особенно заметно для ранних В-звезд, имеющих температуры  $T_{eff} > 25000$  К. Мы отобрали звезды с  $T_{eff} = 15300\text{--}24100$  К.

3) Ускорение силы тяжести  $\log g$ .

Чтобы исключить возможное эволюционное изменение атмосферных содержаний N и O в течение стадии ГП, мы не рассматривали звезды, близкие к концу фазы ГП (согласно эволюционным трекам). Поэтому для подавляющего большинства отобранных звезд  $\log g > 3.75$ .

4) Наблюдаемые параметры для определения  $T_{eff}$  и  $\log g$ .

Для определения ускорения силы тяжести  $\log g$  мы использовали звездные параллаксы  $\pi$  (новая редукция данных спутника *Hipparcos*). Отобраны звезды с  $\pi \geq 1.67$  mas, что соответствует расстояниям  $d \leq 600$  пс. Эффективная температура  $T_{eff}$  определялась с помощью двух фотометрических индексов: индекс  $Q$  в системе *UBV* и индекс  $[c_1]$  в системе *uvby*; как известно, они оба свободны от влияния межзвездного поглощения.

В итоге были отобраны 22 непроэволюционировавшие В-звезды с массами  $M = 5\text{--}11M_{\odot}$  (массы найдены по эволюционным трекам) в окрестности Солнца радиусом 600 пс. Таким образом, наша цель состояла в определении исходных содержаний азота и кислорода в молодых В-звездах в достаточно близкой окрестности Солнца.

Как предшествующие исследования, так и наши расчеты линий N II и O II показали, что в случае В-звезд с эффективными температурами  $T_{eff} > 18000$  К в таких расчетах следует отказаться от предположения о локальном термодинамическом равновесии (ЛТР). Все не-ЛТР расчеты линий N II и O II для отобранных звезд были выполнены нами с помощью программы MULTI S.A. Коротина.

Выполнив не-ЛТР анализ линий N II и O II, мы нашли содержания N и O для 22 программных звезд. В среднем получено  $\log \epsilon(N) = 7.80 \pm 0.12$  и  $\log \epsilon(O) = 8.73 \pm 0.13$ , что очень хорошо согласуется с последними данными других авторов, полученными для В-звезд в 2009–2012 гг. Важно, что имеется также отличное согласие с современными оценками содержаний N и O на Солнце. Такое согласие видно из табл. 1, где представлено сравнение с солнечными содержаниями N и O из следующих источников: Каффо и др. (2008, 2009); Асплунд и др. (2009). Таким образом, наш анализ содержаний азота и кислорода подтверждает вывод, полученный по другим химическим элементам, а именно: металличность близких молодых В-звезд такая же, как у Солнца.

**Таблица 1.** Средние содержания азота и кислорода для 22 В-звезд в сравнении с содержаниями N и O на Солнце

Объект	$\log \epsilon(\text{N})$	$\log \epsilon(\text{O})$	Источник
В-звезды	$7.80 \pm 0.12$	$8.73 \pm 0.13$	Настоящая работа
Солнечная фотосфера	$7.86 \pm 0.12$	$8.76 \pm 0.07$	Каффо и др. (2008, 2009)
Солнечная фотосфера	$7.83 \pm 0.05$	$8.69 \pm 0.05$	Асплунд и др. (2009)
Протосолнечное содержание	$7.87 \pm 0.05$	$8.73 \pm 0.05$	Асплунд и др. (2009)

Следует отметить, что мы определили также содержание углерода для 22 программных звезд (не-ЛТР анализ линий C II) и нашли в среднем  $\log \epsilon(\text{C}) = 8.31 \pm 0.13$ . С одной стороны, эта величина очень близка к современным оценкам  $\log \epsilon(\text{C})$  других авторов для В-звезд. Однако, с другой стороны, все эти оценки, как и прежде, показывают небольшой, но устойчивый дефицит (до 0.2 dex) относительно Солнца. Причина такого дефицита до конца пока не выяснена.

Расширенная версия данной работы принята к печати в *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*.

## Литература

- Асплунд и др. (Asplund M. et al.) // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 2009. V. 47. P. 481.  
 Каффо и др. (Caffau E. et al.) // *Astron. Astrophys.* 2008. V. 488. P. 1031.  
 Каффо и др. (Caffau E. et al.) // *Astron. Astrophys.* 2009. V. 498. P. 877.  
 Любимков и др. (Lyubimkov L.S. et al.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2002. V. 9. P. 333.