

УДК 523.94-36

## Оценка содержания технеция в солнечной фотосфере

Р. И. Костык, А. В. Переход

На основе анализа восьми коротких участков спектра спокойной фотосферы Солнца сделан вывод, что содержание технеция в солнечной атмосфере не превышает величины  $\lg A(\text{Tc}) = -0.6$  в общепринятой шкале.

*ESTIMATION OF TECHNETIUM ABUNDANCE IN THE SOLAR PHOTOSPHERE, by Kostyk R. I., Perekhod A. V.*— On the basis of the analysis of 8 short spectral regions of undisturbed solar photosphere it is concluded that technetium abundance in the solar atmosphere does not exceed  $\lg A(\text{Tc}) = -0.6$  on the scale  $\lg A(\text{H}) = 12.0$ .

В 1954 г. Юбене, де Ягер и Цваан [10] на основе анализа линий ионизованного технеция  $\lambda = 319.5231$  нм и  $\lambda = 329.8869$  нм, по-видимому, впервые определили его содержание в атмосфере Солнца:  $\lg A(\text{Tc}) = 1.3$ . Однако сами же авторы впоследствии признали ошибочность отождествления указанных линий. В 1976 г. поиски технеция на Солнце предпринял Д. Амандурдыев [1—3]. Исследуя четыре линии нейтрального технеция ( $\lambda = 482.0739$ ; 485.3588; 509.6280; 613.0805 нм), он находит  $\lg A(\text{Tc}) = 1.37$  [4].

Сравнительно недавно Гарстанг [12], а также А. С. Бахтияров и др. [5] опубликовали значения сил осцилляторов нескольких десятков линий нейтрального технеция, что и побудило нас вновь вернуться к поиску этого радиоактивного элемента в атмосфере Солнца.

Для анализа отобраны восемь линий нейтрального технеция, длины волн которых взяты из работы [6] (на рисунках они отмечены стрелкой; вертикальной чертой, пересекающей запись спектра, выделены депрессии, принадлежащие, по нашему мнению, технецию) и приведены в первой графе таблицы. Рассмотрим каждую из них в отдельности, используя в качестве наблюдательного материала атлас спектра Солнца [11].

Данные о линиях нейтрального технеция, по которым определялось его содержание в атмосфере Солнца

$\lambda$ , нм	$EPL$ , эВ	$\lg gf_V$ [5]	$\lg gf_R$ [5]	$\lg gf_G$ [12]	$\lg gf$	$W$ , пм	$\lg A(\text{Tc})$
403.163	0.32	0.48	0.52	0.40	0.40	0.050	0.08
417.028	0.51	-0.43	-0.70	—	-0.70	0.087	1.59
426.226	0.00	0.14	0.14	-0.23	-0.23	0.006	-0.58
442.959	1.30	-0.02	-0.19	—	-0.19	0.010	0.84
459.335	1.43	-0.11	-0.34	—	-0.34	0.002	0.53
490.957	1.98	0.17	-0.04	—	-0.04	0.013	1.43
592.457	0.00	—	—	-2.44	-2.44	0.012	1.90
592.538	1.83	-1.68	-2.53	—	-2.53	0.008	3.51

**Линия  $\lambda = 403.163$  нм (рис. 1, вверху).** Мы приписали депрессию с длиной волны 403.1547 нм и эквивалентной шириной  $W = 0.05$  пм нейтральному технецию, хотя она может принадлежать и линии неодима  $\lambda = 403.1545$  нм [13].

**Линия  $\lambda = 417.028$  нм (рис. 1, внизу).** Солнечный спектр при длине волны 417.0334 нм имеет депрессию, эквивалентная ширина которой по отношению к локальному континууму равна 0.087 пм. Кроме технеция, эта линия может принадлежать и молибдену с  $\lambda = 417.034$  нм [6].

**Линия  $\lambda=426.226$  нм (рис. 2, вверху).** Едва заметная депрессия ( $\lambda=426.2236$  нм,  $W=0.006$  пм) расположена между двумя относительно сильными линиями. Близкую длину волны имеют линии неодима  $\lambda=426.2239$  нм [13] и марганца  $\lambda=426.2236$  нм [16].

**Линия  $\lambda=442.959$  нм (рис. 2, внизу).** Эквивалентная ширина бленды ( $\lambda=442.9586$  нм,  $W=0.01$  пм) найдена посредством разложения участка спектра  $442.90\div 442.98$  нм на отдельные составляющие с по-

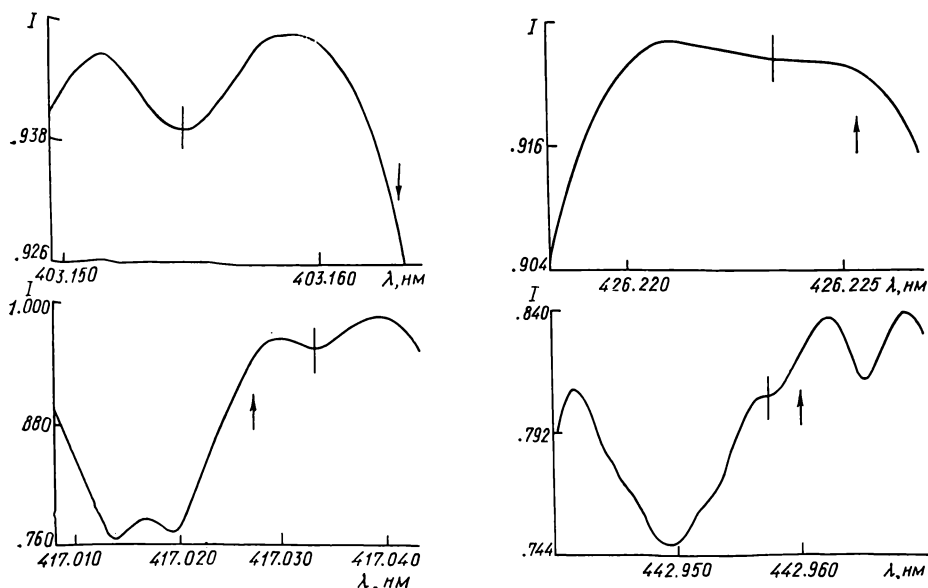


Рис. 1. Участки записи спектра Солнца вблизи линий Тс I: 403.163 нм (вверху) и 417.028 нм (внизу)

Рис. 2. Участки записи спектра Солнца вблизи линий Тс I: 426.226 нм (вверху) и 442.959 нм (внизу)

мощью комплекса программ обработки спектров [8]. Около указанной линии Тс расположена линия нейтрального хрома  $\lambda=442.9570$  нм [16].

**Линия  $\lambda=459.335$  нм (рис. 3, вверху).** Определение эквивалентной ширины линии ( $\lambda=459.3366$  нм,  $W=0.002$  пм) проводилось также с помощью программ [8]. Указанная депрессия может принадлежать и линии нейтрального титана  $\lambda=459.3367$  нм [16].

**Линия  $\lambda=490.957$  нм (рис. 3, внизу).** Слабая бленда с длиной волны  $490.9582$  нм и эквивалентной шириной  $0.013$  пм в красном крыле умеренно-сильной линии.

**Линия  $\lambda=592.457$  нм (рис. 4, вверху).** Эквивалентная ширина линии поглощения ( $\lambda=592.4553$  нм) равна  $0.012$  пм. Такую же длину волны имеет линия нейтрального ванадия  $\lambda=592.4551$  нм [16].

**Линия  $\lambda=592.538$  нм (рис. 4, внизу).** На указанной длине волны заметна лишь незначительная деформация красного крыла линии европия ( $\lambda=592.5300$  нм) [16], которую мы приписали технецию ( $W=0.008$  пм), хотя она, возможно, обусловлена изотопической или сверхтонкой структурой линии европия.

Таким образом, все рассмотренные нами линии нейтрального технеция очень слабы: эквивалентная ширина самой сильной из них не превышает  $0.1$  пм. Это обусловило и небольшую точность определения величин  $W$  — до множителя  $1.5\div 2.0$ , а для наиболее слабых линий — до множителя  $3$ . Кроме того, все они блендированы, нет ни одного уверенного отождествления. Учесть влияние бленд методом синтетического спектра нельзя, поскольку либо совсем отсутствуют значения сил осцилляторов, либо они приводятся только в работе [16], как извест-

но, со значительной погрешностью. Поэтому найденные эквивалентные ширины приписаны линиям технеция, что позволяет определить лишь верхний предел содержания этого элемента в атмосфере Солнца.

Содержание Тс вычислялось по найденным эквивалентным ширинам с  $v_{\text{микро}} = 0.9 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$  и  $\gamma = 1.5 \text{ } \mu\text{с}$  [15]. Использовалась модель фотосферы Солнца Холвегера — Мюллер [14]. Результаты приведены в последней графе таблицы. Мы использовали значения сил осцилляторов Бахтиярова и др. (3,4 графы таблицы), а также Гарстанга (5 графа). В работе [5] для каждой линии даны два значения  $gf$ . Поскольку

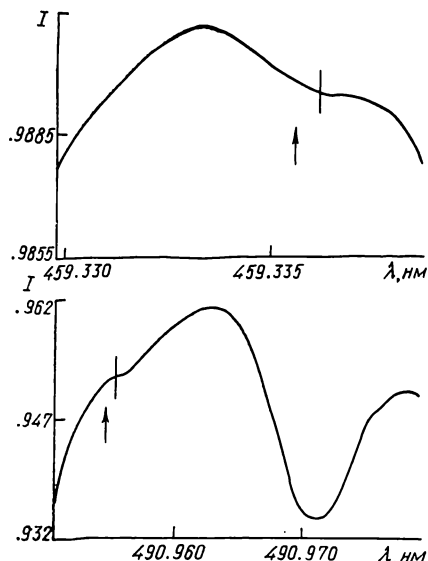


Рис. 3. Участки записи спектра Солнца вблизи линий Тс I: 459.335 нм (вверху) и 490.957 нм (внизу)

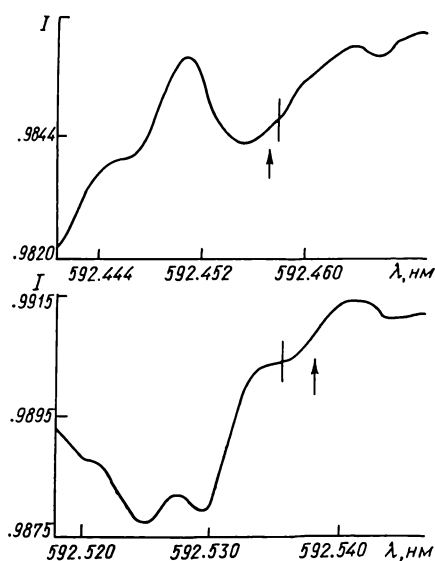


Рис. 4. Участки записи спектра Солнца вблизи линий Тс I: 592.457 нм (вверху) и 592.538 нм (внизу)

мы можем определить лишь верхний предел содержания технеция, то из приведенных величин  $gf$  выбиралось наименьшее. Используемые для вычисления содержания технеция значения сил осцилляторов даны в шестой графе таблицы.

Разброс полученных значений  $\lg A(\text{Tc})$  очень большой — четыре порядка. Он не может объясняться погрешностями ни  $gf$ , ни  $W$ . Наиболее вероятная, по нашему мнению, причина такого разброса — неучтенные бленды. Из таблицы следует, что если в атмосфере Солнца и существуют атомы технеция, то их содержание в общепринятой шкале не превышает  $-0.6$ . Это существенно (на два порядка) меньше значения, полученного Амандурдыевым [4].

Отметим также, что для сравнительно большого числа звезд поздних спектральных классов (более полусотни) проведено уверенное отождествление линий технеция, хотя разброс величин  $\lg A(\text{Tc})$  даже по данным последних исследований [7, 9] достигает нескольких порядков.

Авторы признательны А. А. Никитину и А. С. Бахтиярову за предоставление значений сил осцилляторов линий технеция до их опубликования.

1. Амандурдыев Д. Поиски технеция в атмосфере Солнца. I // Солнеч. данные.— 1976.— № 10.— С. 57—67.
2. Амандурдыев Д. Поиски технеция в атмосфере Солнца. II // Там же.— № 11.— С. 48—55.

3. *Амандурдыев Д.* Поиски технеция в атмосфере Солнца. III // Там же.— 1978.— № 3.— С. 86—90.
4. *Амандурдыев Д.* О возможном содержании Tc в атмосфере Солнца // Там же.— 1982.— № 9.— С. 79—84.
5. *Бахтияров А. С., Богданович П. О., Жукаускас Г. Л. и др.* Об энергетической структуре спектра Tc I // Кинематика и физика небес. тел.— 1986.— 2, № 2.— С. 13—20.
6. *Зайдель А. Н., Прокофьев В. К., Райский С. М. и др.* Таблицы спектральных линий.— М.: Наука, 1977.— 800 с.
7. *Киппер Т. А., Киппер М. А.* О содержании технеция в атмосферах красных гигантов // Письма в Астрон. журн.— 1984.— 10, № 11.— С. 868—872.
8. *Кучеров А. П.* Вычисление величин, характеризующих перекрывающиеся линии в спектрах // Журн. прикл. спектроскопии.— 1984.— 41, № 1.— С. 79—82.
9. *Орлов М. Я., Шаврина А. В.* Содержание технеция в атмосферах MS- и C-звезд // Астрон. циркуляр.— 1983.— № 1271.— С. 7—8.
10. *Юбене Г., де Ягер Ш., Цваан Ш.* Ядерные процессы в звездах.— М.: Изд-во иностр. лит., 1957.— 465 с.
11. *Delbouille L., Neven L., Roland C.* Photometric atlas of the solar spectrum from  $\lambda$  3000 to  $\lambda$  10000 Å.— Liege, 1973.
12. *Garstang R. H.* Oscillator strengths for neutral technetium // Publ. Astron. Soc. Pacif.— 1981.— 93, N 555.— P. 641—646.
13. *Harrison G. R.* Wavelength tables.— New York: Publ. Technol. Press / Massachusetts Inst. Technol. S. a.— 429 p.
14. *Holweger H., Müller E. A.* The photospheric barium spectrum: solar abundance and collision broadening of Ba II lines by hydrogen // Solar Phys.— 1974.— 39, N 1.— P. 19—30.
15. *Kostik R. I.* Damping constant and turbulence in the solar atmosphere // Solar Phys.— 1982.— 78, N 1.— P. 39—57.
16. *Kurucz R. L., Peytremann E. A.* A table of semiempirical *gf* values // Smithsonian Astrophys. Observ. Spec. Rep.— 1975.— N 362.— P. 1—1219.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,  
Киев

Поступила в редакцию 08.08.85,  
после доработки 16.09.85

## РЕФЕРАТ ПРЕПРИНТА

УДК 524.6

### О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ НАБЛЮДАЕМОЙ АСИММЕТРИИ РАСШИРЯЮЩИХСЯ ОБОЛОЧЕК Н I / Пасько В. П., Силич С. А.

(Препринт / АН УССР, Ин-т теорет. физики; ИТФ-86-63Р)

Развивается модель, связывающая обнаруженные недавно в распределении нейтрального водорода гигантские дугообразные структуры с образованием в сверхоблаках нейтрального водорода под воздействием звезд высокой светимости гигантских расширяющихся оболочек Н I. Одна из трудностей данной модели связана с асимметрией наблюдаемых объектов. В работе показано, что наблюдаемая асимметрия не только не противоречит интерпретации наблюдаемых структур в качестве расширяющихся оболочек, но представляет собой необходимое следствие модели, учитывающей возможность неоднородного распределения газа внутри сверхоблаков. Предложен тест для наблюдательной проверки модели.