УДК 523.62–726

Г. С. МИНАСЯНЦ[1], *Т. М. МИНАСЯНЦ*[2]

(ДТОО «Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова», г. Алматы)

СВОЙСТВА ПОТОКОВ ЧАСТИЦ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СПОКОЙНОМ СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ

С целью изучения изменений потоков частиц в спокойном солнечном ветре было исследовано поведение 15 различных химических элементов с зарядовым числом $1 \leq Z \leq 28$: *H, He, C, N, O, Ne, Na, Mg, Al, Si, S, Ar, Ca, Fe, Ni*. Использовались космические наблюдения Солнца на спутниках ACE (приборы ULEIS, EPAM, SIS, CRIS), WIND (EPACT/LEMT), STEREO (LET, HET), GOES. Общий интервал энергии для частиц и ионов составлял (0.06-500) МэВ/нуклон.

Для стадии спокойного солнечного ветра в минимуме 23-го цикла активности (1 апреля 2007 г. – 31 декабря 2009 г.) были построены энергетические спектры частиц и ионов различных химии-ческих элементов. Это позволило рассчитать относительное содержание этих элементов в спокой-ном солнечном ветре и сравнить его со стандартным обилием в короне.

Полученные значения относительного содержания элементов в спокойном солнечном ветре показывают пониженные значения по сравнению с корональными, особенно для тяжелых элемен-тов: *Ne*,

Si, Fe. При совместном влиянии излучения Солнца и галактических космических лучей в солнечном ветре четко проявляется, так называемый, аномальный компонент галакти-ческих лучей, при этом наблюдается избыточное количество ядер – *N, O, Ne, Ar, Ca*. В галактических космических лучах для всех элементов, за исключением *He*, наблюдается повы-шенное их содержание.

Для спектра энергии элементов солнечного ветра в период минимума цикла в области ~5 МэВ/нуклон наблюдается излом кривой и в дальнейшем ее ход определяется излучением галакти-ческих космических лучей. В эпоху минимума солнечного цикла интенсивность галактического фона в несколько раз выше, чем в максимуме.

Ход годовых значений потоков ионов Fe галактических космических лучей и чисел Вольфа позволяет предположить высокую солнечную активность в текущем 2014 году.

Ключевые слова: солнечный ветер, энергетические спектры, химический состав.

Тірек сөздер: күн желі, энергетикалық спектрлер, химиялық құрам.

Key words: solar wind, spectra energy, chemical composition.

Исследование химического состава солнечного ветра является важной задачей, позволяющей получить научную информацию о физических условиях в источниках его формирования. Относи-тельное содержание химических элементов в солнечном ветре имеет отличия от химиического состава в атмосфере Солнца, что также требует четкого объяснения. В обилии элементов наблюда-ются изменения, которые связаны с фазой солнечного цикла и вспышечной активностью Солнца.

Вариация потоков солнечного ветра определяется двумя основными факторами: генерацией энергичных частиц на Солнце и условиями распространения галактических космических лучей (ГКЛ) в межпланетной среде. Основной причиной, влияющей на изменение условий распростра-нения малоэнергичной части ГКЛ, является количество и характер распределения магнитных неоднородностей, а также флуктуации магнитного поля в гелиосфере Солнца. Отсутствие актив-ных областей на Солнце приводит к минимизации источников рассеяния ГКЛ и соответственно к их максимальному проявлению, начиная с энергии E_k > (5-20) МэВ/нуклон [1]. Таким образом, физиические условия в спокойном солнечном ветре в эпоху минимума цикла можно условно разде-лить по энергиям частиц на два характерных состояния, с границей раздела около 5 МэВ/нуклон. Причем в интервале энергий (5-20) МэВ/нуклон наблюдается совместное влияние Солнца и ГКЛ. Протоны и ядра с энергиями > (20-30) МэВ/нуклон имеют галактическое происхождение.

Продолжительный минимум 23-го цикла активности предоставил возможность на длительном интервале времени проследить за вариациями потоков различных химических элементов в спокой-ном солнечном ветре. За всю историю регулярных наблюдений Солнца с 1700 года лишь 2 цикла активности в стадии минимума имели более низкие значения чисел Вольфа. Декабрь 2008 года был определен как минимум предыдущего цикла активности. Поэтому нами для исследования спо-койного солнечного ветра выбран промежуток с 1 апреля 2007 по 31 декабря 2009 годов. За этот период в течение 669 дней вообще отсутствовали активные области на Солнце. В остальные дни на Солнце присутствовали лишь поры и пятна очень маленькой площади, которые не создали замет-ных возмущений в солнечном ветре.

Для выбранного временного интервала были построены спектры энергии 15 различных химических элементов с $1 \leq Z \leq 28$: H, He, C, N, O, Ne, Na, Mg, Al, Si, S, Ar, Ca, Fe, Ni. Использо-вались космические наблюдения Солнца на спутниках ACE (приборы ULEIS, EPAM, SIS, CRIS), WIND (EPACT/LEMT), STEREO (LET, HET), GOES. Общий интервал энергии для частиц и ионов составлял (0.06-500) МэВ/нуклон.

На рисунке 2.1 показаны рассчитанные спектры энергии для всех рассмотренных элементов в период минимума 23-го цикла активности. Обычный довольно гладкий ход профилей спектра в нашем случае имеет излом в диапазоне энергий ~ 5-20 МэВ/нуклон, что связано с присутствием