

ПЕРСОНАЛИИ

**Г. П. Любимов приоткрывает тайны гелиосферы
(к 90-летию Германа Павловича Любимова)**

М. И. Панасюк

*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына
(НИИЯФ МГУ). Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.**E-mail: panasyuk@sinp.msu.ru*

Статья поступила 21.11.2013, подписана в печать 22.11.2013.

2 июля 2014 г. исполняется 90 лет Герману Павловичу Любимову, доктору физ.-мат. наук, профессору, главному научному сотруднику НИИЯФ МГУ, работающему в МГУ с 1942 г., в НИИЯФ МГУ — с 1960 г., ветерану Великой Отечественной войны. Герман Павлович является крупнейшим специалистом в области физики Солнца и межпланетной среды.

Ключевые слова: солнечные космические лучи, гелиосфера, межпланетная среда.

УДК: 537.591.5. PACS: 96.50.Vg.

Исследование космических лучей в НИИЯФ МГУ имеет долгую историю: уже в середине 1930-х годов С. Н. Вернов предложил для этих целей использовать шары-зонды. «Доспутниковый» период привел к пониманию основной компоненты космических лучей — протонов и к первым оценкам формы спектра космических лучей. Начиная со второго искусственного спутника Земли (ИСЗ), на борту многих космических аппаратов устанавливается научная аппаратура для измерения потоков энергичных заряженных частиц, разработанная и изготовленная сотрудниками НИИЯФ МГУ. Г. П. Любимов — один из пионеров космических экспериментов, возглавляющий творческий коллектив лаборатории физики гелиосферы, силами которого проведены исследования на автоматических межпланетных станциях серий *Зонд, Марс, Венера, Луна, Луноход, Вега, Фобос* и ИСЗ *ГРАНАТ* (с 1961 по 1996 г. проведено 44 эксперимента). В этих экспериментах впервые в нашей стране получен уникальный и самый протяженный ряд однородных данных о потоках протонов с энергией больше 1 МэВ в космическом пространстве. На основе экспериментальных и наблюдательных данных впервые обнаружены многие явления и закономерности физики гелиосферы:

- сильное торможение ударных волн от солнечных вспышек в солнечном ветре (СВ), пропорциональное квадрату относительной скорости (1968). Относительная скорость определялась путем вычитания из средней скорости СВ, найденной дополнительно, скорости спокойного СВ, равной 200 км/с. Торможение квазистационарных потоков солнечного ветра было пропорционально первой степени относительной скорости. Явление легло в основу исследований в области космической газодинамики и привело к созданию международной группы STIP (Study of Travelling Interplanetary Phenomena) для сбора и мониторинга всей информации (связанной с солнечными вспышками) с космических аппаратов в гелиосфере;
- форбуш-эффект в интенсивности солнечных космических лучей (СКЛ) с энергией больше 1 МэВ (1973).



Найдена единая форма модуляционного энергетического спектра для солнечных и галактических космических лучей;

- вырожденный форбуш-эффект в интенсивности галактических космических лучей (1977). Вырожденный форбуш-эффект не имеет фазы спада, наблюдается на фазе восстановления предшествующего форбуш-эффекта и соответствует слабой модуляцион-

ной способности СВ и межпланетного магнитного поля (ММП);

- изучался 11-летний ход потока солнечных космических лучей в зависимости от солнечной активности (1972). Показано, что логарифм потока протонов с энергией больше 1 МэВ пропорционален числу солнечных пятен: $\lg N = 0.02Rz$. Самые большие отклонения (± 0.5 порядка) наблюдались на фазах роста и спада солнечной активности, среднеквадратичное отклонение достигало $\pm 30\%$;
- дискретные петли межпланетного магнитного поля размером до 6 а.е. на основе анализа анизотропии солнечных космических лучей на трех автоматических станциях *Марс-4, 5, 7* (1973). Было показано, что петли с характерным размером (сечением) $(0.5 \div 2) \cdot 10^6$ км и с минимальным — $0.03 \cdot 10^6$ км на 1 а.е. от Солнца вытянуты солнечным ветром из активных областей Солнца, в одной из которых произошла вспышка, зашедшая их солнечными космическими лучами;
- в спокойном солнечном ветре и межпланетном магнитном поле дублетные и мультиплетные структуры — большие квазистационарные импульсы потока (1984). Показано, что это сечения межпланетных трубчатых петель с плазмой длиной более 1 а.е.

Г. П. Любимову принадлежит дальнейшая разработка диагностической методики, основанной на изучении характеристик и параметров движения заряженных частиц солнечных и галактических космических лучей в магнитных полях: причинно-следственные связи источников возмущений с их откликами в гелиосфере позволяют судить о топологии магнитных полей в короне Солнца и в гелиосфере. Г. П. Любимовым созданы модельные представления о динамических структурах в атмосфере Солнца и об их продолжении в гелиосфере. Главные постулаты модельных представлений основываются на наблюдательных и диагностических данных о солнечной активности, солнечном ветре и межпланетном магнитном поле и фундаментальных физических соотношениях.

Г. П. Любимовым было обосновано, что фундаментальной структурой в солнечной атмосфере и в гелиосфере является плазменно-магнитная трубка. Показаны существование циркуляции заряженных частиц во вспышечных петлях и необходимость существования подфотосферного, кумулятивного механизма ускорения (2000).

Созданная Г. П. Любимовым модель восходящего потока плазмы солнечного ветра в дискретной структуре солнечных магнитных полей разрешает образование солнечного ветра с уровня фотосферы (1986). Восходящий поток плазмы за счет вязкого взаимодействия вытягивает арочные структуры и может их выносить в гелиосферу, образуя петли в межпланетной среде. Эта дискретная модель снимает основную трудность прежних сепарационных моделей, запрещающих течения поперек сильных магнитных полей.

В 1988 году Г. П. Любимовым предложена физическая и эмпирическая «отражательная» модель движения, переноса, накопления и модуляции солнечных космических лучей в петлевых ловушках межпланетного магнитного поля. Одним из основных физических принципов, заложенных в основу «отражательной» модели, является постулат, что распространение СКЛ в межпланетной среде происходит в квазистационарных петлевых структурах ММП разного масштаба, которые вращаются вместе с Солнцем и могут быть ориентированы в различных плоскостях. Петлевые структуры могут быть собраны в пучки, в соответствии с расположением их оснований на Солнце, и перераспределены в межпланетной среде за счет динамических процессов в солнечном ветре. Частицы совершают колебания с отражением от магнитных пробок в вершинах и основаниях магнитных петель с различными коэффициентами отражения. Диффузионное приближение может быть использовано, если размеры системы достаточно велики и частицы успевают сильно рассеяться, так что распределение их по направлениям становится близким к изотропному. Модельные представления о захвате и переносе СКЛ в полупрозрачных ловушках дают возможность объяснить недиффузионные формы временных профилей потоков СКЛ и установить связи возрастных потоков со вспышками на Солнце. Существенными для формы временного профиля являются положение источника на Солнце (долгота и широта) и взаимное расположение детектора относительно Солнца (положение точки соединения), а также состояние межпланетной среды. Существование корональных и гелиосферных петель различного масштаба согласуется с «отражательной» моделью распространения СКЛ, в соответствии с которой гелиосферные квазистационарные системы петель ММП заполняются при вспышках частицами СКЛ наподобие радиационных поясов Земли, образуя «локальные радиационные пояса Солнца» (2002).

Г. П. Любимов полон творческих сил и энергии и строит планы на будущее в поиске новых явлений в гелиосфере.

Список литературы

1. Вернов С.Н., Тверской Б.А., Любимов Г.П. и др. // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1975. **39**, № 2. С. 340.
2. Любимов Г.П., Контор Н.Н., Переслгина Н.В., Игнатьев П.П. // Изв. РАН. Сер. Физ. 1976. **40**, № 3. С. 462.
3. Любимов Г.П. // *Астрономический циркуляр АН СССР*. 1988. № 1531. С. 1916.
4. Любимов Г.П. // Изв. РАН. Сер. физ. 2003. **67**, № 3. С. 353.
5. Любимов Г.П. // *Космические исследования*. 2006. **44**, № 2. С. 118.
6. Ермаков С.И., Любимов Г.П., Тулунов В.И., Чучков Е.А. // *Космич. исслед.* 2007. **45**, № 2. С. 108.
7. Любимов Г.П., Власова Н.А., Тулунов В.И. и др. // *Космич. исслед.* 2011. **49**, № 6. С. 491.

**German Lyubimov lifts the veil over the heliosphere
(towards the 90-th anniversary of G. P. Lyubimov's birth)**

M. I. Panasyuk

*D. V. Scobeltsyn Institute of Nuclear Physics (SINP MSU), M.V. Lomonosov Moscow State University,
Moscow 119991, Russia.*

E-mail: panasyuk@sinp.msu.ru.

On July 2, 2014 Professor German Lyubimov, World War II veteran, will reach the age of 90. He started working for MSU in 1942, and for SINP MSU — in 1960. Today German Lyubimov is the Chief researcher of SINP MSU, the foremost authority in the fields of solar physics and interplanetary space.

Keywords: solar cosmic rays, heliosphere, interplanetary space.

PACS: 96.50.Vg.

Received 21 November 2013.

English version: *Moscow University Physics Bulletin* 3(2014).

Сведения об авторе

Панасюк Михаил Игоревич — докт. физ.-мат. наук, профессор, директор НИИЯФ МГУ; тел.: (495) 939-18-18, e-mail: panasyuk@sinp.msu.ru.