

## Исследование солнечно-земных связей в КрАО – страницы истории

*Б.М. Владимирский*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 27 октября 2008 г.

**Аннотация.** Начало исследованиям в КрАО солнечно-земных связей было положено сооружением в начале 50-х гг. мощного геофизического комплекса, который позволял регистрировать все основные проявления солнечной активности в магнитосфере и ионосфере. В 60–70-х гг. сотрудниками КрАО был получен ряд важных результатов, касающихся физики хромосферных вспышек и солнечного ветра. Традиция проведения междисциплинарных исследований нашла свое достойное продолжение в последующие годы в изучении влияния космической погоды на биосферу и техносферу.

THE INVESTIGATION OF SOLAR-TERRISTRIAL RELATIONS IN THE CRIMEAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY – THE PAGES OF HISTORY, *by B.M. Vladimirsky.*

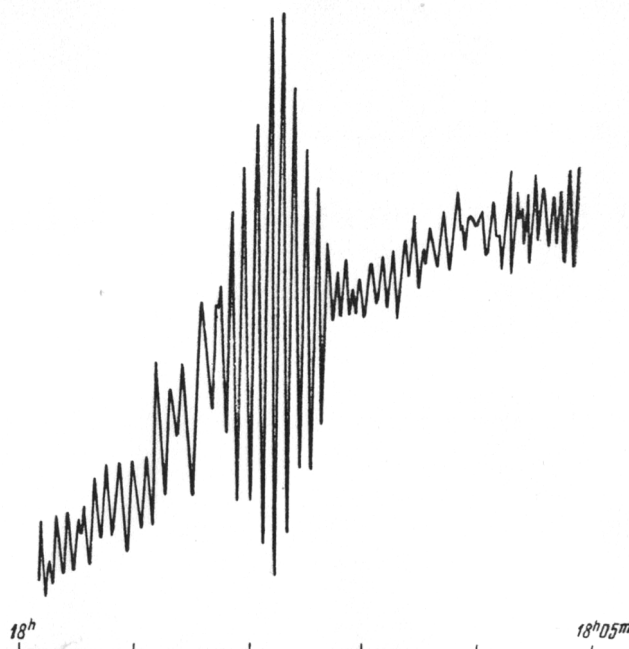
---

### Введение

До начала внеатмосферных астрофизических наблюдений многие проявления солнечной активности изучались косвенно – по их многочисленным геофизическим эффектам. Вот почему в НИИ “КрАО” был в свое время создан мощный геофизический комплекс, позволявший регистрировать все основные показатели изменений космической погоды:

- магнитная станция с флюксометрической установкой рекордной чувствительности. Этот замечательный прибор сооружался под руководством А.С. Дворяшина (1924–1998), выпускника МГУ, участника Великой Отечественной войны. Он позволял регистрировать все виды микропульсаций геомагнитного поля, наблюдать “тонкую структуру” ударной волны коронального выброса и, конечно, надежно фиксировать большие хромосферные вспышки в дневное время;
- ионосферная станция вертикального зондирования, созданная Н.А. Савичем и А.Н. Абраменко. Уже самые первые наблюдения с помощью этой установки позволили Н.А. Савичу сделать вывод о существовании всплесков рентгеновского излучения, сопровождавших развитие хромосферных вспышек (1955);
- станция регистрации интенсивности дальних атмосфериков, построенная Н.Н. Ерюшевым (1926–1979) и А.Н. Абраменко. Прибор позволял осуществлять мониторинг в автоматическом режиме упомянутых всплесков ионизирующего излучения солнечных хромосферных вспышек;
- станция регистрации уровня космических ради шумов на частотах 26.7 и 32.5 МГц. Аппаратура была создана одним из первых радиоастрономов КрАО И.Г. Моисеевым и тем же А.Н. Абраменко;
- станция регистрации космических лучей, включавшая мезонный телескоп и нейтронный монитор. Аппаратура создавалась под руководством выпускника МГУ

А.А. Степаняна (1931–2005). Здесь же была налажена служба запуска стратосферных шаров-зондов, что позволяло проводить измерения интенсивности космических лучей на высотах до 30 км.



Группа КПК, зарегистрированная в момент быстрого роста поля 4 сентября 1957 г. Время мировое

**Рис. 1.** Образец записи на флюксметре А.С. Дворяшина – “тонкая структура” внезапного начала магнитной бури 4.09.1957

С началом реализации программы Международного геофизического года (1957–1958) все перечисленные установки были включены в мировую сеть наблюдений. Результаты всех измерений регулярно отсылались в Международный центр данных (МЦД). Но одновременно всем научным сотрудникам КрАО стали доступны данные измерений мировой сети. Эти уникальные по тем временам возможности были немедленно широко использованы. В “Известиях КрАО” стали постоянно публиковаться работы по всем основным проблемам физики солнечно-земных связей. Крымская астрофизическая обсерватория быстро заняла заметное место среди учреждений, занимавшихся данной тематикой. Успеху этих исследований содействовало еще одно важное обстоятельство. Работы по солнечно-земным связям, как правило, носят междисциплинарный характер. То, что специалисты по совсем разным типам наблюдений могли постоянно общаться, обсуждать полученные результаты в рамках объединенных семинаров, эффективно содействовало снижению междисциплинарных барьеров, выработке более широкого подхода к решению соответствующих задач.

### Некоторые выдающиеся результаты по солнечно-земным связям, полученные в КрАО в 50–70-е гг.

В рамках одной статьи сколько-нибудь полный обзор итогов рассматриваемых исследований, конечно, не может быть представлен. Высокий уровень этих работ, однако, нетрудно проиллюстрировать несколькими примерами.

*Каталог протонных вспышек.* Начиная с 1961 г. А.С. Дворяшин (совместно с А.К. Панкратовым и Л.С. Левицким) развил комплексный метод наблюдений хромосферных вспышек, использующий радио- и ионосферные наблюдения, измерения в полярной шапке, данные геомагнитных измерений. С привлечением международной сети наблюдений был составлен самый полный в мире каталог протонных вспышек, последняя редакция которого (Левицкий, 1970) до сих пор не потеряла значения. Понятно, что подробный анализ этого Каталога позволил выявить ряд важных закономерностей, теперь уже вошедших в учебники: частицы, ускоренные во вспышке, распространяются вдоль силовых линий межпланетного магнитного поля; работа механизма ускорения частиц во вспышке непременно сопровождается всплеском рентгеновского излучения; корональный выброс при развитии вспышки происходит в пределах некоторого телесного угла, так что магнитная буря с внезапным началом не обязательно сопутствует всем мощным вспышкам.



**Рис. 2.** Группа сотрудников КрАО вместе с космонавтами, посетившими радиотелескоп РТ-22. Второй слева среди стоящих – И.Г. Моисеев, четвертый – А.В. Брунс, второй справа – Н.Н. Ерюшев. Среди сидящих: первый слева – А.С. Дворяшин (из архива А.В. Брунса)

*Связь общего магнитного поля Солнца с секторной структурой межпланетного магнитного поля.* В описываемое время А.Б. Северным были начаты наблюдения общего магнитного поля Солнца как звезды. Было обнаружено, что данные этих оптических измерений

хорошо коррелируют с величиной межпланетного магнитного поля на орбите Земли, если сдвинуть эти последние данные на 4.5 суток “назад” – на время, необходимое солнечному ветру для преодоления расстояния в одну а. е. (Северный, 1969). Таким образом, выяснилось, что межпланетное магнитное поле с его секторной структурой – солнечного происхождения. С использованием упомянутого Каталога мощных вспышек удалось установить, что вспышки концентрируются преимущественно близ границ секторов межпланетного поля, экстраполированных к Солнцу (Владимирский и др., 1971).



**Рис. 3.** Один из создателей ионосферной станции КрАО – Н.А. Савич (первый слева). В центре – И.Г. Моисеев (из архива А.В. Брунса)

*Меридиональная структура солнечного ветра.* Наличие структуры солнечного ветра в плоскости, перпендикулярной плоскости эклиптики, было установлено сравнительно недавно, после анализа данных космической станции “Улисс”. Однако самые первые указания на присутствие такой структуры были получены в КрАО в серии работ (Левитский, Владимирский, 1969; Владимирский, Левитский, 1970). Было обнаружено, что в зоне гелиоэкватора ( $\pm 2^\circ$  гелиоширотного перемещения Земли) существуют ясно выраженные аномалии в распространении солнечных космических лучей: они как бы избегают этой зоны, но если и регистрируются, то с большим запаздыванием относительно начала оптической вспышки. Если ударный фронт коронального выброса пересекает эту зону близ гелиоэкватора, его средняя скорость уменьшается. Сообщение об этих закономерностях было опубликовано в Nature (Владимирский, Левитский, 1976).

*Оценка плотности облака коронального выброса на орбите Земли* была сделана впервые Н.А. Козыревым (1956) на основе измерений интенсивности люминесценций лунной поверхности.

В рамках более подробного обзора можно было бы рассказать и о том, что работа Э.Р. Мустеля и сотр. (1990) о влиянии возмущений солнечного ветра на стабильность циркуляции земной атмосферы была задумана и начата в период работы автора в КрАО (в этих исследованиях впервые были привлечены данные мировой метеорологической сети и выявлены регионы, где воздействие космических агентов на погоду-климат наиболее значимо и важно).

### **Влияние космической погоды на биосферу.**

Работа по изучению влияния солнечной активности на биологические процессы началась в КрАО после ухода из жизни основателя этого направления исследований – А.Л. Чижевского (1897–1964). К этому времени проблема обросла легендами и вульгарными мифами. Среди биологов и медиков было широко распространено убеждение, согласно которому воздействие солнечной активности на живые организмы реализуется через какую-то неизвестную компоненту солнечного излучения. Было очень важно продемонстрировать, что для истолкования соответствующих эмпирических данных возможен альтернативный подход без привлечения экзотических гипотез. Основная идея модели, разработанной в КрАО, состояла в том, что живые организмы воспринимали космический сигнал “обычной” физической природы, но обладали очень высокой (“аномальной”) чувствительностью к нему. Согласно результатам проведенного анализа (позже опубликованного в (Гневыхев, Оль, 1971)), важнейшим действующим фактором в солнечно-биосферных связях могли бы являться фоновые электромагнитные поля в двух частотных диапазонах – 1–10 кГц и менее 1 Гц (геомагнитные микропульсации, хорошо видные на флюксметре А.С. Дворяшина).

Предсказания этой модели можно было проверить в лабораторном эксперименте. Так возникла совместная работа “КрАО – Крымский медицинский институт”. Специальные генераторы, имитирующие геомагнитные микропульсации Pс1, Pс3, были собраны инженерами КрАО (Н.П. Новгородов, А.Н. Смирнов), биологическую сторону опытов курировали сотрудники Мединститута (А.М. Волынский, Н.А. Темурьянц, Ю.Н. Ачкасова). В первых же сериях экспериментов были получены убедительные результаты, указывающие на биологическую эффективность этих сверхнизкочастотных колебаний, несмотря на их очень малые амплитуды (электрический вектор – около 0.1 в/м, магнитный – около 5 нТл).

Эти результаты, о которых профессор А.М. Волынский докладывал в КрАО (1968) и на одном из первых Симпозиумов по гелиобиологии (Вильнюс, 1969), вызвали большой интерес. Благодаря усилиям М.Н. Гневыхева о них было доложено на бюро отделения общей физики и астрономии АН СССР. В своем Постановлении за подписью Л.А. Арцимовича от 14 января 1970 г. эта (тогда Высшая Инстанция АН) рекомендовала “Крымской астрофизической обсерватории продолжение исследований по моделированию воздействия электромагнитных полей на биологические объекты” (Владимирский, 1974). Свое одобрение “экспериментальной гелиобиологии” высказали также и биологи (академик А.Н. Белозерский, академик Е.М. Крепс). В октябре 1971 г. на своей выездной сессии в КрАО эти исследования поддержал также Научный совет по геомагнетизму АН (В.А. Троицкая). Однако систематического финансирования сложившейся в Крыму междисциплинарной группе получить не удалось. Независимое подтверждение основного результата этой группы – высокой биологической эффективности сверхслабых электромагнитных сигналов – было получено много позже в экспериментах В.В. Леднева и сотр. (Пушино-на-Оке).

Работа по изучению солнечно-биосферных связей продолжалась в Крыму без перерыва все последующие годы и проводится в настоящее время (эксперименты были перенесены позже на биологический факультет Таврического университета им. В.И. Вернадского, проф. Н.А. Темурьянц). Важным эпизодом было изучение спектра биологического действия сверхслабых полей (грант Института радиотехники АН, 1979). Оказалось, что влияние слабых радиоволн на жизнедеятельность сильно зависит от частоты: есть такие частоты, для которых воздействие не обнаруживается, на других оно, напротив, весьма значительно. Не менее важно было введение в научный обиход нового космофизического индекса – границ секторов межпланетного магнитного поля. Наконец, было достигнуто понимание того обстоятельства, что воздействие солнечной активности на биосферу реализуется одновременно через различные экологические

параметры. Существует, например, акустический канал влияния космической погоды – через инфразвуковые возмущения (Владимирский, 1974).



**Рис. 4.** Один из создателей геофизического комплекса КрАО А.Н. Абраменко



**Рис. 5.** Руководитель первых экспериментов по выявлению биологической активности геомагнитных микропульсаций P<sub>c1</sub> и P<sub>c3</sub>, профессор Крымского медицинского института А.М. Волынский (1891–1981) (архив автора)

Итоги этой работы были суммированы крымскими исследователями в нескольких монографиях, наиболее подробная из которых содержит обширную библиографию (Владимирский, Темурьянц, 2000). Популярная монография на эту же тему вышла под редакцией Н.В. Стешенко (Владимирский и др., 2004). С 1993 г. в Крыму регулярно (каждый нечетный год) проводятся конференции “Космос – биосфера”.

### **Космическая погода и техносфера**

К концу 20 в. была окончательно доказана справедливость тезиса А.Л. Чижевского: солнечная активность влияет на все без исключения биологические процессы в среде обитания, повсюду и всегда (“гелиобиология”). Но откуда берется универсализм? Какова глубинная причина тотальной зависимости биологических явлений от космической погоды? Одно из самых простых объяснений состоит в том, что действующие в среде обитания “вторичные” космические факторы влияют на физико-химические процессы. Гелиобиология – следствие открытости к космическим воздействиям физико-химических систем. Какое-то время казалось, что для объяснения совокупности накопленных наблюдательных данных достаточно предположить, что универсальным сенсором космических воздействий является водный раствор: ведь воде в биологических процессах принадлежит роль совершенно исключительная.

Однако в последнее десятилетие появились данные, указывающие на вмешательство космической погоды (вероятно, тех же сверхнизкочастотных электромагнитных полей) вообще в физико-химическую кинетику – независимо от агрегатного состояния вещества и вида молекул, участвующих в том или ином процессе.

Существование таких эффектов легко обнаружить, когда вариации солнечной активности, влияя на технологию измерений, выступают как неконтролируемый в данном эксперименте фактор (Брунс, Владимирский, 1995). В КрАО были подробно проанализированы два “патологических” случая:

- общеизвестно, что среди мировых констант постоянная гравитации на сегодняшний день изучена наименее точно. Причины неудач ее уточнения отчасти прояснились совсем недавно, когда одна из современных установок по измерению этой постоянной методом Кавендиша была переведена в режим мониторинга. Рассмотрение накопленного массива данных не оставляет сомнений в присутствии зависимости результатов от космофизических индексов. Оказалось, что воздействие солнечной активности реализуется, видимо, через вариации параметров скручивания нити подвеса крутильного маятника (Владимирский и др., 2003 г.);
- с точки зрения “стандартной солнечной модели” вариаций потока солнечных нейтрино в шкале месяцев наблюдаться не должно. В (Владимирский, Брунс, 2004; 2005) показано, что если подобные вариации и в самом деле обнаруживаются, то они, скорее всего, фиктивны и возникают в результате “внутренней жизни” самих установок из-за незамеченных изменений эффективности регистрации, сопряженных с вариациями солнечной активности.

Так в КрАО возникло новое направление в исследовании солнечно-земных связей – изучение эффектов солнечной активности в физико-химических системах, в работе точных приборов, вообще – в техносфере. Изучаемые эффекты очень малы. Потребовалось создание специальной установки “Экзакт” (описание ее ныне работающего варианта представлено в (Брунс, Владимирский, 2007)). Она представляет собой полностью автоматизированное устройство для мониторинга параметров стандартных элементов электроники – микросхем, фотоумножителей, помещенных в стабильные условия (суточный уход температуры в рабочем объеме не превышает  $0.05^{\circ}\text{C}$ ). Эффекты космической погоды в работе упомянутых элементов обнаружены с полной определенностью. Некоторые из них пока представляются странными и загадочными. Например, в токах р-п-переходов микросхем обнаружены квазипериодические вариации, чьи периоды очень близки к периодам собственных сейсмических колебаний Земли (есть период 54 минуты – основной тон сфероидальных колебаний) (Брунс, Владимирский, 2007).

Нет сомнений, что изучение влияния солнечной активности на техносферу получит в ближайшие годы интенсивное развитие и будет востребовано в практических приложениях. Недавно было обнаружено, что риск возникновения аварийных ситуаций в гражданской авиации в связи с отказами электроники заметно возрастает в дни прохождения близ Земли границ секторов межпланетного магнитного поля (Зенченко и др., 2007).

## **Заключение**

Итак, изучение физики солнечно-земных связей имеет в КрАО полувековую традицию. Начало было положено сооружением в обсерватории мощного геофизического комплекса, который позволял регистрировать все основные проявления солнечной активности в магнитосфере и ионосфере. Постепенно сложился коллектив исследователей, усилиями которых удалось получить в 60–70-х гг. целый ряд оригинальных и ценных результатов. Не в последнюю очередь высокий уровень этих работ был обусловлен и традицией постоянного, систематического междисциплинарного общения. Вполне закономерно, что КрАО заняло ведущее

положение и в новейших исследованиях по изучению влияния космической погоды на биосферу и техносферу.

## Литература

Архив автора.

Брунс А.В., Владимирский Б.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1995. Т. 92. С. 129.

Брунс А.В., Владимирский Б.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2007. Т. 103. №. 4. С. 314.

Владимирский Б.М., Левицкий Л.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1970. Т. XLI–XLII. С. 240.

Владимирский, Левицкий (Vladimirsky B.M., Levitsky L.S.) // Nature. 1976. V. 260. P. 27.

Владимирский Б.М., Левитский Л.С., Северный А.Б. // Труды международного семинара по проблеме “Генерация космических лучей на Солнце”. М.: 1971. С. 313.

Владимирский Б.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1974. Т. LII. С. 190.

Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. // Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу. Изд. МНЭПУ. М.: 2000.

Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. // Космическая погода и наша жизнь. Изд. Век 2. Фрязино: 2004.

Владимирский Б.М., Брунс А.В., Измайлов В.П. // Измерительная техника. 2003. №. 11. С. 7.

Владимирский Б.М., Брунс А.В. // ЖЭТФ. 2004. Т. 125. №. 4. С. 717.

Владимирский Б.М., Брунс А.В. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2005. Т. 101. С. 146.

Гневышев М.Н., Оль А.И. // Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. М.: Наука. 1971. С. 126.

Зенченко Т.А., Мерзлый А.М., Бекетов В.В., Орехов М.А. // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2007. Т. 3. № 1. С. 30.

Козырев Н.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1956. Т. XVI. С. 148.

Левицкий Л.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1970. Т. XLI–XLII. С. 203.

Левитский Л.С., Владимирский Б.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1969. Т. XL. С. 161.

Мустель Э.Р., Мулюкова Н.Б., Чертопруд Б.Е. // Научные информации. 1990. Вып. 68. С. 99.

Северный (Severny A.V.) // Nature. 1969. V. 224. P. 53.