**55 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЙ СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН ПО ПРОГРАММЕ СЛУЖБА СОЛНЦА
В КОУРОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ**

**Калинин А.А., Лямова Г.В., Никифорова Т.П., Соболев А.М.,
Шагабутдинов А.И., Калинина Н.Д.**

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

**55 YEARS OF SUNSPOTS STRONG MAGNETIC FIELDS
OBSERVATIONS ACCORDING TO THE SUN SERVICE PROGRAM IN
KOUROVSKAYA OBSERVATORY**

**Kalinin A.A., Lyamova G.V., Nikiforova T.P., Sobolev A.M.,
Shagabutdinov A.I., Kalinina N.D.**

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Sun Service program magnetic field observations are held in Kourovskaya observatory from 1965. For measurements the FeI 630.25 nm line is used. On the solar telescope ACU-5 at the ASP-20 spectrograph slit a quarter-wave plate with cut off filter is placed. In focal plane the Wollaston prism and thread micrometer are installed. Thread micrometer is calibrated by nearby oxygen atmosphere lines. Spacing between centers of gravity of right- and left-handed polarized spectral line components in the point of maximum spot field strength is measured. Great assistance in organization of observations was made by GAO AS USSR (V.A. Krat, G.F. Vyalshin), CrAO (N.N. Stepanyan), ISTP (V.I. Skomorovskii, V.M. Grogoriev). In different years F.G. Rozhavskii, Z.N. Shukstova, P.E. Zakharova, A.S. Kuznetsov, L.N. Kuznetsov, L.M. Selezneva, A.K. Kirillov had contributed. Till 2017 Kourovskaya observatory data are posted in GAO RAS Solar data for solar spot magnetic fields. Comparing of previous sun service data of three observatories (Crimea, Kiev, Ural) with Mount Wilson observatory shows satisfactory agreement. So Crimea, Kiev and Ural data can add each other while filling lacunae in solar spot magnetic field observations. The work on website and database creation is going on now. For strong magnetic fields more reliable are CrAO and UrAO data, for small – data of Kiev and Mount Wilson.

DOI: 10.31725/0552-5829-2020-135-138

В последние пятьдесят лет резко возрос интерес к историческим рядам данных, характеризующих солнечную активность на больших временных отрезках. В основном это связано с необходимостью предсказания космической погоды в Солнечной системе и поведения климата на планете Земля. Одним из источников таких рядов являются данные, полученные ранее и получаемые в настоящее время в рамках международной службы Солнца.

В книгах [1, 2] изложены, в частности, основные требования к такой службе и подытожены некоторые результаты.

С 1965 года в Коуровской астрономической обсерватории Уральского Федерального Университета (ранее – Уральский Государственный Уни-

верситет) проводятся наблюдения магнитных полей по программе Служба Солнца. Для измерений используется линия FeI 630.25 нм. На солнечном телескопе АЦУ-5 перед щелью спектрографа АСП-20 устанавливается четвертьволновая пластинка с обрезавшим фильтром, в фокальной плоскости спектрографа призма Волластона и нитяной микрометр, отсчеты которого калибруются по близлежащим атмосферным линиям кислорода. Измеряется расстояние между центрами тяжести право- и левополяризованных компонент спектральной линии в пятне в точке максимальной напряженности поля. Схема измерений отражена на рис. 1.

Рис. 1. Схема измерений магнитных полей солнечных пятен на АО УрФУ. Обозначения: Gl – защитное стекло; P – поляризационная пластинка $\lambda/4$ на длину волны 630 нм; F – фильтр ЖС-17 для разделения порядков решетки; S – входная щель спектрографа; K – камерное и коллиматорное зеркало; Gr – дифракционная решетка; W – призма Волластона; OM – окулярный микрометр.

В организации наблюдений на первоначальном этапе большую помощь оказали Главная Астрономическая Обсерватория АН СССР (Г.Ф. Вальшин, В.А. Крат), Крымская Астрофизическая Обсерватория (Н.Н. Степанян), Институт Солнечно-Земной Физики (В.И. Скоморовский, В.М. Григорьев). В разные годы внесли вклад Ф.Г. Рожавский, З.Н. Шукстова, П.Е. Захарова, А.С. Куманцев, Л.Н. Кузнецов, Л.М. Селезнева, А.К. Кириллов. Исследование аппаратуры и в частности поляризационной приставки проведено в [3]. Обучение методике и сравнение результатов разных наблюдателей впоследствии проводилось в КрАО (см. [4]).

До 2017 г. данные Коуровской обсерватории размещены в Солнечных данных ГАО РАН для магнитных полей солнечных пятен. Сравнение данных обсерваторий бывшей службы Солнца (КрАО, Астрономическая обсерватория Киевского национального университета, АО УрФУ) и обсерватории Маунт Вилсон проведено в [7]. В этой работе показано удовлетворительное согласие данных трех обсерваторий. Таким образом, данные Кры-

ма, Киева и Урала способны дополнять друг друга в части заполнения лакун наблюдений магнитных полей солнечных пятен.

В работах [5, 6] проведен тщательный анализ наблюдений магнитных полей в КрАО и Киевской АО [5] и обсерватории Маунт-Вилсон [6]. По результатам работ [5–7], а также по анализу методики измерений магнитного поля на спутнике SDO [8] можно сделать следующие выводы.

Измерения на спутнике SDO для сильных полей занижены из-за малого числа точек (всего 6) на измеряемом участке используемой линии. Ряд наблюдений очень подробный и качественный, но все еще короток для анализа одиннадцатилетних циклов.

Измерения обсерватории Маунт-Вилсон для сильных полей сомнительны. Как следует из [6], после 1994 г. для сильных полей просто принималось значение 2700.

В КрАО для наблюдений используется поляризационная мозаика [9] и измерения по σ -компонентам, причем на близкие полосы попадают разные участки пятна. В УрАО (АО УрФУ) тоже меряется разность положений σ -компонент (σ - σ мода), но не требуется поворота мозаики и лайн-шифтера. В Киевской АО измерения проводятся в σ - π моде. Как показано в [5], σ - σ мода больше подходит для измерений сильных полей, а σ - π мода – для слабых.

Таким образом, для сильных полей (более 2000 Гс) возможно использование данных КрАО и УрАО. При этом более худшие атмосферные условия УрАО (среднее дрожание 8 угловых секунд против 5 в КрАО по данным [7]) компенсируются лучшей геометрией измерений – одно и то же место пятна.

В целом можно констатировать, что проблема измерения сильных магнитных полей в рамках патрульных наблюдений активности Солнца пока не решена, поскольку требуется большой спектральный диапазон, покрывающий всю используемую линию. При использовании поляриметров неизбежно падает временное разрешение при хорошей точности измерений (см. измерения SOLIS в [6]).

В настоящее время в АО УрФУ имеется архив наблюдений магнитных полей солнечных пятен, содержащий 4555 сводок с измерениями. Проводится работа по созданию сайта и базы данных полученного временного ряда.

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FEUZ-2020-0030.

Литература

1. Брей и Лоухед. Солнечные пятна. – М.: Мир, 1967.
2. Обридко В.Н., Наговицин Ю.А. Солнечная активность, цикличность и методы прогноза. – СПб; ВВМ, 2017.

3. Рожавский Ф.Г., Куманцев А.М., Шукстова З.Н. Результаты исследования дифракционных спектрографов АСП-20 и ДФС-3 горизонтального солнечного телескопа АЦУ-5 // Ученые записки УрГУ, 1969, № 70, с. 206-223.
4. Степанян Н.Н. Инструкция для визуальных наблюдений магнитных полей солнечных пятен. Отчет о работе II семинара “Школы наблюдателей” 11–16 апреля 1988 г. // Научный, КрАО, 1988.
5. *Lozitska N.I., Lozitsky V.G., Andreyeva O.A. et al.* Methodical problems of magnetic field measurements in umbra of sunspots // *Adv. Space Res.*, 2015, v. 55, pp. 897-907.
6. *Pevtsov A.A., Tlatova K.A., et al.* Reconstructing solar magnetic field from historical observations V. Sunspot magnetic field measurements at Mount Wilson Observatory // *Astron. Astrophys.*, 2019, A103, pp. 1-14.
7. Лозицкая Н.И., Лямова Г.В., Малащук В.М. Сравнение результатов визуальных измерений магнитных полей крупных солнечных пятен, выполненных в разных обсерваториях в 23 цикле солнечной активности // *Изв. Крымской Астрофиз. Obs.*, 2007, т. 103, № 4, с. 59-67.
8. *Borrero J.M., Tomczyk S., Norton A.* Magnetic Field Vector Retrieval With the Helioseismic and Magnetic Imager // *Solar Phys.*, 2007, v. 240, pp. 177-196.
9. Скоморовский В.И. Мозаика для измерений магнитных полей // *Исслед. Геомагн. Аэрон. Физ. Солнца*, 1974, т. 26, с. 220-221.