

*Ф. А. Михалина*

## **ИСТОРИЯ РАДИОНАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА НА УССУРИЙСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ**

Радиоастрономические наблюдения сильно расширили возможности астрономии, в частности потому, что им доступны более удаленные области Вселенной, чем те, которые можно наблюдать в оптической астрономии. Самыми значительными достижениями радиоастрономии являются открытие радиоизлучения межзвездного водорода и открытие мощного радиоизлучения остатков сверхновых звезд. Весомый вклад радиоастрономия внесла и в изучение Солнца.

Впервые радиоизлучение Солнца было обнаружено в 1943 г. на длине волны 187 см. После второй мировой войны с усовершенствованием радиоприборов стала быстро развиваться солнечная радиоастрономия. Было обнаружено, что радиоизлучение Солнца состоит из трех составляющих. Первая – радиоизлучение спокойного Солнца, которая мало меняется со временем. Вторая появляется, когда на Солнце есть активные области – тогда на радиоизлучение спокойного Солнца накладывается более интенсивное, меняющееся с периодом вращения Солнца (27 дней) излучение. Во время повышенной солнечной активности на этот поток нередко накладывается спорадическая составляющая радиоизлучения – радиовсплески разного типа, в частности длительные шумовые бури. Установлена тесная связь между интенсивными радио всплесками и солнечными вспышками. Радиоизлучение на метровых волнах генерируется в основном на больших высотах в солнечной короне, а сантиметровое испускается из нижней части короны и хромосферы. Так как радиоизлучение от Солнца и других космических объектов обладает очень малым количеством энергии, наблюдения в радиодиапазоне было слабо развиты до 50-х годов прошлого столетия, ввиду низкой чувствительности приемной аппаратуры. Историю развития ра-

диоастрономии можно найти в работах А.Б. Северного, В.В. Железнякова, И.С. Шкловского [3, 9, 10].

Радиоастрономические исследования верхних слоев солнечной атмосферы незаменимы при комплексном изучении солнечной активности. Они дополняют информацию, полученную в оптическом диапазоне электромагнитного спектра Солнца, и не зависят от погодных условий. До конца 60-х годов Солнце изучали, используя почти исключительно наземные наблюдения в видимой области спектра и в радиодиапазоне. При этом было необходимо охватить как можно больший временной интервал наблюдений, и открытие станции Службы Солнца на Дальнем Востоке России способствовало этому. В настоящее время, несмотря на прогресс в исследованиях Солнца космическими аппаратами, наземные наблюдения не теряют актуальности и остаются важной задачей.

### *СТАНЦИЯ СЛУЖБЫ СОЛНЦА*

Комиссия по исследованию Солнца в 1950–1951 годах согласовала с Дальневосточным филиалом Сибирского отделения АН СССР строительство станции Службы Солнца, в результате вышло постановление Совета Министров СССР от 30 ноября 1953 года за № 22246 об организации лаборатории № 1 Службы Солнца на Горно-таежной станции при ДВНЦ СО АН СССР. В августе 1953 г. начато строительство первых павильонов и с 14 марта 1954 года в астрономические учреждения страны стали регулярно поступать сводки наблюдений фотосферы Солнца из Уссурийской станции Службы Солнца. Мы – самая восточная обсерватория России. Координаты станции следующие: 43° 41′ северной широты и 132°10′ восточной долготы.

Заведующим лабораторией, которая входила в состав Горно-таежной станции, был назначен выпускник Томского университета Валерий Гаврилович Банин. Первыми наблюдениями, выполненными в лаборатории, были наблюдения солнечных пятен и факелов. Получаемые данные имели хорошее качество, и станция с 1957 года вошла в сеть наблюдательных астрономических учреждений, предназначенных для мониторинга солнечной активности. Станция име

ла выгодное географическое расположение и астроклимат, что особенно важно для астрономических наблюдений зимой, когда в европейской части России проводится мало наблюдений из-за плохих погодных условий.

### РАДИОТЕЛЕСКОПЫ

В 1957 году на станции Службы Солнца начался монтаж первого радиотелескопа для регистрации радиоизлучения Солнца на длине волны 1,4 м (частота 208 МГц). Радиотелескоп создан на базе антенны армейского радиолокатора SR-627, который был передан ФИАНом. Радиолокационная антенна не приспособлена в конструктивном отношении к астрономическим наблюдениям, что потребовало большого объема работ по расчетам и изготовлению дополнительных узлов к антенному устройству, а сильная изношенность установки в целом и антенной системы - к значительному ремонту антенны. Не было электроэнергии, нужных материалов, инструмента, деталей и хорошей дороги до ближайшего города, а через речку Супутинку был только пешеходный мостик. Все это привело к тому, что только в 1959 году монтаж и наладка оборудования были закончены.

Первые наблюдения на радиотелескопе официально начаты 28 мая 1959 года. В декабре 1959 г. станцию подключили к государственному электроснабжению и все наблюдения за активностью Солнца стали вестись регулярно. Данные наблюдений отсылались в журнал «Солнечные данные» и в Институт земного магнетизма и распространения радиоволн АН СССР. Радиотелескоп имел следующие характеристики: частота приема – 208 МГц, полоса пропускания – 2 МГц, минимальный поток энергии, который регистрировала установка, –  $5 \cdot 10^{-24}$  Вт/м<sup>2</sup>•Гц, постоянная времени – 1 с. Регистрация радиоизлучения велась только 4 часа в сутки. Фотография первого радиотелескопа представлена на рис. 1.

Работы по установке телескопа выполнены сотрудниками: Н.И. Осипенко, Б.П. Лось, И.П. Ивакиной и Е.Н. Краденовым. Ивакина Ирина и Краденов Евгений после окончания московских институтов, а Лось Борис после окончания Ленинградского института

радиосвязи прибыли в дальневосточную тайгу, чтобы положить начало радиоастрономии в Приморском крае. Они же были и первыми наблюдателями на этом телескопе. Кроме регистрации радиоизлучения Солнца на длине волны 1,4 м, они по ночам регистрировали радиоизлучение галактик. Неоценимую помощь во всех работах по наладке аппаратуры оказывал новый сотрудник станции Осипенко Николай Иванович.

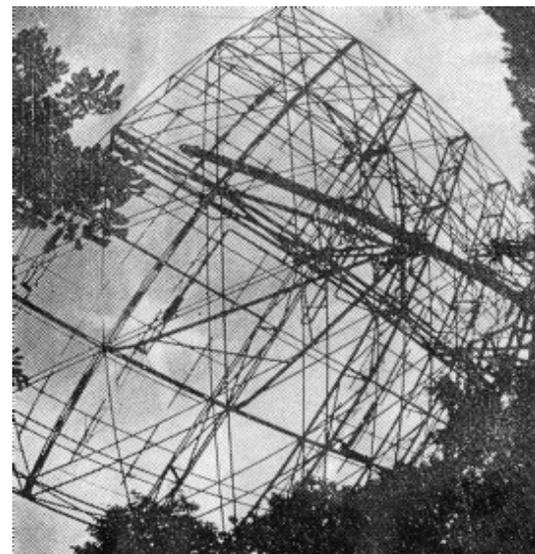


Рис. 1. Антенна первого радиотелескопа Службы Солнца

Не все молодые специалисты, приезжавшие по распределению на станцию после окончания институтов в Европейской части России (Ленинграда, Москвы, Киева и Одессы), выдерживали тяжелые бытовые условия и оторванность от научных центров в Уссурийской тайге. Уехала во Владивосток Ивакина Ирина, вернулись в свои города Ленинград и Москву Б. Лось и Е. Краденов. С 1962 года по 1964 год наблюдения на РТ-1 вели: Л. Никитенко, Ю. Солонский и В. Блинков. Не долго работали на станции супруги Шинаревы, ушел в аспирантуру В.Ф. Барков.

Из НИРФИ г. Горького и из АН Латвийской ССР в 1964 г. в лабораторию В.Ф. Чистякову поступили рекомендации по регистрации и обработке радиоданных в см и дм диапазонах (В.Ф. Чистяков – заведующий станцией Службы Солнца с 1961 года по 1986 г.).

Следующей группой наблюдателей на первом радиотелескопе с 1964 г. были: м.н. сотрудник Д.К. Воденева, м.н. сотрудник И.Е. Арав и ст. лаборант Л.С. Пузырева, а с апреля 1966 года начал вести наблюдения Н.М. Прытков. Эта группа сотрудников проработала достаточно долго и много сделала для продолжения регулярного наблюдения радиоизлучения Солнца. Группа радиоастрономов на станции принимала активное участие в Международных программах: Международного геофизического года в 1959 г., и по программе Международного года спокойного Солнца а в 1964–1965 гг.

На основе полученного за 1959-1966 гг. материала по регистрации радиоизлучения Солнца на частоте 208 МГц выполнены научные работы сотрудниками В.Ф. Чистяковым и И.Е. Арав [2, 9]. В этих работах приведено описание радиотелескопа, особенности развития радиовсплесков, шумовых бурь и их связь с солнечными пятнами.

Механические узлы радиотелескопа были сильно изношены, поэтому периодически приходилось проводить профилактические работы и работы по его модернизации. Так, в 1966 г. инженеры А.М. Лукьяненко и В.И. Стерлятов заменили кабели и улучшили панель управления радиотелескопа, в 1972 году инженер Б.О. Гальперин переделал некоторые узлы аппаратуры и изготовил приспособление для автоматического слежения за Солнцем.

На рис.2 представлена фотография радиоаппаратуры для регистрации радиоизлучения Солнца на длине волны 1,4м (самописец, радиоприемники и приборы для наведения телескопа). Наблюдения выполняет Л.Никитенко.

В 1970 году после окончания аспирантуры при КраО на станцию прибыл Елисеев Геннадий Федорович. Он возглавил радиоастрономическую группу и научную работу по исследованию связи радиовсплесков, регистрируемых на частоте 208 МГц, с другими явлениями солнечной активности. Эти работы публиковались как в

центральных журналах [4,6], так и в сборниках, издаваемых ДВО РАН [5]. Наблюдения радиоизлучения Солнца на радиотелескопе с 1972 года продолжили: А.В. Мажуга, П. Панов, А. Конюхов, с 1973 года – В. Мартынов, В. Головин, Л. Корниенко и С. Пешкичев, а с 1974 г. – инженер Ю. Бурый. Группу радионаблюдений в 1981 г. после окончания Ленинградского университета пополнили молодые сотрудники-астрономы – Д.В. Ерофеев и А.В. Ерофеева, инженер В. Голубева. Надо заметить, что многие молодые специалисты, приезжавшие на станцию, начинали свою работу с наблюдений на радиотелескопе, а потом переходили или наблюдателями на оптические телескопы или в другие подразделения станции (вычислительный центр, оптическая мастерская). В группе радиоастрономов была самая большая текучесть кадров.



Рис. 2. Радиоаппаратура для регистрации радиоизлучения Солнца на частоте 208 МГц (1960-е гг.)

В 1979 г. антенна первого радиотелескопа станции Службы Солнца, которая прослужила для наблюдений радиоизлучения Солнца 20 лет, была демонтирована и вместо нее введена в строй другая, более современная – параболаид диаметром 10 м. К сожа

лению, аппаратура для приема и регистрации радиопотока осталась прежней.

Зав. лабораторией Службы Солнца В.Г. Банин еще в 1959 г. сделал запрос в НИРФИ г. Горького на радиотелескопы для регистрации радиоизлучения Солнца на длинах волн 10 см и 3,2 см. Но, скорее всего, из-за того, что с 1960 г. по 1962 г. под Хабаровском планировали создать комплексную обсерваторию, куда должны были войти станция земного магнетизма, ионосферная станция и переведена станция Службы Солнца из Горнотаежного, этим планам не суждено было сбыться.

Только в сентябре 1968 года в г. Риге на заседании секции научного совета по комплексной проблеме «Радиоастрономии» было принято решение помочь станции Службы Солнца поставить радионаблюдения Солнца в сантиметровом диапазоне. В 1971 г. построили павильон для этого телескопа и смонтировали радиотелескоп, а в 1973 году начаты первые наблюдения радиоизлучения Солнца на длине волны 10 см. Диаметр радиантенны - 2 м. Регулярные наблюдения на этом телескопе выполнялись с октября 1973 г. Работу на РТ-2 вели следующие сотрудники: М. Михалин, С. Пешкичев и В. Головин. Качество первых наблюдений на РТ-2 было низким, поэтому потребовалась замена приемников радиотелескопа на более современные. Замену приемников выполнили инженеры В. Мартынов и В. Головин. Качество наблюдений стало значительно лучше, но слабые радиовсплески все равно не регистрировались.

В 1979–1981 гг. был объявлен Год солнечного максимума. Наблюдатели лаборатории Службы Солнца на всех оптических и радио телескопах вели наблюдения за активностью Солнца.

К сожалению, большая оторванность нашей станции от центральных научных центров страны и нехватка опытного персонала именно в радио инженерии не позволила исполниться многим грандиозным планам. Так, в 1973 г. научным советом по «Радиоастрономии» предложено вести на станции регистрацию радиоизлучения Солнца на длине волны 56 см, т.к. на станции была радиантенна для таких наблюдений. Эти наблюдения к тому времени уже 10 лет выполняли обсерватории в Чехии «Ондржеев» и на Кубе. Но антен-

на на эту длину волны так и не была смонтирована. Не осуществились планы по установке 16-метровой параболической радиантенны и созданию радиоинтерферометра «Тайга».

В марте 1982 году на базе станции Службы Солнца был создан отдел астрофизических исследований из трех лабораторий, который вошел в состав Северо-восточного комплексного института. Лабораторию Солнечной активности возглавил Крамынин А.П.. В состав лаборатории кроме оптических наблюдений вошла группа радиоастрономов. Под руководством А.П. Крамынина в группе радиоастрономов произошли большие перемены. Инженером Ю.Н. Поляковым смонтирована 8 м антенна, управление которой было полностью автоматизировано. Заменяли всю радиоаппаратуру для приема и регистрации радиоизлучения. Работу провели инженер В. Мартынов и В.П. Головин. Но, к сожалению, с 1987 г. наблюдения на частоте 208 МГц были прекращены из-за сильных радиопомех. После прихода на станцию Службы Солнца (с 1987 г. отдел астрофизических исследований при ИКИР) из СИБИЗМИРа кандидата ф.-м. наук В.Г. Занданова была проведена дальнейшая модернизация радиотелескопа. С 1989 г. регистрацию радиоизлучения Солнца стали вести на трех длинах волн: 30 см, 40 см и 40,6 см. Фотография радиотелескопа представлена на рис. 3. В это же время началось активное сотрудничество со станцией космического слежения в п. Галенки, которая располагала мощной наблюдательной базой современных радиотелескопов (самой большой – с параболической антенной диаметром 70 м). Для исследования Солнца, по договоренности, была выделена 30 метровая антенна, освоение которой активно начато В.Г. Зандановым.

Радиотелескоп для регистрации радиоизлучения Солнца на длине волны 10 см был также полностью реконструирован. Антенна была поднята на большую высоту для увеличения эффективности приема. Заменен облучатель антенны и аппаратура для приема радиоизлучения и записи данных. Длина волны приема радиоизлучения Солнца стала 10,7 см. Работы по монтажу и наладке оборудования выполнили сотрудники станции: м.н. сотрудник Н.Ю. Андреев и техник А. Куклин. После реконструкции РТ-2 наблюдения на этом

телескопе вели Андреев Н. (до 1994 г.), Михалина Ф., а с 1997 г. и Кузьменко И.



Рис. 3. Фотография радиотелескопа на три длины волны

Описание обоих радиотелескопов и первые полученные данные регистрации радиоизлучения Солнца представлены в работе [1]. Рабочая длина волны 10,7 см выбрана для РТ-2 в связи с тем, что данные наблюдений Солнца на этой волне используются в качестве одного из индексов солнечной активности и значения радиопотока хорошо коррелируют с числами Вольфа. Фотография этого радиотелескопа представлена на рис. 4.

На рис. 5 показана радиоаппаратура РТ-2 для регистрации и записи радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см (самописец, радиоприемники и персональный компьютер).

Сравнение наших данных по радиоизлучению Солнца на длине волны 10,7 см с данными других обсерваторий показало хорошее совпадение [1, 7]. Пример записи радиоизлучения, полученной с помощью потенциометра ПК-17 на РТ-2, приведен на рис. 6. На этой записи кроме основного радиопотока, зафиксирован радиовсплеск

в поглощении типа 32 ABS (в центре записи) и радиовсплеск типа 46 С с двумя максимумами (в начале записи).



Рис. 4. Радиотелескоп РТ-2



Рис.5. Радиоаппаратура РТ-2

С 2002 года для получения более точной регистрации радиоизлучения Солнца на РТ-2 запись наблюдений с помощью самописца была дополнена регистрацией радиоизлучения на персональный компьютер (ПК). Эту значительную работу провел Б. Капустин, сотрудник ДВГУ. Создание программы по обработке данных, записанных на ПК, выполнила м.н. сотрудник УАФО И.В. Кузьменко[7]. На рис. 7 приведен пример калиброванной записи радиопотока на длине волны 10,7 см (данные можно найти на сайте УАФО - <http://www.uafo.ru>). Среднее значение потока радиоизлучения Солнца в этот день 87,5 SFU (солнечных единиц потока). По оси абсцисс – мировое время (UT), а по оси ординат – значение потока радиоизлучения Солнца в единицах SFU ( $10^{-22}$  Вт/м<sup>2</sup>•Гц).

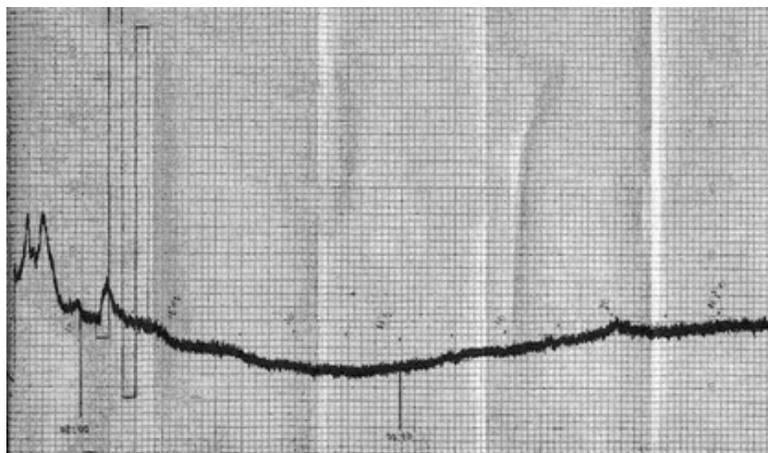


Рис. 6. Пример записи радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см

На рис. 7 мы видим также радиовсплеск 1S типа мощностью 27 SFU (солнечных единиц потока), который наблюдался 11 сентября 2006 года в 23 часа 10 минут (UT) мирового времени.

В настоящее время регистрация интегрального потока радиоизлучения Солнца в УАФО выполняется только на длине волны 10,7 см. Наблюдения и обработку полученных данных выполняют Ф. Михалина и И. Кузьменко. Результаты публикуются в журнале

«Solar-Geophysical Data». Кроме того, эти данные можно найти на сайте обсерватории (<http://www.uafo.ru>). Радиотелескоп на три длины волны не работает по техническим причинам, главная из которых – сильная изношенность механической части радиотелескопа, которая требует замены.

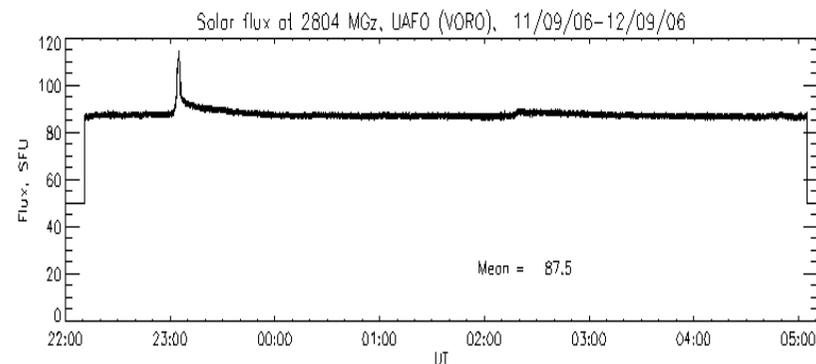


Рис. 7. Радиопоток Солнца на длине волны 10,7 см за 11.09–2.09.2006 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В мае 2009 года группе солнечной радиоастрономии Уссурийской астрофизической обсерватории исполнится 50 лет. Много специалистов сменилось на станции из-за большой текучести кадров, и поэтому нет возможности перечислить всех, кто работал на станции. Здесь мы назвали только тех, кто оставил существенный след в становлении и работе группы радиоастрономов. Наблюдения за Солнцем в обсерватории ведутся в то время суток, когда, благодаря географическому расположению и астроклимату, только здесь в нашей стране можно их проводить. За время существования станции получен большой объем данных по регистрации радиоизлучения Солнца. Данные наблюдений публиковались в журнале «Солнечные данные». По результатам полученного наблюдательного материала выполнен анализ активности Солнца в радиодиапазоне и опубликованы научные работы в центральных журналах и сборниках, издаваемых УАФО ДВО РАН. В настоящее время получаемые

в обсерватории данные регистрации солнечного радиоизлучения можно найти в журнале “Solar- Geophysical Data” и на сайте (<http://www.uafo.ru>). На сайте приведены сводные таблицы потока радиоизлучения (с 1991 г.), сводные таблицы радиовсплесков (с 1999 г.) и ежедневные калиброванные записи радиопотока (с 2006 г.) на длине волны 10,7 см.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Н.Ю., Занданов В.Г., Михалина Ф.А. Предварительные результаты наблюдений радиоизлучения солнца в дм диапазоне в УАФО // Глобальные вариации солнца и физика активных областей. Владивосток: Дальнаука. 1993. С. 3–13
2. Арав И.Е. Связь шумовых бурь на частоте 208 МГц с развитием солнечных пятен // Солнечные данные. 1968, № 9, С.79–84
3. Железняков В.В. Радиоизлучение Солнца и планет. М.: Наука, 1964.
4. Елисеев Г.Ф. О периодических флуктуациях, наблюдаемых в континуальной шумовой буре за период 16-23 ноября 1975 г. // Солнечные данные. 1978, № 1, 88-96 с.
5. Елисеев Г.Ф., Лазарева Л.Ф., Чистяков В.Ф. О связи колебаний фона шумовых бурь и напряженности магнитных полей солнечных пятен. // Исследование явлений на Солнце. Владивосток. 1975, 187 с.
6. Елисеев Г.Ф., Панов П.В. О временной структуре солнечных радиовсплесков I и III типов. //Солнечные данные. Л.: Наука. 1973, № 12, 104–107 с.
7. Кузьменко И.В. Результаты наблюдений радиоизлучения Солнца на частоте 2,8 ГГц в УАФО за 2002–2004 гг. // Солнечная активность и ее влияние на землю. Владивосток: Дальнаука. 2006. С. 65–74. (Тр. УАФО; т. 9, вып. 9).
8. Петренко С.Г., Чистяков В.Ф. Некоторые особенности развития радиовсплесков второго рода на частоте 208 МГц. // Солнечные данные. 1966. № 6, С. 62–66
9. Северный А.Б. Физика Солнца. М.: АН СССР, 1956, 160 с.
10. Шкловский И.С. Радиоастрономия. М.: Т.-Теоретической л-ры. 1953, 216 с.

#### СОДЕРЖАНИЕ

Баранов А.В. Особенности применения магнитоактивных линий со сложным расщеплением для измерения солнечных магнитных полей .....	5
Баранов А.В., Баранова Н.Н., Лазарева Л.Ф. Особенности кроссовер–эффекта в полутени солнечного пятна. Результаты наблюдений .....	13
Баранов А.В., Баранова Н.Н., Лазарева Л.Ф. Анализ асимметрии профилей магнитоактивных линий в спектре солнечного пятна .....	24
Ерофеев Д.В. Поляризация низкочастотных альвеновских волн в межпланетном пространстве .....	36
Комаровский Ю. А. Оценка погрешностей определения координат судовым GPS-приёмником SPR-1400 во время магнитной бури 15 декабря 2006 года .....	52
Комаровский Ю. А. Влияние импульса электромагнитной энергии на работу судового одночастотного приёмника системы Навстар GPS .....	73
Крамынин А.П. О некоторых особенностях спектра вариаций чисел Вольфа .....	86
Крамынин А.П., Воробьева Г.П. Динамика спектра вариаций суммарной площади фотосферных факелов в северном и южном полушариях Солнца .....	97
Кузьменко И.В. Перевод информации с бумажного носителя в электронный вид .....	104
Лозицкий В.Г., Андриец Е.С. Сопоставление измерений магнитных полей в слабой солнечной вспышке по линиям Na и FeI 6302.5 .....	112.
Лоскутников В.С. Статистическое исследование запаздывания вспышек в оптическом и рентгеновском диапазонах спектра .....	122
Михалина Ф.А. История радионаблюдений Солнца на Уссурийской астрофизической обсерватории.....	132