

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

ISSN 0321 — 4885

БЮЛЛЕТЕНЬ
ИНСТИТУТА АСТРОФИЗИКИ
№ 85

ДУШАНБЕ — 2006

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

ISSN 0321 — 4885

БЮЛЛЕТЕНЬ
ИНСТИТУТА АСТРОФИЗИКИ
№ 85

Материалы научной конференции, посвященной 90-летию
со дня рождения академика АН РТ
Добровольского **Олега Васильевича**

ДУШАНБЕ — 2006

АКАДЕМИЯИ ИЛМҲОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

**БЮЛЛЕТЕНИ
ИНСТИТУТИ АСТРОФИЗИКА
№ 85**

Маводҳои конференсияи илмӣ бахшида ба 90-солагии
академики Академияи илмҳои ҶТ
Добровольский Олег Васильевич

© *Бюллетень Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан, 2006 г., № 85*

ДУШАНБЕ — 2006



УДК 523.6

Х.И.ИБАДИНОВ

**АКАДЕМИК ДОБРОВОЛЬСКИЙ О.В. – ОСНОВАТЕЛЬ
НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО ФИЗИКЕ КОМЕТ В ТАДЖИКИСТАНЕ**

Статья посвящена формированию научной школы по физике комет в Таджикистане под руководством Добровольского О.В. и вкладу этой школы в науку о кометах. Приводятся приоритетные результаты по физике комет, полученные в Таджикистане.

**ACADEMICIAN DOBROVOLSKY O.V. – FOUNDER OF SCIENTIFIC SCHOOL
ON PHYSICS OF COMETS IN TAJIKISTAN, by Kh.I.Ibadinov**

The formation of the scientific school on physics of comets in Tajikistan under the leadership of Dobrovolsky O.V. and the priority results of comet investigations are considered in article.

**1. Краткие биографические данные Добровольского Олега Васильевича
(12.12.1914-13.12.1989)**

Добровольский Олег Васильевич – известный астрофизик, доктор физико-математических наук, профессор, академик Академии наук Республики Таджикистан, заслуженный деятель науки Республики Таджикистан родился 12 декабря 1914 года в городе Запорожье Украины. Семилетнюю школу (1929 г.) и бухгалтерские курсы (1931 г.) он закончил в городе Кировограде Украины. В 1932-1937 гг. учился на физическом факультете Киевского государственного университета им. Т.Г.Шевченко. В 1938-1941 гг. был аспирантом Главной астрономической обсерватории АН СССР (Ленинград, Пулково), где под руководством профессора Огородникова К.Ф. подготовил и в 1941 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование методами звездной статистики темных туманностей и областей аномальной пространственной звездной плотности».

В Таджикистане с 1941 г. занимал должности старшего научного сотрудника Таджикской астрономической обсерватории, заведующего отделом кометной астрономии (с 1958 г.) и директора Института астрофизики АН РТ (1971-77 гг.), являлся заместителем академика-секретаря Отделения физико-математических, химических и геологических наук АН РТ. Докторскую диссертацию защитил в 1956 г. Количество научных публикаций более 150, в том числе 2 монографии.

Под руководством Добровольского О.В. 9 сотрудников Института астрофизики подготовили и защитили кандидатские диссертации. Он был официальным оппонентом многих кандидатских и докторских диссертаций, занимался подготовкой молодых специалистов, в 1948-1968 гг. преподавал в Душанбинском государственном педагогическом институте, читал лекции в Таджикском государственном университете.

Добровольский О.В. был членом Международного астрономического союза (МАС) и Президиума комиссии 15 МАС, членом Международного комитета по исследованию космоса (КОСПАР), членом Астрономического совета АН СССР, председателем Рабочей группы «Кометы» Астросовета АН СССР, заместителем председателя Комиссии АН СССР по наземным наблюдениям кометы Галлея, ответственным редактором журнала «Кометы и метеоры», членом редколлегий журналов «Доклады Академии наук Таджикской ССР» и «Известия АН Таджикской ССР (Отделение физико-математических, химических и геологических наук)», членом редколлегии издания «Бюллетень Института астрофизики АН Таджикской ССР».

Добровольский О.В. награжден орденами «Дружба народов» и «Знак почета», медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.», «За доблестный труд» в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина, «30 лет победы в ВОВ», «Ветеран труда», «40 лет победы в ВОВ 1941-1945 гг.», двумя Почетными грамотами Президиума Верховного совета Республики Таджикистан, медалью «За обнаружение новых астрономических объектов» Астрономического совета АН СССР, золотой медалью Главного комитета ВДНХ СССР и другими медалями и грамотами. Международный астрономический союз высоко оценил вклад Добровольского О.В. в астрономическую науку, присвоив малой планете № 3013 имя «Доброволева» в его честь.

2. Формирование научной школы по физике комет в Таджикистане

Астрономия имеет глубокие исторические корни в странах Центральной Азии, (Матвиевская и Розенфельд, 1983; Бабаджанов, 1999), но современные астрономические обсерватории в этих странах появились в конце XIX и начале XX веков. В Республике Таджикистан первая современная астрономическая обсерватория была создана в начале тридцатых годов XX века (Соловьев, 1957; Добровольский, 1987; Бабаджанов, 2001; Ибадинов, 1997). Совнарком Таджикской ССР на основе доклада руководителя экспедиции Ленинградского государственного университета директора астрономической обсерватории ЛГУ, профессора С.Г. Натансона 13 ноября 1932 г. принял решение об образовании Таджикской астрономической обсерватории (ТАО) в столице республики.

Таджикская астрономическая обсерватория первоначально создавалась как южная астрономическая база Ленинградского государственного университета (ЛГУ). В Таджикистане тогда не было профессиональных астрономов и астрономической базы. На ЛГУ возлагалось научное руководство ТАО, обеспечение обсерватории специалистами и оборудованием. Из Ленинграда в Таджикистан, на работу приехали астрономы – руководитель магнитометрической экспедиции Института прикладной геофизики Игорь Станиславович Астапович, научный сотрудник астрономической обсерватории ЛГУ кандидат физико-математических наук Владимир Платонович Цесевич, директор обсерватории Политпросветцентра Ленинграда Александр Васильевич Соловьев и выпускник аспирантуры обсерватории Пулково, кандидат физико-математических наук Олег Васильевич Добровольский.

В первые годы работы в Таджикской астрономической обсерватории старший научный сотрудник (с 01.02.1941 г.) Добровольский О.В. занимался исследованием переменных звезд. Перед второй мировой войной профессор Московского государственного университета Борис Васильевич Кукаркин составил долгосрочную программу фотографической службы переменных звезд ярче 12,5 звездной величины до склонения 45 градуса южного неба. В рамках этой программы Добровольский О.В. выполнил исследования ряда затменных переменных и параллельно занялся изучением солнечной активности, организовал службу Солнца.

Исследованием комет Добровольский О.В. серьезно занялся после Второй мировой войны. Первые его работы по кометам были посвящены изучению связи яркости комет с солнечной активностью. Его работы «К вопросу о влиянии условий видимости первого рода на открываемость комет», «К работе Бернара о внезапных превращениях в кометах», «Комета 1942 g (Тевзадзе 2-Уиппла-2)» и «Комета 1932V Пельтье-Уиппла» были опубликованы в Циркулярах Сталинабадской астрономической обсерватории (САО) в 1948 г. (Ибадов, 1984). Он установил связь среднегодового числа наблюдаемых комет от 11-летнего цикла солнечной активности. Изучая вспышки яркости нескольких десятков комет, Добровольский пришел к выводу, что почти 75% комет реагируют на колебания солнечной активности (Добровольский,

1949). Он предположил, что другие нестационарные явления в кометах также могут быть связаны с активными процессами на Солнце или со свойствами межпланетной среды и начал исследования нестационарных явлений в головах комет, изучил влияние межпланетной среды на движение синхрон в пылевом хвосте кометы, развил механическую теорию кометных форм (Добровольский, 1952; 1953а; 1953б; 1962). Исследуя оболочки и галосы в головах нескольких комет, он установил, что ускорение пылевых частиц головы кометы пропорционально квадрату их начальной скорости. Добровольский пришел к заключению, что оболочки и галосы в кометах могут быть результатом внезапного выброса пылевых частиц из ядра кометы вследствие его бомбардировки высокоэнергичными корпускулами солнечного ветра. Он занялся вопросами воздействия солнечного ветра на атмосферу кометы, на кометное ядро. Исследование дезинтеграции ядра занимают важное место в его научных работах. Он быстро оценил достоинства качественно новой ледяной модели ядра кометы – конгломерата льдов и тугоплавких метеорных частиц, предложенной Уипплом (Уиппл, 1950; 1951) и занялся изучением теплового режима и дезинтеграции такого ядра, распылением его поверхности частицами солнечного ветра и взаимодействием солнечных корпускул с продуктами дезинтеграции ядра. В последних своих работах, посвященных ядру кометы, он предложил интересный механизм распада ядра – его реактивное самозакручивание (Добровольский, 1980). Рассматривая взаимодействие частиц солнечного ветра с продуктами дезинтеграции ядра – молекул атмосферы кометы Добровольский пришел к заключению, что в результате перезарядки солнечных протонов на молекулах кометной атмосферы происходит ионизация последних и взаимодействие имеет коллективный характер (Добровольский, 1954; 1961) и в области головы, где происходят столкновения молекул, могут протекать химические реакции. По результатам цикла исследований Добровольский в 1954 г. написал докторскую диссертацию на тему «Некоторые нестационарные процессы в кометах и солнечная активность», которую защитил в 1956 г.

К концу пятидесятых годов Добровольский О.В. создал достаточный научный задел и предложил несколько новых идей по физике комет. Эти идеи нужно было реализовать и развивать. Возникла необходимость в создании научного коллектива и нужны были ученики. Президент Академии наук Таджикистана, физик Султон Умарович Умаров (с 1957 г.) уделял особое внимание естественным наукам и подготовке научных кадров и настойчиво рекомендовал членам академии и докторам наук развивать новые, актуальные направления науки в республике, активно заняться подготовкой специалистов и сам показал примеры эффективной работы в этом направлении (Асимов и Садыков, 1978). Он руководил кафедрой теоретической физики Таджикского государственного университета, подбирал и отправлял в научные центры СССР аспирантов, стажеров-исследователей. Такое отношение к науке и к подготовке кадров стало характерно для Академии наук и ВУЗов республики.

Важным событием в науке и технике был запуск первого искусственного спутника Земли (ИСЗ) 4 октября 1957 г. (наблюдения спутника были успешно выполнены в Сталинабадской астрономической обсерватории). Астрономия получила мощный импульс развития. В 1958 г. Сталинабадская астрономическая обсерватория была преобразована в Институт астрофизики Академии наук Таджикистана. В институте были открыты новые научные подразделения, в том числе Отдел кометной астрономии и станция наблюдений ИСЗ. Руководителем Отдела кометной астрономии стал Олег Васильевич Добровольский.

Отделу кометной астрономии Института астрофизики нужны были специалисты, и Добровольский О.В. стал уделять больше внимания подготовке кадров. Мое сотрудничество с Олегом Васильевичем началось в конце 1963 г. По его приглашению я был принят на работу в Отдел кометной астрономии 1 июля 1964 г. Тогда в

отделе молодые специалисты Марочник Л.С., Птицына Н., Чернова Г.П., Ошеров Р.С., Егибеков П.Е., аспирант Файзиев Э. и другие занимались исследованием комет. Небольшие телескопы находились на территории института в городе Душанбе и здесь велись фотографические и спектральные наблюдения ярких комет, а А.М. Бахарев продолжал визуальные наблюдения комет (в 1955 г. он открыл комету). В начале шестидесятых годов ученики О.В.Добровольского – Л.С.Марочник, М.З.Маркович и Э.Файзиев – защитили кандидатские диссертации, а другие его ученики активно вели исследования по различным направлениям физики комет. Началось формирование научной школы по физике комет в Таджикистане.

Строительство Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) института в шестидесятых годах, а затем высокогорной обсерватории «Санглох» в семидесятых годах привело к быстрому развитию астрономии в Таджикистане. Ввод в действие относительно крупных телескопов (1-м рефлектор обсерватории «Санглох», 40-см астрограф, рефлектор АЗТ-8 и ВАУ на ГисАО) существенно расширил программу астрометрических и астрофизических наблюдений. Внедрялись новые методы и средства наблюдений, развернулись работы по фотографической фотометрии и поляриметрии, по спектрофотометрии и электрополяриметрии комет.

Добровольский О.В. поддерживал новые идеи и инициативу сотрудников, давал им возможность развернуться и даже уйти «в сторону», не забывая родные кометы. Так, в недрах кометного отдела зародилась группа, возглавляемая Л.С. Марочником, которая «переключилась» на звездные системы – галактики и в 1962 г. выделилась как самостоятельное научное подразделение – Сектор теоретической астрофизики.

Принципиально новые идеи и методы исследования комет – создание искусственных комет – возникли после запуска искусственных спутников Земли (ИСЗ). Были осуществлены эксперименты с выбросом облака бария и натрия в космическое пространство (Шкловский, 1960; Бирман и Люст, 1968). Результаты экспериментов оказались очень полезными и для развития физики и химии комет, новых методов и средств их исследований. В начале шестидесятых годов академик АН СССР, директор Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе Борис Павлович Константинов и заведующий отделом кометной астрономии Института астрофизики АН РТ Олег Васильевич Добровольский предложили новую интересную идею изучения процессов, происходящих в кометах. Идея эксперимента заключалась в изучении кометного ядра в земных лабораторных установках, где имитируются условия реальных комет. Первые эксперименты были поставлены в ФТИ им. Иоффе АН СССР, где имелась мощная научно-техническая база. К экспериментам подключились и сотрудники Института астрофизики АН РТ Х.И.Ибадинов, С.Алиев и другие. Это новое направление физики комет стало быстро развиваться и в 1972 г. в Институте астрофизики АН РТ была создана Лаборатория экспериментальной астрофизики (Ибадинов, 2005).

Таким образом, в шестидесятых-семидесятых годах прошлого века за 10-15 лет в Таджикистане, под руководством О.В.Добровольского, сформировалась серьезная научная школа по физике комет. Исследования комет здесь приобрели комплексный характер (многопрофильные наблюдения, лабораторное моделирование и разработка теорий). Это позволило Институту астрофизики АН РТ получить приоритетные результаты по физике комет и участвовать в разработке проектов СССР по созданию искусственных комет в околоземном космическом пространстве, проектов космических миссий к кометам и международных проектов исследования комет. Сотрудники института участвовали в подготовке проекта ИКОМ совместно с ФТИ им. Иоффе АН СССР, проектов «Беннет» и «Риго АН» совместно с Институтом космических исследований АН СССР, проекта «КАТ-РАН» совместно с ФТИ им. Иоффе и ИКИ АН СССР, ГАО АН Украины и Киев-

ским государственным университетом и в проекте ВЕГА. В 1984 г. О.В.Добровольский был избран председателем Всесоюзной Рабочей группы «Кометы» Астрономического совета АН СССР, а Институт астрофизики АН РТ стал координатором работ по физике комет в СССР.

Качественно новый период кометной астрономии связан с последним возвращением кометы Галлея к перигелию орбиты в 1985-86 годы. Астрономы и специалисты других областей науки и техники долго и серьезно готовились к встрече с кометой. Готовились космические миссии к этой комете. Была разработана Международная программа исследования кометы Галлея (INW). Советская программа исследования кометы Галлея (СОПРОГ) являлась частью этой Международной программы. Астрономы Таджикистана внесли вклад в наземную программу исследования кометы. Академик П.Б.Бабаджанов был координатором раздела «Сопутствующие явления» программы INW, а О.В.Добровольский был заместителем руководителя программы СОПРОГ. Он координировал астрофизическую часть программы, а три его ученика – сотрудники Института астрофизики АН РТ (Н.Н.Киселев, Г.П.Чернова и Х.И.Ибадинов) были координаторами трех разделов этой программы. В Таджикистане удалось выполнить позиционные, фотометрические, поляризационные, спектральные наблюдения кометы, лабораторные эксперименты с различными вариантами ядра этой кометы. Впервые в СССР в августе 1994 г. на 1-м рефлекторе астрономической обсерватории «Санглох» была получена фотография кометы, когда ее яркость была 22,5 звездной величины. Позиционные наблюдения вошли в банк данных INW и были использованы для решения баллистических задач. Это была последняя крупная международная программа исследования комет, в которой принимал участие Олег Васильевич Добровольский.

3. Основные научные результаты

Добровольский О.В. и основанная им научная школа внесли заметный вклад в науку о кометах. В Таджикистане была создана современная научно-техническая база для комплексного исследования комет, что позволила выполнить фотографические, фотометрические, спектральные, поляризационные и астрометрические наблюдения комет, лабораторное моделирование кометных явлений, развить физическую теорию комет. Здесь получили развитие все разделы физики комет и накоплен обширный наблюдательный материал, установлены новые закономерности в природе этих удивительных объектов, которые сыграли и играют значительную роль в формировании Солнечной системы, планеты Земля и жизни на ней.

Установлена связь многих нестационарных процессов в кометах с солнечной активностью (Добровольский, 1949; 1952; 1954; 1961; 1966а. Добровольский. Гнедин и Новиков, 1972). Показано, что в результате перезарядки солнечных протонов на молекулах кометной атмосферы происходит ионизация последних и взаимодействие имеет коллективный характер (Добровольский, 1954; 1961). Заложена основа электромагнитной теории комет – теории взаимодействия солнечного ветра с атмосферой кометы (Марочник, 1962; 1963; 1964) и эта теория применена для объяснения плазменных явлений в кометах (Иоффе, 1962; 1965; Птицына, 1964; 1965). Была установлена связь спектральной особенности комет с солнечной активностью (Мамадов, 1980). Кометы были использованы для изучения свойств солнечного ветра (Добровольский, 1960; Добровольский и др., 1974).

Установлены отрицательная поляризация и фазовая зависимость интегрального излучения комет (Киселев, Чернова, 1976; 1978). Установлена зависимость падения абсолютного блеска короткопериодических комет от расстояния перигелия их орбиты (Добровольский, Ибадинов, Герасименко, 1984; Добровольский и др., 1976), однозначно свидетельствующая о зарастании ядер части этих комет

тугоплавкой коркой.

Разработаны и внедрены новые методы решения задач механической теории (Добровольский, 1966а; Файзиев, 1963; Ибадинов, 1968; 1981). Выполнены детальные исследования пылевых хвостов комет и показано, что истечение пылевых частиц из ядер комет не укладывается в рамках классических представлений только о синхронах или только о синдинамах и размеры пылевых частиц атмосферы и хвостов комет зависят от гелиоцентрического расстояния кометы (Добровольский, Ибадинов, 1972). Установлено, что ускорение пылевых частиц в атмосфере кометы пропорционально квадрату их начальных скоростей (Добровольский, 1961).

Предложены новые фотометрические формулы комет, показано, что интегральный блеск кометы пропорционален кубу диаметра головы кометы (Добровольский, Ошеров, 1969; Добровольский и др., 1970; 1971). Развита физическая теория головы кометы (Добровольский, 1966а; 1966б; 1966в; 1966г; Маркович, 1963; Добровольский и Черный, 1979; Гнедин и др., 1970; Новиков, 1973) и предсказано наличие атомарного водорода (Мамадов, 1970) и формальдегида в кометах (Добровольский и Егибеков, 1975).

Получены количественные данные о температуре, скорости дезинтеграции и времени жизни кометного ядра (Добровольский, 1954; Маркович, 1963б; Егибеков, 1967; 1972; Ибадинов и Алиев, 1989, Ибадинов, 1998). Получены уравнения, описывающие динамическую устойчивость минеральной корки поверхности ядра (Добровольский, Ибадинов, 1971) и показано, что в условиях комет возможны два варианта эволюции ядра: постепенная дезинтеграция ядра до полного исчезновения и зарастание ядра минеральной коркой и его превращение в астероидоподобное тело. Выявлены новые закономерности нестационарной активности кометного ядра. Показано, что деление ядер комет чаще всего происходит вблизи перигелия орбиты (Добровольский, Герасименко, 1987; Ибадинов, 1998) и концевые синхроны в пылевых хвостах комет являются следствием деления ядра (Ибадинов, 1998), предложен механизм распада кометных ядер вследствие их самозакручивания под действием реактивной силы (Добровольский, 1980). Показано, что в хромосфере Солнца происходит аэродинамическое дробление ядра и выделяемая энергия эквивалентна энергии вспышки Солнца (Григорян, Ибодов, Ибадов, 1997; 2000).

Изучено поведение тугоплавкой составляющей продуктов дезинтеграции ядра и выявлены новые закономерности формирования пылевой составляющей внутренней части Солнечной системы под действием эффекта Пойтинга-Робертсона (Добровольский и Егибеков, 1972; Добровольский, Егибеков и Заусаев, 1973). Показана возможность возникновения метеорных явлений, атомов тугоплавких элементов, многозарядных ионов и рентгеновского излучения в атмосфере кометы вследствие столкновения пылинок атмосферы с межпланетными пылевыми частицами (Ибадов, 1980; 1996).

Совместно с ФТИ им. Иоффе РАН создан новый метод изучения комет – лабораторное моделирование кометных явлений. Разработаны и созданы установки для моделирования воздействия фотонного и корпускулярного излучений Солнца на кометные вещества. Выполнено лабораторное моделирование кометных явлений и получены приоритетные результаты, характеризующие температуру, скорость и теплоту сублимации различных вариантов ледяного ядра кометы и установлены новые закономерности дезинтеграции ядра (Ибадинов, 2005). Показано, что из кометных ядер может быть выброшена ледяная пыль (Ибадинов, 1989), на этой поверхности может образоваться и разрушаться тугоплавкая корка. Выявлены закономерности этого процесса. Измерены скорости выброса пылевых частиц и фрагментов корки. Установлены механизмы и закономерности образования отрицательных ионов и ионно-молекулярных кластеров и тугоплавких веществ в

кометах под действием корпускул солнечного ветра (Хашимов и др., 1982; 1986а; 1986б; 1989а; 1989б; 1994). Установлены закономерности зарастания моделей ядра кометы тугоплавкой коркой (Ибадинов и др., 1991). Получены количественные данные о физико-механических свойствах моделей корки и выяснена роль корки в тепловом режиме и сублимации моделей ядра (Ибадинов и др., 1991; Ибадинов, 1998; 2005). Путем лабораторного моделирования показано, что наличие более легкоплавких, чем водяной лед локальных неоднородностей в составе ядра может привести к образованию газопылевых струй (джетов) в кометах (Ибадинов и Рахмонов, 2002).

Результаты лабораторного моделирования использованы для численного моделирования дезинтеграции ядра короткопериодической кометы. Показано, что ядро из льдов H_2O , CO_2 , CH_3CN , ядро из очень слабо запыленного льда H_2O , когда на поверхности льда не образуется сплошная корка или корка квазинепрерывно разрушается обеспечивает среднестатистические фотометрические параметры комет (Добровольский и др., 1979; Ибадинов, 1989). Показано, что вековое падение блеска короткопериодических комет нельзя объяснить только уменьшением радиуса их ядра вследствие сублимации льдов. Падение блеска этих комет связано с наличием тугоплавкой пористой корки на поверхности их ядра. Численное моделирование зарастания ядра тугоплавкой коркой показало, что короткопериодическая комета за 10^2 оборотов вокруг Солнца превращается в астероидоподобное тело (Ибадинов, 1998, 1999). Такие объекты обнаружены.

Институт астрофизики АН РТ участвовал в подготовке проектов космических миссий к кометам и в международной программе исследования кометы Галлея.

ЛИТЕРАТУРА

- Асимов М.С., Добровольский О.В., 1978. Развитие астрономии в Советском Таджикистане // В кн.: Труды XIII Международного конгресса по истории науки: Секция 6. История физики и астрономии. М., с. 152-155.
- Асимов М.С., Салыков А.С., 1978. С.У. Умаров // В кн.: С.У. Умаров. Избранные труды. Из-во «Фан» УзССР, с.3-17.
- Бабаджанов П.Б., 1999. Астрономия в эпоху Саманидов // В сб. «1100-летие образования государства Саманидов» (ред. Э.Ш. Рахмонов), Санкт-Петербург, Россия, с. 93-101.
- Бабаджанов П.Б. - Babadzhanov P.B., 2001. Astronomical Research and Education in Tajikistan // IAU Special Session of XXIV General Assembly "Astronomy for Developing Countries" (Ed. Alan H. Batten), pp. 187-196.
- Бирман Л., Люст Р., 1968. Взаимодействие солнечного ветра с кометами (естественными и искусственными) // В кн.: Солнечный ветер. М.: Мир, с. 393-403.
- Гнедин Ю.Н., Долгинов А.З., Новиков Г.Г., 1970. Физические процессы в голове комет // АЖ, Т. 47, вып. 4, с 870-884.
- Григорян С.С., Ибодов Ф.С., Ибадов С., 1997. Об эволюции комет вблизи Солнца: кометы семейства Крейца // Доклады РАН, Т. 354, № 2, с. 187-189.
- Григорян С.С., Ибодов Ф.С., Ибадов С., 2000. Возможный механизм солнечных вспышек // Доклады РАН. Т. 374, № 1, с. 40-43.
- Добровольский О.В., 1949. Статистика кометных появлений за 100 лет: 1850-1949 гг. // Циркуляр Сталинабадской астрономической обсерватории. № 74-75, с. 1-3.
- Добровольский О.В., 1952. К теории кометных форм. Ч. I. Бюллетень САО АН Тадж. ССР, № 5, с. 3-10.
- Добровольский О.В., 1953а. К теории кометных форм. Ч. II. Бюллетень САО АН Тадж. ССР, № 7, с. 3-25.
- Добровольский О.В., 1953б. К теории кометных форм. Ч. III. Бюллетень САО АН Тадж. ССР, № 8, с. 3-20.
- Добровольский О.В., 1954. Некоторые нестационарные процессы в кометах и солнеч-

ная активность. Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Сталинабад, 407 с.

Добровольский О.В., 1955. Корпускулярное излучение Солнца как вероятный фактор образования галосов в кометах // АЖ, Т. 32, вып. 6, с. 514-517.

Добровольский О.В., 1960. Кометы как индикаторы солнечной активности // Астрономический сборник. Львовский государственный университет имени Ивана Франко, вып. 3/4, с. 73-79.

Добровольский О.В., 1961. Нестационарные процессы в кометах и солнечная активность. Труды Института астрофизики АН Тадж. ССР, Т. VIII. Сталинабад, из-во Академии наук Тадж. ССР. - 195 с.

Добровольский О.В., 1962. О влиянии межпланетной среды на движение синхрон кометных хвостов // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 31, с. 3-8.

Добровольский О.В., 1966а. Кометы. М.: Наука, - 288 с.

Добровольский О.В., 1966б. К вопросу о температуре оптически плотной атмосферы кометы // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 46, с. 3-6.

Добровольский О.В., 1966в. К вопросу о фотоионизации кометных атмосфер // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 41-42, с. 41-43.

Добровольский О.В., 1966г. К теории оптически плотных кометных атмосфер // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 41-42, с. 47.

Добровольский О.В., 1974. Развитие астрономии // В кн.: Наука Советского Таджикистана. Душанбе: Дониш, с. 28-38.

Добровольский О.В., 1980. Реактивное самозакручивание как одна из причин распада кометных ядер // Кометы и метеоры, № 27, с. 3-11.

Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., 1968. Новый метод решения обратной задачи механической теории кометных форм // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 50, с. 20-21.

Добровольский О.В., Ошеров Р.С., 1969. Новая статистическая закономерность в кометах // В кн.: Физика комет. Киев, с. 201.

Добровольский О.В., Маркович М.З., Ошеров Р.С., 1970. Роль эффективного альbedo в кометной фотометрии // В кн.: Физика комет. Киев, с. 27-30.

Добровольский О.В., Маркович М.З., Ошеров Р.С., 1971. Зависимость интегрального блеска головы кометы от углового диаметра и расстояния до наблюдателя // Проблемы космической физики, Киев, вып. 6, с. 123-128.

Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., 1971. Разрушение поверхностной пылевой матрицы кометного ядра // Доклады Академии наук Тадж. ССР, Т. 9, № 12, с. 16-19.

Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., 1972. Размеры пылевых частиц атмосферы комет и гелиоцентрическое расстояние // Доклады Академии наук Тадж. ССР, Т. 15, № 2, с. 15-18.

Добровольский О.В., Египбеков П.Е., 1972. Эволюция пылевых частиц в окрестностях Солнца // Астрономический журнал, Т. 49, № 6, с. 1287-1291.

Добровольский О.В., Гнедин Ю.Н., Новиков Г.Г., 1972. Корреляция между яркостью комет и флуктуациями солнечного ветра // Космические исследования, Т. 10, № 5, с. 791-793.

Добровольский О.В., Египбеков П., Заусаев А.Ф., 1973. Влияние негравитационных эффектов на эволюцию пылевых частиц, движущихся вокруг Солнца по эллиптическим орбитам // АЖ, Т. 50, № 4, с. 832-835.

Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Зацепина Л., 1974. Исследование плазменного облака в хвосте кометы 1970 II Беннетта // Доклады АН Тадж. ССР, Т. 17, № 9, с. 21-24.

Добровольский О.В., Египбеков П.Е., 1975. О содержании формальдегида H_2CO в ядрах комет // Доклады АН Тадж. ССР, Т. 18, № 10, с. 11-13.

Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Алиев С., 1979. Сублимация моделей кометного ядра из твердого CO_2 и замороженных водных растворов некоторых органических соединений // Доклады АН Тадж. ССР, Т. 22, № 6, с. 346-348.

Добровольский О.В., Черный Г.Ф., 1979. Расчет ослабления света в пылевой атмосфере кометы // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 68, с. 3-8.

Добровольский О.В., Хашимов Н.М., Ибадинов Х.И., Тараканов В.Л., 1981. Об отрицательных ионах в кометах // ДАН Тадж. ССР, Т. 24, № 9, с. 543-547.

Добровольский и др., 1982 - Dobrovolsky O.V., Hashimov N.M., Ibadinov Kh.I. On nega-

tive ions in comets // In: Cometary exploration. Part I, Budapest, Hungary, pp. 235-242.

Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Алиев С., Герасименко С.И., 1983. Время жизни ледяных кометных ядер и вековое падение блеска периодических комет // Доклады АН Тадж. ССР, Т. 26, № 1, с. 25-29.

Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Герасименко С.И., 1984. Вековое падение блеска и строение ядер периодических комет // Доклады Академии наук Тадж. ССР, Т. 27, № 4, с. 198-200.

Добровольский и др., 1986 - Dobrovolsky O.V., Ibadinov Kh.I., Aliev S., Gerasimenko S.I. - Thermal regime and surface structure of periodic comet nuclei // In: Exploration of Halley's Comet (Proc. 20th ESLAB Symp., B. Battick, E.J. Rolfe and R. Reinhard eds.). The Netherlands, ESA SP-250, Vol. II, pp. 389-394.

Добровольский О.В., Герасименко С.И., 1987. Каталог комет с признаками дробления ядер // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 77, с.3-9.

Егибеков П.Е., 1967. К вопросу о модели ядра кометы // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 48, с. 25-31.

Егибеков П.Е., 1972. Температура вращающегося ядра кометы // Кометы и метеоры, № 21, с. 3-17.

Ибадинов Х.И., 1981. Обобщенный метод решения обратной задачи механической теории кометных форм // Доклады Академии наук Тадж. ССР, Т. 24, № 1, с. 22-27.

Ибадинов, 1989 - Ibadinov K.I. Laboratory investigations of the sublimation of comet nucleus models // Adv. Space Res., London 1989, Vol. 9 (3), pp. 97-112.

Ибадинов Х.И., 1993. Зарастание кометного ядра тугоплавкой коркой // Доклады АН Республики Таджикистан, Т.36, № 3, с. 182-185.

Ибадинов Х.И., 1997а. Астрономия в Таджикистане в предвоенные и военные годы // В кн.: Астрономия на крутых поворотах XX века. Москва-Дубна, из-во «Феникс», с. 345-348.

Ибадинов Х.И., 1997б. Свойства поверхности кометного ядра, вытекающие из результатов лабораторного моделирования // Труды IV съезда Европейско-Азиатского астрономического общества, Москва, МГУ, ГАИШ, с. 306-315.

Ибадинов Х.И., 1998. Дезинтеграция кометных ядер. Докторская диссертация. Москва, ИКИ РАН, -296 с.

Ибадинов, 1999 - Ibadinov Kh.I. Growth of a refractory mantle on a cometary nucleus and evolution of the nucleus into an asteroid-like body // Solar System Research, Vol. 33, No. 4, pp. 319-323.

Ибадинов Х.И., 2005. Лабораторное моделирование комет в Таджикистане // БИА АН РТ, № 85 (в этом номере).

Ибадинов Х.И., Алиев С., 1989. Температура кометных ядер из льдов H₂O и CO₂ // Кометы и метеоры, № 39, с. 9-16.

Ибадинов и др., 1991 - Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A., Bjasso A.S.H. Laboratory simulation of cometary structures // In: Comets in the Post - Halley Era (R.L. Newburn Jr. et al. eds.). Dordrech / Boston / London, Vol. 1, pp. 299-311.

Ибадинов и Рахмонов, 2002 - Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A. Laboratory studies of gas-dust jet formation on cometary nucleus surface // Adv. Space Res., Vol. 29, No. 5, pp. 705-708.

Ибадов С., 1980. Возможный источник атомов тугоплавких элементов в кометах // Кометы и метеоры, № 29-31, с. 49-54.

Ибадов С.И., 1984. Краткий очерк научной, педагогической, научно-организационной и общественной деятельности О.В. Добровольского // В сб. Олег Васильевич Добровольский (под ред. П.Б. Бабаджанова), посвященного 70-летию Олега Васильевича Добровольского. Душанбе. «Дониш», с. 10-37.

Ибадов С.И., 1996. Физические процессы в кометах и родственных объектах. М.: Космосинформ, -181 с.

Ибадов С.И., Кадыров Н., Насриддинов А., 1980. О получении паров углерода ионной бомбардировкой // Кометы и метеоры, № 27, с. 24-31.

Июффе З.М., 1962. Ускорения в ионизационных хвостах комет // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 31, с. 16-22.

Июффе З.М., 1965. О вероятности увлечения нейтральных молекул ионами // Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР, № 39-40, с. 84.

Киселев Н.Н., Чернова Г.П., 1976. О возможном новом виде зависимости поляризация-

- фаза для комет // *Астрономический циркуляр*, № 931, с. 5-7.
- Киселев Н.Н., Чернова Г.П., 1978. Поляризация излучения кометы Уэста 1975 п // *Астрономический журнал*. Т. 55. № 5. с. 1064-1071.
- Мамадов О.М., 1970. Об атомарном водороде в кометах // *Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР*, № 53, с.31-33.
- Мамадов О.М., 1980. Некоторые особенности спектра кометы Беннета (1970 II) и солнечная активность // *Кометы и метеоры*, № 29-31. с.62-66.
- Маркович М.З., 1962. Температура кометных ядер. Канд. дис., Кинель, -161 с.
- Маркович М.З., 1963. Движение пылевых частиц в голове кометы // *Бюллетень комиссии по кометам и метеорам Астрономического совета АН СССР*, № 8, с.11-14.
- Марочник Л.С., 1962. Взаимодействие корпускулярных потоков с атмосферой кометы. I. // *АЖ*, Т. 36, № 6.
- Марочник Л.С., 1963. Взаимодействие корпускулярных потоков с атмосферой кометы. II. «Захлопывающиеся оболочки». Радиоизлучение // *АЖ*, Т. 40, № 3, с. 504.
- Марочник Л.С., 1964. Магнетогидродинамические явления в кометах и связь их с геомагнитным потоком // *Успехи физических наук*, № 82, с. 221.
- Матвиевская Г. П., Розенфельд Б. А., 1983. Математики и астрономы мусульманского средневековья. М.: Наука, в трех книгах.
- Новиков Г.Г., 1973. Эмиссия натрия в комете // *АЖ*. Т. 50, вып. 4, с. 883-884.
- Птицына Н. Г., 1964. О лучевых системах в кометных хвостах I типа // *Бюллетень комиссии по кометам и метеорам Астрономического совета АН СССР*, № 9, с.12-18.
- Птицына Н. Г., 1965. Геометрия оболочек в голове кометы Морхауза 1908 III // *Бюллетень комиссии по кометам и метеорам Астрономического совета АН СССР*, № 11, с.11-16.
- Соловьев А.В., 1957. 25 лет Сталинабадской астрономической обсерватории // *Бюллетень Сталинабадской астрономической обсерватории*. № 22-23. с. 5-12.
- Файзиев Э., 1962. Метод расчета синдинам и синхрон в хвостах II и III типа // *Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР*. № 34, с. 29-58.
- Файзиев Э., 1963. Графический метод приближенного решения обратной задачи механической теории кометных форм // *Бюллетень Института астрофизики АН Тадж. ССР*. № 35, с. 22-31.
- Хашимов Н.М., Тараканов В.Л., 1982. О влиянии заряда поверхности ледяных пылинок и ядра на скорость их сублимации // *Кометы и метеоры*, № 32, с. 3-9.
- Хашимов Н.М., Шоекубов Ш.Ш., 1986а. Лабораторное моделирование образования ионно-молекулярных кластеров в кометных ядрах // *Доклады АН Республики Таджикистан*. Т. 29, № 7, с. 402-405.
- Хашимов и Шоекубов. 1986б – Hashimov N.M., Shoyukubov Sh. Sh. Laboratory modelling of ion-molecular cluster production in cometary nuclei // In: *Exploration of Halley's Comet (Proc. 20th ESLAB Symp., B. Battrick, E.J. Rolfe and R. Reinhard eds.)*. The Netherlands, ESA SP-250, Vol. III, pp. 189-190.
- Хашимов Н.М., Ибадинов Х.И., Шоекубов Ш.Ш., 1989а. Масс-спектральное исследование ионного распыления ледяных моделей кометных ядер // *Кометы и метеоры*, № 39, с. 29-30.
- Хашимов Н.М., Шоекубов Ш.Ш., 1989б. Лабораторное моделирование образования ионно-молекулярного углерода в кометах // *Доклады АН Республики Таджикистан*, Т. 32, № 1, с. 22-25.
- Хашимов Н.М., Ибадинов Х.И., Шоекубов Ш.Ш., 1994. Лабораторное исследование возможности образования тугоплавких веществ в кометах // *Доклады АН Республики Таджикистан*, Т. 37, № 1, с. 16-19.
- Шкловский И.С., 1960. Искусственная комета как метод оптических наблюдений космических ракет // *Искусственные спутники Земли*, М.: Наука, вып. 4, с. 195.
- Уиппл Ф. (Whipple F.L.), 1950 – A comet model. I. The acceleration of Comet Enke // *Ap. J.*, V. 111, No. 2, pp. 375-394.
- Уиппл Ф. (Whipple F.L.), 1951 – A comet model. II. Physical relations for comets and meteors // *Ap. J.*, V. 113, No. 3, pp. 464-474.

УДК 523.6

С.ИБАДОВ

НЕКОТОРЫЕ АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ КОМЕТ

Представлено современное состояние таких актуальных проблем физики комет, как проблема аномального распределения интенсивности излучения атомов натрия в головах комет, проблема происхождения ионов тугоплавких металлов типа ионов железа в комах комет, проблема рентгеновской активности комет. Указаны новые возможности диагностики комет и межпланетной среды, связанные со спектральными наблюдениями комет с высоким пространственным разрешением.

SOME ACTUAL PROBLEMS IN THE PHYSICS OF COMETS, by S.Ibadov

The current status of such actual problems in the physics of comets as the problem of anomalous distribution of the intensity of sodium atoms emission in the heads of comets, problem of the origin of ions of refractory metals like Fe II ions in the comae of comets, problem of the X-ray activity of comets is presented. New possibilities for diagnostics of comets and interplanetary dust connected with spectral observations of comets with high spatial resolution are indicated.

1. Введение

Явление аномального распределения интенсивности излучения атомов натрия в голове кометы Мркоса 1957d /1957 V было обнаружено при спектральных наблюдениях этой кометы с помощью 5-метрового телескопа Паломарской обсерватории в августе 1957 года в зоне гелиоцентрических расстояний кометы $R=0,55-0,59$ а. е. [1]. Благодаря высокому угловому разрешению (около 1 сек дуги) было зарегистрировано смещение максимума яркости Д-линий натрия, желтого дублета 5890/5896 А, относительно кометного ядра в сторону Солнца приблизительно на 2000 км. Природа этого явления остается загадочной [2-6].

Плазменные *in situ* измерения, проведенные с космическими аппаратами VEGA-2 и GIOTTO во время их встреч с кометой Галлея в марте 1986 года на гелиоцентрических расстояниях $R=0,8-0,9$ а.е., привели неожиданно к открытию ионов железа Fe II [7-9]. Это открытие указывает на необходимость теоретического поиска качественно новых механизмов, способных привести к генерации термодинамически сильно неравновесных, сильно пересыщенных паров тугоплавких металлов в комах комет [10, 11].

Возможность возникновения фотонов рентгеновского диапазона в кометах вследствие генерации высокотемпературной плазмы в высокоскоростных столкновениях между кометными и межпланетными пылевыми частицами теоретически рассматривалась в последние десятилетия [12]. Открытие рентгеновского излучения комет было сделано, исходя из известного теоретического прогноза [12], в марте 1996 года во время наблюдений кометы Хиакутаке С/1996 В2 [13]. Остаются актуальными поиски механизмов для объяснения значительной рентгеновской светимости комет и ее сильных временных вариаций [13-17].

2. Аномальное распределение интенсивности излучения атомов металлов типа натрия в головах комет

Известные подходы к интерпретации аномального распределения интенсивности излучения атомов натрия в голове кометы Мркоса 1957 V можно разделить на определенные классы следующим образом. Оптический подход, принимающий

оптически толстую в линиях Na кому в околоядерной области – для кометоцентрических расстояний $r \leq 2000$ км [2]. Однако такое предположение сделано без соответствующего физического обоснования возможности интенсивного выделения атомов натрия в околоядерной области.

Кинематический подход, исходящий из оптически тонкой комы и пытающийся объяснить рассматриваемую особенность как классическую Бессель-Бредихинскую оболочку из атомов натрия, которые истекают из ядра по направлению к Солнцу, а затем под действием лучевого давления поворачивают в обратную сторону [3]. Однако такое объяснение, как известно ([4] с. 78), не выдерживает критики, так как согласно закону Мохнача в этом случае максимум яркости должен оставаться вблизи ядра при любом распределении начальных скоростей выброса.

Пылегалосовый подход, исходящий из точки зрения, что источником атомов Na являются наряду с ядром также пылевые частицы в голове и хвосте кометы. Тогда пылевой галос мог бы быть ответственным за смещение максимума яркости Na относительно ядра. Однако отсутствие ясно выраженной корреляции между интенсивностью спектра Na и непрерывного спектра внутренней комы, а также наблюдаемый постепенный спад интенсивности континуума от ядра к Солнцу [1, 2] не позволяют утверждать это с полной определенностью [4].

Газо-пылевой неизотермический подход, связанный с идеей депрессии температуры кометной пыли истекающим из ядра криогенным газом. Расчеты последних десятилетий показывают, что температура истекающего из кометного ядра газа имеет, вследствие его интенсивного расширения и инфракрасного излучения молекул H_2O , CO_2 , глубокий минимум ($T = 10-50$ К в диапазоне кометоцентрических расстояний $r = 100-1000$ км) и во всей внутренней коме кометы не превышает температуру поверхности сублимирующего ледяного кометного ядра: $T(r \leq 10^4$ км) ≤ 200 К. На этой основе разработана теория охлаждения кометной пыли истекающим из ядра газом и показано, что максимальное выделение атомов натрия пылевыми частицами кометной атмосферы происходит при переходе температуры пыли из депрессионного режима в вакуумный. Индикатором этого перехода является максимум в свечении атомов натрия. По найденному из спектральных наблюдений кометоцентрическому расстоянию максимума свечения атомов натрия в комах комет можно определить полную газопроизводительность кометных ядер [5,6].

3. Происхождение ионов тугоплавких металлов в комах комет на больших гелиоцентрических расстояниях

Эмиссии атомов тугоплавких металлов (Fe, Ni, Si и др.) обычно появляются в спектрах комет, очень близко подходящих к Солнцу, солнцезарапающих комет (комета Икейя-Секи 1965f и др.), при очень малых гелиоцентрических расстояниях $R=0,01$ а. е. [4]. Между тем, плазменные *in situ* измерения, проведенные с космическими аппаратами VEGA-2 и GIOTTO в пределах комы кометы Галлея 1986 III на гелиоцентрических расстояниях $R=0,8-0,9$ а. е., привели к открытию ионов железа Fe II [7-9].

В то же время расчеты показывают, что на больших гелиоцентрических расстояниях ($R \geq 0,8$ а. е.) сублимация тугоплавких пылевых частиц комы комет под действием электромагнитного и корпускулярного излучений Солнца пренебрежимо мала для образования детектированного количества ионов Fe II.

В этой связи исследовано взаимодействие газо-пылевой комы комет с межпланетной пылью и выявлены два качественно различных механизма разрушения межпланетных пылевых частиц в комах комет: метеороподобный механизм, связанный со столкновениями кометных молекул с межпланетными пылевыми час-

тицами, когда развиваются удельные мощности 10^2 - 10^3 Вт/см² и температуры 2000-3000 К, и взрывной механизм, связанный со столкновениями кометных и межпланетных пылевых частиц, когда развиваются удельные мощности до 10^{15} Вт/см² и температуры до 10^7 К.

Найдено, что в запыленных кометах типа кометы Галлея 1986 III с отношением производительностей пыли и газа более 0,1 осуществляется преимущественно режим взрывного взаимодействия газо-пылевой комы комет с межпланетной пылью, который сопровождается генерацией разлетающихся плазменных сгустков и ионов тугоплавких металлов типа Fe II.

Теоретически показано, что концентрация ионов железа, найденная прямыми измерениями космических аппаратов ВЕГА-2 и ДЖОТТО в коме кометы Галлея в марте 1986 года, соответствует плотности межпланетной пыли и, следовательно, принципиально возможно использовать ионы тугоплавких металлов типа Fe II в кометных атмосферах как индикаторы прохождения комет через скопления межпланетной пыли [10, 11].

4. Рентгеновская активность комет

Прохождение запыленных комет через межпланетную среду в зоне малых гелиоцентрических расстояний, $R \leq 1$ а. е., сопровождается высокоскоростными (≥ 70 км/с) столкновениями встречных кометных и межпланетных пылевых частиц с генерацией разлетающихся плазменных сгустков с начальной температурой $T \geq 3 \cdot 10^5$ К и, следовательно, рентгеновских квантов [12].

Открытие рентгеновского излучения комет было сделано, исходя из теоретического прогноза [12], орбитальным рентгеновским телескопом ROSAT во время наблюдений кометы Хиакутакэ C/1996 B2 на геоцентрическом расстоянии кометы 0,1 а. е. и единичном гелиоцентрическом расстоянии 27 марта 1996 года. Излучение комы кометы в мягком рентгеновском диапазоне чувствительности телескопа 0,09-2 кэВ прослеживалось до кометоцентрического расстояния $1,5 \cdot 10^5$ км. В измеряемом диапазоне энергий фотонов в пределах апертуры телескопа $1,2 \cdot 10^5$ км рентгеновская светимость кометы составляла в среднем $4 \cdot 10^{15}$ эрг/с и имела сильные вариации за время наблюдений, т.е. при переходе от одной экспозиции (счета фотонов) к другой. Эти вариации указывают на наличие различных механизмов генерации рентгеновских квантов [13].

Эффективным механизмом генерации рентгеновского излучения комет является перезарядка многозарядных ионов солнечного ветра (C^{6+} , C^{5+} , O^{7+} , O^{6+} , Fe^{14+} , Fe^{13+} и др.) на кометных молекулах [14]. Вместе с тем показано, что сильные вариации рентгеновской светимости кометы Хиакутакэ могут быть обусловлены вариациями спектра размеров кометных пылевых частиц [17].

Из широкого диапазона возможных гелиоцентрических расстояний комет, $R \geq 0,01$ а. е., в настоящее время охвачена рентгеновскими наблюдениями только внешняя область, $R = 1-3$ а. е. [13, 15]. Между тем рентгеновские наблюдения комет в зоне малых гелиоцентрических расстояний $R = 0,01-1$ а. е. остаются интересным направлением дальнейших поисков, так как связаны с изучением генерации высокотемпературной плазмы столкновениями высокоскоростных (≥ 100 км/с) пылевых частиц, т.е. с изучением процесса, пока еще не реализованного в земных лабораторных условиях.

5. Заключение

Распределение эмиссии атомов легкоплавких металлов типа Na в комах комет является индикатором физических условий в околоядерной области комет и, в частности, в газо-пылевых джетах. Полная газопроизводительность ядер комет может быть найдена по смещению максимума свечения атомов натрия от ядра к

Солнцу. В этой связи целесообразны спектральные наблюдения ярких комет с высоким пространственным разрешением.

Ионы тугоплавких металлов как Fe II, обнаруженные в коме кометы Галлея 1986 III миссиями ВЕГА и ДЖОТТО, имеют в основном не кометное, а межпланетное происхождение. Такие ионы являются индикаторами межпланетных пылевых облаков.

Проблема идентификации различных механизмов генерации рентгеновского излучения комет является актуальной. Целесообразно получить зависимость рентгеновского спектра и рентгеновской светимости комет от гелиоцентрического расстояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Greenstein J.L., High-resolution spectra of comet Mrkos (1957d), *Astrophys. J.*, 1958, 128, 106-113.
2. Greenstein J.L., Arpigny C., The visual region of the spectrum of comet Mrkos (1957d) at high resolution, *Astrophys. J.*, 1962, 135, 892-905.
3. Wurm K., Helligkeit und struktur der Na-emission in kometen, *Icarus*, 1963, 2, 29-34.
4. Добровольский О.В., *Кометы*, М.: Наука, 1966, 288 с.
5. Ибадов С., О механизме аномального распределения излучения атомов натрия в головке кометы Мркоса 1957d, *Астрон. циркуляр*, 1983, № 1271, 5-7.
6. Ибадов С., *Физические процессы в кометах и родственных объектах*, М.: Космосинформ. 1996. 181 с.
7. Gringauz K.I., Gombosi T.I., Remizov A.P. *et al.*, First in situ plasma and neutral gas measurements at comet Halley, *Nature*, 1986, 321, 282-285.
8. Krankowsky D., Lammerzahn P., Herrwerth I. *et al.*, In situ gas and ion measurements at comet Halley, *Nature*, 1986, 321, 326-329.
9. Balsiger H., Altwegg K., Buhler F. *et al.*, Ion composition and dynamics at comet Halley, *Nature*, 1986, 321, 330-334.
10. Ибадов С., Механизм взаимодействия кометы Галлея с зодиакальным пылевым облаком в свете данных космических аппаратов, *Космич. исслед.*, 1988, 26, 63-67.
11. Ибадов С., Взаимодействие комет с солнечным ветром: эффективный радиус пылевой комы комет типа кометы Галлея и происхождение ионов металлов, *Космич. исслед.*, 1996, 34, 548-557.
12. Ibadov S., On the efficiency of X-ray generation in impacts of cometary and zodiacal dust particles, *Icarus*, 1990, 86, 283-288.
13. Lisse C.M., Dennerl K., Englhauser J. *et al.*, Discovery of X-ray and EUV emission from comet Hyakutake C/1996 B2, *Science*, 1996, 274, 205-209.
14. Cravens T.E., Comet Hyakutake X-ray source: Charge transfer of solar wind heavy ions, *Geophys. Res. Lett.*, 1997, 24, 105-109.
15. Mumma M.J., Krasnopolsky V.A., and Abbott M.J., Soft X-rays from four comets observed by EUVE, *Astrophys. J.*, 1997, 491, L125-L128.
16. Krasnopolsky V., On the nature of soft X-ray radiation in comets, *Icarus*, 1997, 128, 368-385.
17. Ibadov S., Comets as X-ray objects, In: «Astrophysical Sources of High Energy Particles and Radiation», Maurice M. Shapiro, Todor Stanev and John P. Wefel (Eds), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, 2001, p. 245-250.

УДК 523.6

Х.И.ИБАДИНОВ

ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМЕТ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Приводятся результаты лабораторного моделирования комет в Институте астрофизики Академии наук Таджикистана.

LABORATORY MODELING OF COMETS IN TAJIKISTAN, by Kh.I.Ibadinov

The results of comet simulation in the Institute of Astrophysics of Tajik Academy of Sciences are given in review.

1. Введение

Принципиально новые идеи и методы исследования комет возникли после запуска искусственных спутников Земли (ИСЗ). В конце пятидесятых годов прошлого века были осуществлены эксперименты с выбросом облака бария и натрия в космическое пространство (Шкловский, 1960; Бирман и Люст, 1968). Результаты экспериментов оказались очень полезными и для физики и химии комет и для наблюдений ИСЗ. В экспериментах фактически создавалась искусственная кометная атмосфера. В развитие этих экспериментов автор ледяной модели ядра кометы Ф.Уиппл предложил выбросить в космос кусок льда – образец ядра и изучить его поведение.

Другой, более дешевый вариант эксперимента с искусственной кометой был предложен директором Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе АН СССР и заведующим астрофизическим отделом этого института Б.П.Константиновым и заведующим отделом кометной астрономии Института астрофизики Академии наук Таджикистана О.В.Добровольским. Идея эксперимента заключалась в создании искусственной кометы в земных лабораторных установках, где имитируются условия реальной кометы. Первые эксперименты были поставлены в ФТИ им. Иоффе АН СССР, где имелась научно-техническая база. Группа исследователей под руководством Е.А.Каймакова (ученик Б.П. Константинова) начала эксперименты по изучению поведения наиболее простого варианта ядра кометы из чистого и запыленного водяного льда (Каймаков, Шарков, 1967). К экспериментам подключились и сотрудники Института астрофизики АН РТ – сначала Ибадинов Х.И., а затем Алиев С., Губарь О., Матвеев И. и другие (Каймаков и Ибадинов, 1970; Ибадинов и Каймаков, 1971). Значительно позже работы по лабораторному моделированию кометных явлений начались в Германии, Австрии, Италии и США (Грюн и др., 1991; Норберт, 2003).

Новое направление физики комет (экспериментальная кометная астрономия) стало быстро развиваться. Решением Президиума АН РТ от 2.09.1972 г. в Институте астрофизики АН РТ, на базе группы по лабораторному моделированию комет Института астрофизики АН РТ и группы физиков-экспериментаторов (руководитель Хашимов Н.М.) Физико-технического института им. С.У.Умарова АН РТ была создана Лаборатория экспериментальной астрофизики (ЛЭА). Основной задачей лаборатории было детальное исследование ледяной модели кометного ядра и участие в подготовке проектов космических миссий к кометам. В организации и становлении этой лаборатории большую помощь оказали Физико-Технический институт им. А.Ф.Иоффе АН СССР, Физико-технический институт им. С.Умарова АН РТ, академики АН РТ М.С.Асимов, О.В.Добровольский,

П.Б.Бабаджанов и А.А.Адхамов.

Несмотря на значительные трудности (за первые 7 лет лаборатория перемещалась из одного здания в другое 4 раза), был сформирован коллектив ЛЭА, были разработаны краткосрочные и перспективные программы работы лаборатории. Были запланированы три типа экспериментов: моделирование воздействия солнечного фотонного излучения на потенциальные кометные вещества; моделирование воздействия корпускулярного излучения Солнца на эти вещества и моделирование образования тугоплавких веществ в условиях комет. Сотрудники лаборатории (Х.И.Ибадинов, Н.М.Хашимов, С.И.Ибадов, С.Алиев, В.Л.Тараканов, А.А.Рахмонов, Шоекубов, А.М.Оказов, А.Джураев, Ш.Даминов, В.Кучеров, Н.Кадыров, А.Насриддинов и др.) разработали и создали восемь установок для моделирования дезинтеграции кометного ядра в поле фотонного и корпускулярного излучений Солнца и исследования свойств моделей ядра и состава продуктов сублимации.

2. Предмет лабораторного моделирования

Кометные явления определяются, главным образом составом, свойствами, структурой и темпом дезинтеграции кометного ядра и особенностями взаимодействия продуктов дезинтеграции с межпланетной средой. Масса кометы (10^{14} - 10^{22} г) концентрирована в ее ядре (Добровольский, 1966), размер которого варьируется от сотен метров до сотен километров. Развитие идей Вурма (1934) о родительских молекулах в ядрах комет и необходимость объяснения значительных негравитационных эффектов в движении комет привели к качественно новой модели ядра, согласно которой основу ядра составляют льды (Уиппл, 1950; 1951).

К моменту начала работ по лабораторному моделированию кометных явлений первоначальный уиппловский вариант родительских молекул (H_2O , CO_2 , CH_4 , NH_3 и C_2N_2) был существенно дополнен самым Уипплом (Уиппл, 1953, 1963), Донном и Юри (Донн и Юри, 1956; Донн, 1963) и другими. В качестве родительских молекул комет предлагались несколько десятков веществ. Затем перечень родительских молекул значительно возрос и список, включал сложные органические вещества, такие как нитрилы – HCN , CH_3CN , альдегиды – H_2CO , CH_3CO , органические кислоты – $HCOOH$, CH_3COOH , спирты – CH_3OH , C_2H_5OH , аминокислоты – NH_2CH_2COOH , $CH_3CN(NH_2)COOH$ и им подобные вещества (Шульман, 1972, 1987; Каймаков, 1974; Уиппл, 1976; Дельзем, 1982).

Сейчас считается, что основу кометных льдов составляет H_2O (примерно 80%), а все другие вещества в состав ядра входят как примеси и могут образовывать гидраты, клатраты и другие структуры, а минеральные метеорные частицы в объеме ядра составляют 10-15%. Очевидно, что дезинтеграция и эволюция такого сложного по химсоставу и структуре тела в поле фотонного и корпускулярного излучения Солнца происходит не просто. Для прогнозирования поведения такого тела необходимы достоверные данные о его свойствах, а их нет. Возможно, они будут получены в 2014 г. по проекту РОЗЕТТА (Ахренс и др., 1987). Даже для подготовки этого проекта нужны были данные о ядре. Такие данные могли быть получены методом лабораторного моделирования комет.

2. Установки для моделирования ядер комет

В экспериментах по лабораторному моделированию важно соблюдать условия подобия. В лабораторных установках не возможно создавать все те условия, при которых находятся естественные кометы, в частности, невозможно имитировать пространственно-временные масштабы комет. Но, в зависимости от решаемой задачи, можно условия эксперимента максимально приблизить к реальным условиям.

Кометы находятся в межпланетной среде, где сверхвысокий и высокий вакуум. Во внутренних областях Солнечной системы, где чаще всего наблюдаются кометы, ядро кометы окутано газопылевым облаком. Из наблюдений комет следует, что на гелиоцентрическом расстоянии $r \approx 1 \text{ а. е.}$ с поверхности ядра кометы испаряется до 10^{18} молекул/см² с. Гравитация ядра незначительна и поэтому происходит свободномолекулярный разлет испаряющихся молекул. Концентрация молекул у поверхности ядра на этом гелиоцентрическом расстоянии достигает 10^{14} молекул/см³ (Добровольский, 1966) и при тепловых скоростях молекул воды $\sim 10^4$ см/с давление газа у поверхности ядра будет порядка 10^{-2} Па. Дезинтеграция ядра происходит в высоком вакууме и при низких температурах, под действием, главным образом, фотонного и корпускулярного излучений Солнца. Следовательно, лабораторная установка для имитации условий ядер реальных комет должна обеспечивать высокий вакуум и свободный разлет продуктов сублимации модели ядра, однородное низкотемпературное поле вокруг модели ядра и обеспечивать излучение, подобное солнечному излучению.

При разработке и создании установок для моделирования кометных явлений нам помог опыт специалистов по разработке и испытанию космической техники (Бреди и Смит, 1964; Карев и Плуныгин, 1964). В частности, выяснилось, что при имитации размер камеры, где проводятся эксперименты, должен на порядок превосходить размер испытываемого образца, камера должна обеспечивать равномерное тепловое низкотемпературное поле и режим свободно молекулярного разлета газа вокруг образца. Эти и другие условия, необходимые для имитации условий ядер комет, мы постарались соблюдать. Описания установок и методики экспериментов даются в публикациях сотрудников лаборатории (Ибадинов и Алиев, 1980; 1984; Алиев, 1986; Ибадинов, 1989, Ибадинов *и др.*, 1987b; 1991; Рахмонов, 2002; Хашимов *и др.* 1989; 1994; Шоекубов, 2002). На этих установках были выполнены эксперименты с несколькими десятками вариантами модели ледяного ядра кометы. Модель ядра из чистых льдов различной природы облучался светом (Ибадинов и Алиев, 1980; Ибадинов и Алиев, 1984; 1987; Ибадинов *и др.*, 1984; Ибадинов, 1989; Рахмонов, 2002), бомбардировался заряженными частицами (Хашимов и Тараканов, 1982; Хашимов и Шоекубов, 1986a; 1986b; Хашимов *и др.* 1989; 1994; Шоекубов, 2002).

3. Основные результаты моделирования и их приложения.

В наших экспериментах (Добровольский *и др.*, 1979; Ибадинов, 1971; 1989; 1998; Ибадинов и Алиев, 1980, Ибадинов *и др.*, 1991) получены количественные данные о равновесной температуре, скорости и теплоте сублимации моделей ядра при условиях, эквивалентных условиям гелиоцентрических расстояний 0.5-3 *а.е.* При сублимации модели ядра из водяного льда, в условиях эксперимента, эквивалентных гелиоцентрическим расстояниям $r < 0.6 \text{ а. е.}$, на его поверхности, в результате перекристаллизации, образуются нитевидные структуры длиной до нескольких миллиметров. Сублимация сопровождается выбросом ледяных частиц. При энергиях инсоляции E (энергии светового пучка, падающего на поверхность модели ядра) 0.025-0.7 Вт/см² равновесная температура T поверхности льда H₂O соответствует 183-203 К. Скорость сублимации Z этого льда в интервале температур 183-213 К находится в пределах (0.8-6.0) 10^{18} молекул/см² с и соответствует теоретически максимальной (коэффициент сублимации $\alpha = 1$), а теплота его сублимации L в указанном интервале температур равна 670 ± 20 Кал / г. При условиях эксперимента, эквивалентных $r = 1 \text{ а.е.}$ ($E = 0.135$ Вт/см²), $T = 197$ К и $Z = 0.8 \cdot 10^{18}$ молекул/см² с.

Для льда CO₂ в интервале энергий инсоляции 0.004-0.20 Вт/см² (эквивалентные r 5.8-0.82 *а.е.*) равновесная температура поверхности лежит в пределах 114-

132 К, а теплота сублимации равна 182 Кал/г. Скорость сублимации льда CO_2 в интервале температур 120-150 К в среднем на два порядка меньше теоретически максимальной и расхождение увеличивается с ростом температуры. Это явление объясняется нарушением критерия Кнудсена. При энергии инсоляции, эквивалентной инсоляции ядра кометы на гелиоцентрическом расстоянии $r = 1 \text{ a.e.}$ температура поверхности льда CO_2 равна 127 К, а скорость его сублимации соответствует $1.3 \cdot 10^{18}$ молекул/см² с (Ибадинов и Алиев, 1980; Ибадинов, 1989).

В экспериментах с запыленным водяным льдом (Каймаков и Шарков, 1967; Каймаков и Ибадинов, 1970, Ибадинов, 1971, 1982; 1998b) было установлено, что при определенных условиях на поверхности льда образуется и разрушается пылевая матрица (корка). Аналогичный процесс происходит и при сублимации водяного льда с примесями из более, чем H_2O , тугоплавких солей и органических веществ (Алиев, 1986; Лизункова, 1984). Мы экспериментально изучили условия образования и разрушения пылевой матрицы, скорости выброса фрагментов матрицы и критическую толщину матрицы, при которой происходит ее разрушение (Ибадинов и Каймаков, 1971). Установлено, что температура запыленного льда растет пропорционально концентрации пыли в его составе, с ростом энергии инсоляции быстро растет частота разрушения матрицы, уменьшается ее критическая толщина, а скорости выброса фрагментов не превосходят нескольких метров в секунду (Ибадинов, 1971; 1989; 1998b).

В экспериментах с конгломератом льдов – замороженных смесей $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$ также получены количественные данные о температуре, скорости и теплоте сублимации и установлено, что при наличии нескольких процентов углекислоты в составе водяного льда сублимация модели сопровождается микровзрывами поверхности с выбросом ледяных частиц (Ибадинов и Алиев, 1984; 1987a). Следовательно, в условиях комет при сублимации ледяного ядра в атмосферу кометы выбрасываются ледяные частицы.

Экспериментальные результаты о температуре, скорости и теплоте сублимации льдов нами были использованы при расчетах фотометрических параметров комет, темпа дезинтеграции и времени их жизни (Добровольский и др., 1979; 1982a; 1983; 1986; Ибадинов, 1979; 1989; 1998; Ибадинов и Алиев, 1989). Выяснилось, что не все варианты ядра из конгломерата льдов и тугоплавких примесей обеспечивают наблюдаемую среднестатистическую газо- и пыле производительность комет и среднее значение фотометрического параметра $n = 3.4$ (Уиппл, 1978) или $n = 4$ (Всехсвятский, 1958) и время жизни комет. Такие параметры обеспечивает ядро из льдов H_2O , CO_2 , CH_3CN , ядро из очень слабо запыленного льда H_2O , когда на поверхности льда не образуется корка или корка квазинепрерывно разрушается. Расчеты показали, что наблюдаемое вековое падение абсолютного блеска короткопериодических комет нельзя объяснить уменьшением радиуса ядра вследствие сублимации льдов ядра. Падение блеска этих комет можно объяснить, если допустить наличие тугоплавкой пористой корки на поверхности ядра.

С целью выяснения роли тугоплавкой корки в тепловом режиме и дезинтеграции ледяного ядра, нами был разработан метод лабораторного моделирования зарастания кометного ядра тугоплавкой коркой (Ибадинов, 1982; 1989; 1993a; 1993b; 1997a; 1997b; 1998a; 1998b; Ибадинов и Рахмонов, 1984; 1986; 1988; 1989; Ибадинов и Алиев, 1987; Ибадинов и др., 1984; 1985; 1987a; 1987b; 1991; 1996; Бабаджанов и Ибадинов, 1999; 2001). Экспериментально были исследованы варианты модели ледяного ядра кометы, состоящие из конгломерата льда H_2O и тугоплавких веществ. В качестве тугоплавких веществ были выбраны минеральные частицы, органические вещества. В экспериментах измерялись температура T образцов модели ядра на различных глубинах и скорости их сублимации Z , отража-

тельная способность их поверхности. Была разработана методика определения толщины корки непосредственно в вакуумной камере, когда продолжалась сублимация льда под действием света. В процессе сублимации льда на поверхности льда образовывались пористые корки. Пористость корки из минеральных частиц обычно находилась в пределах 40-80%, а пористость корок из органических веществ составляла 96-97 процентов. В большинстве случаев плотность корок была меньше 1 г/см^3 , а у корок из органических веществ DL-аланин, DL-треонин и L-валин плотность была ничтожна и составляла всего лишь $0.02-0.03 \text{ г/см}^3$ (Ибадинов *и др.*, 1991). Мы экспериментально изучили фильтрационную способность моделей корки. Коэффициент диффузии газа сквозь поры корки в интервале температур 190-215 К оказался в пределах $10^{-11}-10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ и зависел от температуры.

Установлены следующие важные закономерности:

1. Лед под коркой почти термостатирован и его температура очень слабо зависит от толщины корки. Распределение температуры в корке почти линейно. Перепад температур между подкорковым льдом и поверхностью корки толщиной в 1 см в отдельных случаях достигает 100 градусов;
2. Скорость сублимации Z подкоркового льда обратно пропорциональна толщине корки H ($Z \sim H^{-1}$). Корка толщиной в 1 см уменьшает скорость сублимации льда на один порядок.
3. Толщина образующейся корки, при постоянной энергии инсоляции, пропорциональна корню квадратному от времени инсоляции t ($H \sim t^{1/2}$).

В условиях комет динамическая устойчивость тугоплавкой корки поверхности ядра кометы определяется силой Кориолиса, физико-механическими свойствами корки и давлением продуктов сублимации (Добровольский и Ибадинов, 1971). Сила Кориолиса определяется размером ядра, угловой скоростью его вращения и местоположением корки на поверхности ядра. Данных о физико-механических свойствах корки поверхности ядра нет.

В наших экспериментах (Ибадинов, 1993а; 1993б; 1997а; 1997б; 1998а; 1998б; 1999; 2000; Ибадинов и Рахмонов, 1986; 1988; 1989; Ибадинов *и др.*, 1984; 1985; 1996; 1993б; 1987с; 1989; 1991) мы изучили плотность, механическую прочность и теплопроводность моделей корки при условиях, максимально приближенных к условиям ядер реальных комет. Большинство экспериментов выполнены при условиях, эквивалентных гелиоцентрическим расстояниям ядра кометы в 1-3 *а. е.* Даже при этих ограничениях для получения корок толщиной в 1-2 см непрерывный эксперимент для некоторых образцов модели ядра длился в течение двух-трех недель.

Для исследования механической прочности моделей корки мы разработали методику эксперимента и специальный прибор (Ибадинов *и др.*, 1989). Измерения прочностных характеристик моделей корки на сжатые проводились как вне вакуума, так и в вакууме, в условиях, когда продолжалась сублимация образцов модели ядра, т.е. измерения проводились при условиях, максимально приближенных к условиям реальных комет (Ибадинов *и др.*, 1991). Критическая прочность корок из органических веществ (2-5 кПа) оказалась на порядок меньше, чем у корок из минеральных частиц (15-40 кПа).

Для исследования теплопроводности моделей корки была изготовлена высоковакуумная камера большого размера, где были соблюдены самые основные требования по тепловому моделированию. Как и в предыдущем эксперименте, все измерения температуры моделей корки по их глубине проводились в высокоом вакууме, когда продолжалась сублимация образцов. Эффективная теплопроводность корок незначительна и находится в пределах $0.04-0.1 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ (Ибадинов *и*

др., 1991).

По специальной методике был исследован коэффициент отражения видимого света от поверхностей модели ядра и модели корки. В частности, для поверхности корки из графитовых частиц получено, что коэффициент отражения равен 0.05.

Кроме стационарной активности, поддающейся прогнозированию, кометы проявляют еще и нестационарную активность, часто не поддающуюся прогнозированию. Часть нестационарных явлений комет связана с активными процессами в кометном ядре. К таковым относятся и газопылевые струи (джеты). Нами (Ибадинов и Рахмонов, 1996а; 1996б; 2000; 2002; Ибадинов *и др.*, 1996; Рахмонов, 2002), путем лабораторного моделирования, исследован один из возможных механизмов образования газопылевых струй на поверхности ледяного ядра кометы. Выполнены эксперименты с моделью ядра из водяного льда, содержащего локальные неоднородности из твердой углекислоты, из ацетона и тугоплавких минеральных частиц. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что наличие локальной неоднородности из более легкоплавкого вещества, чем H_2O в составе ядра, при определенных условиях приводит к образованию этих струй на поверхности ядра.

Некоторые нестационарные явления комет, такие как вспышки их яркости, плазменные неоднородности связаны с солнечной активностью, т.е. с корпускулярным излучением Солнца. В программе ЛЭА были предусмотрены эксперименты по моделированию воздействия солнечного ветра с кометным веществом. Эти эксперименты имеют свою специфику. Методика экспериментов, вакуумные камеры, где имитируется бомбардировка поверхности модели ядра корпускулами, методы регистрации и анализа продуктов взаимодействия (Хашимов и Тараканов, 1982; Хашимов и Шоекубов, 1986; 1989; Хашимов *и др.*, 1989; 1994, Шоекубов, 2002) значительно отличаются от экспериментов по облучению модели ядра светом.

Эксперименты показали, что при бомбардировке поверхности льда H_2O электронами, в зависимости от энергии электронов, поверхность льда заряжается отрицательно или положительно. Это влияет на скорость сублимации льда (Хашимов и Тараканов, 1982). На больших гелиоцентрических расстояниях, этот эффект может привести к колебанию яркости кометы.

Большую роль в кометных явлениях играют ионы солнечного ветра. Нами выполнены лабораторные эксперименты по бомбардировке поверхности льдов из H_2O , CO_2 и конгломерата льдов ионами. Продукты распыления были изучены масс-спектральным методом. В высоковакуумной камере при низких температурах была смоделирована конденсация паров разных веществ и получены пленки льда из конгломерата льдов $H_2O + CO_2$ и отдельно из конгломерата $H_2O + C_2H_2$. Эти пленки, конденсированные на подложках, бомбардировались ионами аргона энергией до 2 кЭв. Продукты распыления исследовались масс-спектрометром и было установлено образование многочисленных положительных и отрицательных ионов и ионно-молекулярных кластеров. После полного испарения льдов на подложке оставалась темная очень тугоплавкая пленка. Масс-спектральный анализ вещества этой пленки показал, что она состоит, главным образом, из молекулярного углерода больших кластеров. Следовательно, в условиях комет графитоподобные тугоплавкие вещества могут образовываться в результате ионно-молекулярных реакций под действием корпускул солнечного ветра. Результаты этих экспериментов позволили предсказать наличие отрицательных ионов в кометах (Добровольский *и др.*, 1981; 1982b). Результаты достаточно ясно указывают на вероятный механизм образования пылевых частиц в кометах и тугоплавкой корки поверхности ядра.

Имеются и другие механизмы образования тугоплавких частиц в кометах.

Например, Долгинов (1972), по аналогии с межзвездными частицами, предложил конденсационный механизм образования пылевых частиц в кометах, согласно которому в условиях комет, где много молекулярного углерода в атмосфере, пыль может образоваться вследствие конденсации молекул углерода. В ЛЭА этот механизм был проверен путем лабораторного моделирования. Методом распыления поверхности твердого графита создавалось облако молекулярного углерода, которое осаждалось на подложке (Ибадов *и др.*, 1980; Ибадов, 1996). Эксперименты показали, что действительно в пересыщенном паре углерода происходит процесс формирования графитовых пылевых частиц.

Исследования падения абсолютного блеска короткопериодических комет привели к выводу о наличии тугоплавкой корки на поверхности ядер части этих комет (Добровольский *и др.*, 1984, 1986, Ибадинов, 1998; Кресак и Кресакова, 1990). Результаты наших лабораторных экспериментов привели к заключению, что на поверхности ледяного ядра кометы и в атмосфере кометы образуются тугоплавкие вещества в виде пленки или частиц. Эти вещества накапливаются на поверхности ядра и могут образовать тугоплавкую пористую корку. В экспериментах мы выявили закономерности образования такой корки, количественно определили физико-механические свойства моделей корки (Ибадинов *и др.*, 1982а; 1982б) и выяснили роль корки в сублимации кометного льда. Было логично на основе результатов лабораторного моделирования изучить эволюцию короткопериодической кометы.

Данные об альбедо (0,03-0,06) и температуре (320-400 К) поверхности ядра кометы Галлея, полученные во время миссий КА ВЕГА-1, 2 и Джотто (Сагдеев *и др.*, 1986; Рейнхард, 1986; Мороз, 1987) и результаты наших экспериментов с моделью ядра свидетельствуют о том, поверхности ядра этой кометы покрыто пористой коркой из графитоподобного вещества.

Мы выполнили численное моделирование теплового режима и темпов дезинтеграции ядра кометы, имеющей орбиту, аналогичную орбите кометы Галлея (Ибадинов *и др.*, 1991, 1993а, 1993б; 1999, 2001а; 2001б). Был выбран вариант ядра из льда H_2O , содержащий графитовые частицы. Расчеты показали, что уже после первого оборота кометы вокруг Солнца на поверхности ядра образуется корка толщиной более 5 см и производительность газа резко падает на несколько порядков. Температура льда H_2O под коркой не превосходит 230 К, слабо зависит от гелиоцентрического расстояния r и очень слабо зависит от толщины корки. Температура поверхности корки меняется с r примерно как $T \sim r^{-1/2}$ и в точке перигелия орбиты ($\approx 0,6$ а.е.) температура подсолнечной части поверхности достигает 470 К.

Сравнение результатов лабораторных экспериментов и численного моделирования с данными ВЕГА-1,2 и Джотто дают основание считать, что при $r \approx 0,8$ а.е. (расстояние кометы в момент пролета КА через голову кометы) максимальная температура поверхности корки ядра кометы Галлея соответствует 360 ± 10 К. Ядро сплошь покрытое минеральной коркой не обеспечивает производительность газов и пыли в комете Галлея. Примерно 15% поверхности ядра должна быть свободной от корки (пятнистое ядро) или корка должна непрерывно разрушаться. Давления насыщенного пара водяного льда недостаточно для разрушения корки с прочностными характеристиками, полученными в наших экспериментах. Корка может разрушиться, если подкорковый водяной лед будет содержать несколько процентов веществ, более легкоплавких, чем водяной лед, например, углекислоты или окиси углерода, которые наблюдаются в атмосфере кометы Галлея (Кранковский, 1991). В противном случае, при сплошном зарастании ядра тугоплавкой коркой, через несколько десятков оборотов короткопериодической кометы вокруг Солнца на поверхности ядра образуется корка толщиной более 20 см, комета

угаснет и превратится в астероид 16-18 звездной величины. Угасшие кометы – кометоастероиды – могут проявить себя как комета вновь, если произойдет обнажение части поверхности ядра, например, вследствие столкновения ядра с другими телами. Такие объекты обнаружены (Бабаджанов, 1998; Ибадинов, 1998, 1999, 2000a; 2000b; 2000c; 2000d; 2001a; 2001b; 2001c).

ЛИТЕРАТУРА

- Алиев С., 1986. Исследование дезинтеграции ледяных кометных ядер. Кандидатская диссертация, Душанбе, – 139 с.
- Ахренс *и др.*, 1987, всего 22 автора – Ahrens T.J. et al. ROSETTA (The comet nucleus sample return mission), SCI (87) 3, Noordwijk, The Netherlands, -64.
- Бабаджанов, 1998 – Babadzhanov P.B. Meteor showers associated with the Taurid complex asteroids // *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, Vol. 69, pp. 221-234.
- Бабаджанов и Ибадинов, 1999 – Babadzhanov P.B., Ibadinov Kh.I. The general results and a perspective of NEO investigations from Earth in the Tajikistan // *Proc. UN 3 Conference on Space investigation, Austria, Vienna*.
- Бабаджанов П.Б., Ибадинов Х.И., 2001. Основные результаты и перспектива изучения околоземных объектов наземными методами в Таджикистане // В сб.: «Космические исследования, технологии и конверсия». Узбекистан, Ташкент, «Узбеккосмос», с. 6.
- Бирман Л., Люст Р., 1968 – Взаимодействие солнечного ветра с кометами (естественными и искусственными) // В кн.: Солнечный ветер. М.: Мир, с. 393-403.
- Бреди, Смит Х., 1964. Некоторые вопросы проектирования вакуумных камер для имитации условий космического пространства // *Вопросы ракетной техники*, № 10, с. 53-67.
- Всехсвятский С.К., 1958. Физические характеристики комет. М.: Физматгиз, – 575 с.
- Вурм, 1934 – Wurm K. Beitrag zur Dentung der Vorgänge in Kometen. I. // *Zs. Af.*, Bd. 8, No. 51, S. 281-291.
- Грюн Е. *и др.*, всего 25 авторов, 1991 – Grün E. et al. Laboratory simulation of cometary processes: Results from first KOSI experiments. In: *Comets in Post-Halley Era* (R.L. Newburn Jr. et al. eds.). Dordrecht / Boston / London, Vol. 1, p. 277-297.
- Дельзем, 1982 – Delsemme A.H. Chemical composition of cometary nuclei // *Comets*, pp. 85-130.
- Добровольский О.В., 1966 – *Кометы*. М.: Наука, – 288 с.
- Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., 1971. Разрушение поверхностной пылевой матрицы кометного ядра // *Доклады АН ТаджССР*, Т.9, № 12, с. 16-19.
- Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Алиев С., 1979. Сублимация моделей кометного ядра из твердого CO₂ и замороженных водных растворов некоторых органических соединений // *Доклады АН ТаджССР*, Т. 22, № 6, с. 346-348.
- Добровольский О.В., Хашимов Н.М., Ибадинов Х.И., Тараканов В.Л., 1981. Об отрицательных ионах в кометах // *ДАН ТаджССР*, Т. 24, № 9, с. 543-547.
- Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Алиев С., Герасименко С.И., 1982а. Время жизни ледяных кометных ядер и вековое падение блеска периодических комет // *Сб. Физика и динамика малых тел Солнечной системы*. Душанбе. с. 6.
- Добровольский *и др.*, 1982b – Dobrovolsky O.V., Hashimov N.M., Ibadinov Kh.I. On negative ions in comets // In: *Cometary exploration. Part I*, Budapest, Hungary, pp. 235-242.
- Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Алиев С., Герасименко С.И., 1983. Время жизни ледяных кометных ядер и вековое падение блеска периодических комет // *Доклады АН ТаджССР*, Т. 26, № 1, с. 25-29.
- Добровольский О.В., Ибадинов Х.И., Герасименко С.И., 1984. Вековое падение блеска и строение ядер периодических комет // *Доклады АН Тадж. ССР*, Т. 27, № 4, с. 198-200.
- Добровольский *и др.*, 1986 – Dobrovolsky O.V., Ibadinov Kh.I., Aliev S., Gerasimenko S.I. – Thermal regime and surface structure of periodic comet nuclei // In: *Exploration of Halley's Comet* (Proc. 20th ESLAB Symp., B. Battick, E.J. Rolfe and R. Reinhard eds.). The Netherlands, ESA SP-250, Vol. II, pp. 389-394.
- Долгинов А.З., 1972. Образование пылинок в атмосфере кометы в результате конденсации газа // *АЖ*, Т. 44, вып. 2, с. 434-438.

Донн и Юри, 1956 – Donn B., Urey H.C., On the mechanism of the comet outbursts and the chemical composition of comets // *Ap. J.*, Vol. 125, No. 2, pp. 339-342.

Донн, 1963 – Donn B. The origin and structure of ice cometary nuclei // *Icarus*, Vol. 2, No. 5, pp. 396-402.

Ибадинов Х.И., 1971. Исследование пылевой компоненты комет // Диссертация на соискании ученой степени кандидата физ.-мат. наук, Душанбе, 141 с.

Ибадинов Х.И., 1979. Сопоставление фотометрических формул Орлова и Всехсвятского // *Кометный циркуляр*, Киев, No. 247, с. 3.

Ибадинов Х.И., 1982а. Вероятные гелиоцентрические расстояния, где разрушается матрица поверхности кометных ядер и вероятность вторжения фрагментов матриц в метеорную зону атмосферы Земли // *Сб. Физика и динамика малых тел Солнечной системы*. Душанбе, с. 13.

Ибадинов Х.И., 1982б. Прочность пылевых матриц, образующихся при сублимации запыленных льдов // *Кометы и метеоры*, № 34, с. 19-23.

Ибадинов, 1989 – Ibadinov K.I. Laboratory investigations of the sublimation of comet nucleus models // *Adv. Space Res.*, London 1989, Vol. 9 (3), pp. 97-112.

Ибадинов Х.И., 1993а. Заращение кометного ядра тугоплавкой коркой // *Доклады АН Республики Таджикистан*, Т.36, № 3, с. 182-185.

Ибадинов, 1993б – Ibadinov Kh.I. The surface structure of short period comets nuclei // In: *Meteoroids and their Parent bodies* (J. Stohl and I.P. Williams eds.), Slovakia, Bratislava, pp. 373-376.

Ибадинов Х.И., 1997а. Физико-механические и теплофизические свойства кометных ядер // В сб. *Физика конденсированных сред* (тез. докладов одноименной международной конференции), Душанбе, ТГНУ, с.48.

Ибадинов Х.И., 1997б. Свойства поверхности кометного ядра, вытекающие из результатов лабораторного моделирования // *Труды IV съезда Европейско-Азиатского астрономического общества*, Москва, МГУ, ГАИШ, с. 306-315.

Ибадинов, 1998а – Ibadinov Kh.I. Cometary nucleus simulation in the Tajikistan // *Abstracts 168 Colloquium of IAU, Chine, Nanjing, 18-22 May 1998*, p. 16.

Ибадинов Х.И., 1998б. Дезинтеграция кометных ядер. Докторская диссертация. Москва. ИКИ РАН. 296 с.

Ибадинов, 1999 – Ibadinov Kh.I. Growth of a refractory mantle on a cometary nucleus and evolution of the nucleus into an asteroid-like body // *Solar System Research*, Vol. 33, No. 4, pp. 319-323.

Ибадинов Х.И., 2000а – Ibadinov Kh.I. The properties of the nucleus of short-period comets dangerous for the Earth // In: *Catastrophic Events Conference, Austria, Vienna, sess. 10. 3009*. pdf.

Ибадинов, 2000б – Ibadinov Kh.I. Laboratory investigation of the properties of cometary nuclei and asteroids – a potential objects for study «in-situ» // *Abstracts of the 9th UN/ESA Workshop on basic space sciences, France, Toulouse*.

Ибадинов Х.И., 2000с – Ibadinov Kh.I. Cometo-asteroidal (Comaster) objects in the Solar system // In: *International Congress on Ghiyath Al-Din Jamshid Kashani, Kashan, Iran*, pp. 20-23.

Ибадинов, 2000д – Ibadinov Kh.I. The evolution of short-period comet into asteroid-like body // *Proc. Regional Conference «Tusi-800»*, Iran Tabriz.

Ибадинов Х.И., 2001а. Комето-астероидальные объекты в Солнечной системе // В сб.: *«Космические исследования, технологии и кон версия*, Узбекистан, Ташкент, «Узбеккосмос», с. 7.

Ибадинов Х.И., 2001б. Эволюция периодических комет в астероидоподобные тела // *Тезисы докладов Научной сессии, посвященной 50-летию Академии наук Республики Таджикистан*, Душанбе, АН РТ, 2001, с. 73-75.

Ибадинов Х.И., 2001с. Эволюция периодических комет в астероидоподобные тела // *Известия Академии наук Республики Таджикистан, Отделение физико-математических, химических и геологических наук*. № 1. с. 75-86.

Ибадинов Х.И., Алиев С., 1980. Исследование дезинтеграции модели кометного ядра из льда CO₂ путем лабораторного моделирования // *Кометы и метеоры*, № 27, с. 12-23.

Ибадинов Х.И., Алиев С., 1984. Лабораторное исследование сублимации модели ядра кометы из конгломерата льдов H₂O, CO₂ и NH₃ // *Кометы и метеоры*. № 36. с. 35-37.

Ибадинов и Алиев, 1987а – Ibadinov Kh.I, Aliev S. Sublimation characteristic of H₂O

comet nucleus with CO₂ impurities // In: Diversity and Similarity of Comets (E.J. Rolfe and B. Battrock eds.). The Netherlands, ESA SP-278, pp. 717-719.

Ибадинов Х.И., Алиев С.А., Рахмонов А.А., 1982. Скорость роста и прочность пылевых и органических матриц поверхности кометных ядер // Тезисы докладов Всесоюзной конференции по физике и динамике малых тел Солнечной системы, Душанбе, с. 10-11.

Ибадинов Х.И., Алиев С., Рахмонов А.А., 1984. Матрицы сверхнизкой плотности и прочности на поверхности ледяных кометных ядер // Кометный циркуляр, Киев, № 330, с. 3-4.

Ибадинов Х.И., Алиев С.А., Рахмонов А.А., 1985. Скорость образования и физико-механические свойства органических матриц на поверхности моделей кометного ядра // Доклады АН Тадж. ССР, Т. 28, № 1, с. 21-24.

Ибадинов и др., 1987с – Ibadinov Kh.I., Aliev S.A., Rahmonov A.A. Physical-mechanical properties of matrixes on the comet nuclei surface models // In: Diversity and Similarity of Comets (E.J. Rolfe, B. Battrock eds.). The Netherlands, ESA SP- 278, pp. 713-716.

Ибадинов Х.И., Каймаков Е.А., 1970. Образование и разрушение пылевых матриц при сублимации запыленного льда // Кометы и метеоры, № 19, с. 20-24.

Ибадинов Х.И., Оказов А.М., Мильман М.Б., 1982. Диэлектрическая проницаемость ледяных моделей кометного ядра // Сб. Физика и динамика малых тел Солнечной системы. Душанбе, с. 12.

Ибадинов Х.И., Рахмонов А.А., 1986. Экспериментальное исследование теплопроводности модели пылевой матрицы на поверхности моделей кометного ядра // Кометный циркуляр, Украина, Киев, № 360, с. 4.

Ибадинов и др., 1987b – Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A., Aliev S.A. Laboratory investigation of thermal conductivity of dust crust model on the ice comet nuclei surface // In: Interplanetary mater (Z. Seplecha and P. Pecina eds.). Czechoslovakia, Praha, pp. 55-57.

Ибадинов Х.И., Рахмонов А.А., 1988. Лабораторное моделирование поверхностного слоя ядра кометы Галлея // Кометный циркуляр, № 395, С. 4.

Ибадинов Х.И., Рахмонов А.А., 1989. Лабораторное и численное моделирование поверхностного слоя ядра кометы Галлея // Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Методы исследования, движения, физики и динамики малых тел Солнечной системы». Душанбе, с. 31-32.

Ибадинов Х.И., Алиев С., 1989. Температура кометных ядер из льдов H₂O и CO₂ // Кометы и метеоры, № 39 С. 9-16.

Ибадинов Х.И., Алиев С.А., Рахмонов А.А., 1989. Устройство прибора и техника измерения прочностных свойств матриц в вакууме при лабораторном моделировании кометных явлений // Кометы и метеоры, № 39, с. 31-35.

Ибадинов и др., 1991 – Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A., Bjasso A.S.H. Laboratory simulation of cometary structures // In: Comets in the Post - Halley Era (R.L. Newburn Jr. et al. eds.). Dordrech / Boston / London, Vol. 1, pp. 299-311.

Ибадинов и др., 1996 – Ibadinov Kh.I., Rahmonov A. A., Håshimov N.M., Shoyokubov Sh. Sh. Some possible properties of cometary nucleus surface inferred from simulation experiments // Abstracts 31th COSPAR Scientific Assembly, 14-21 July, 1996. – England, Birmingham, p. 63.

Ибадинов и Рахмонов, 1996a – Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A. Active process in cometary nuclei // Abs. of the International Symposium «Asteroids, Comets, Meteoroids», France, Paris.

Ибадинов и Рахмонов, 1996b – Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A. Active process in cometary nuclei. Prognosis possibility // Abs. 31th Scientific Assembly of COSPAR, England, Birmingham, p. 71.

Ибадинов и Рахмонов, 2000. Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A. Laboratory studies of gas-dust jets formation on cometary nucleus surface // In: Abstracts of the 33 rd COSPAR Scientific Assembly, Poland, Warsaw.

Ибадинов и Рахмонов, 2002 – Ibadinov Kh.I., Rahmonov A.A. Laboratory studies of gas-dust jet formation on cometary nucleus surface // Adv. Space Res., Vol. 29, No. 5, pp. 705-708.

Ибадов С.И., Кадыров Н., Насридинов А., 1980. О получении паров углерода ионной бомбардировкой // Кометы и метеоры, № 27, с. 24-31.

Ибадов С.И., 1996. Физические процессы в кометах и родственных объектах. М.: Космосинформ, – 181 с.

Каймаков Е.А., 1974. Возможные родительские молекулы кометных ядер // Проблемы

космической физики, выпуск 4. Киев, с. 141-158.

Каймаков Е.А., Шарков В.И., 1967. Поведение воляного льда в вакууме при низких температурах // *Кометы и метеоры*, № 15, с. 16-20.

Каймаков Е.А., Ибадинов Х.И., 1971. К вопросу о действии света на запыленные льды // *Кометы и метеоры*, № 20, с. 9-13.

Карев В.И., Плуныгин А.М., 1964. Динамические стенды для физического моделирования систем управления летательных аппаратов (обзор) // *Вопросы ракетной техники*, № 10, с. 38-52, № 11, с. 44-76, № 12, с. 62-81.

Кранковский, 1991 – Krankovsky D. The composition of comets // In: *Comets in the Post-Halley Era* (R.L. Newburn Jr. et al. eds.), Dordrech / Boston / London, Vol. 2, pp. 855-877.

Кресак и Кресакова, 1990 – Kresak L., Kresakova M. The absolute magnitudes of periodic comets. Statistical Analysis // *Bull. Astron. Inst. Czechoslov.*, Vol. 41, No. 1, pp. 1-17.

Лизункова И.С., 1984. Моделирование пылеобразования в условиях комет. Кандидатская диссертация, Ленинград, - 218 с.

Мороз В.И., 1987. Научные результаты миссии «ВЕГА» // *Космические исследования*, Т. 25, с. 643-648.

Норберт И.К., 2003 – Norbert I. Kömle. Cometary surface processes: experiments and theory // *Graz, Austria*, -34 p.

Рахмонов А.А., 2002. Экспериментальное исследование эволюции ледяных ядер комет с тугоплавким минеральным поверхностным слоем. Автореферат кандидатской диссертации, Душанбе, 15 с.

Рейнхард, 1986 – The Giotto encounter with comet Halley // *Nature*, Vol. 321, No. 6067, pp. 313-318.

Сагдеев и др. 1986 – Sagdeev R.Z. et al., всего 6 автора. Vega spacecraft encounter with comet Halley // *Nature*, Vol. 321, No. 6067, pp. 259-262.

Шкловский И.С., 1960 – Искусственная комета как метод оптических наблюдений космических ракет // *Искусственные спутники Земли*, М.: Наука, вып. 4, с. 195.

Шокубов Ш.Ш., 2002. Экспериментальное исследование образования сложных веществ в кометах под действием частиц солнечного ветра. Автореферат кандидатской диссертации, Душанбе, 16 с.

Шульман Л.М., 1972. Динамика кометных атмосфер. Нейтральный газ. Киев: Наукова думка, 242 с.

Шульман Л.М., 1987. Ядра комет. М.: Наука, 323 с.

Уиппл Ф., 1950 – Whipple F.L. A comet model. I. The acceleration of Comet Enke // *Ap. J.*, Vol. 111, No. 2, pp. 375-394.

Уиппл Ф., 1951 – Whipple F.L. A comet model. II. Physical relations for comets and meteors // *Ap. J.*, V. 113, No. 3, pp. 464-474.

Уиппл Ф., 1953 – Whipple F.L. On the icy conglomerate model for comets // *La Physique des Comètes*. Louvain: Institut d' Astrophys. Univ. Lie'ge, pp. 281-288.

Уиппл Ф., 1963 – Whipple F.L. On the structure of the cometary nucleus // *The Moon, Meteorites, and Comets* (B. M. Middlehurst and G.B. Kuiper, eds.), Chicago and London University Chicago Press, pp. 639-664.

Уиппл Ф., 1976 – Whipple F.L. The nucleus: panel discussion // *The Study of Comets*. Proc. of IAU Coll. 25 (B. Donn et al. eds), Washington: NASA, SP-393, 1083 p.

Уиппл Ф., 1978 – Whipple F.L. Cometary brightness variation and nucleus structure // *Moon and Planets*, Vol. 18, No. 3, pp. 343-359.

Хашимов Н.М., Тараканов В.Л., 1982. О влиянии заряда поверхности ледяных пылинки и ядра на скорость их сублимации // *Кометы и метеоры*, № 32, с. 3-9.

Хашимов Н.М., Шокубов Ш.Ш., 1986. Лабораторное моделирование образования ионно-молекулярных кластеров в кометных ядрах // *Доклады АН Республики Таджикистан*, Т. 29, № 7, с. 402-405.

Хашимов и Шокубов, 1986 – Hashimov N.M., Shoyokubov Sh. Sh. Laboratory modeling of ion-molecular cluster production in cometary nuclei // In: *Exploration of Halley's Comet* (Proc. 20th ESLAB Symp., B. Battrock, E.J. Rolfe and R. Reinhard eds.). The Netherlands, ESA SP-250, Vol. III, pp. 189-190.

Хашимов Н.М., Ибадинов Х.И., Шокубов Ш.Ш., 1989. Масс-спектральное исследование ионного распыления ледяных моделей кометных ядер // *Кометы и метеоры*, № 39, с. 29-30.

Хашимов Н.М., Шоекубов Ш.Ш., 1989. Лабораторное моделирование образования ионно-молекулярного углерода в кометах // Доклады АН Республики Таджикистан, Т. 32, № 1, с. 22-25.

Хашимов Н.М., Ибадинов Х.И., Шоекубов Ш.Ш., 1994. Лабораторное исследование возможности образования тугоплавких веществ в кометах // Доклады АН Республики Таджикистан, Т. 37, № 1, с. 16-19.

P.S. Комета Темпеля 1, по скорости векового падения абсолютного блеска, нами была включена в список комет, ядро которых покрыто тугоплавкой пористой коркой (Добровольский и др., 1984). Телескоп «Хабл» подтвердил темную поверхность ядра кометы. 4 июля 2005 г. состоялось столкновение медного снаряда весом 370 кг с ядром этой кометы (проект Deep Impact). Снаряд разрушил часть корки поверхности ядра и обнажил поверхность льда и на короткое время у кометы появилась развитая атмосфера.

УДК 523.6

Х.И.ИБАДИНОВ¹, А.А.РАХМОНОВ², А.М.БУРИЕВ¹

**ДЕЛЕНИЕ ЯДРА КОМЕТЫ ВЕСТА С/1975 V1
И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

Институт астрофизики Академии наук Таджикистана¹,
Таджикский государственный национальный университет²,

Исследуется связь синхронных образований в хвосте кометы 1975 V1 с делением ядра кометы. По фотометрическим данным, методом Кресака, оценены размеры ядра и 4-х его фрагментов. Размеры фрагментов соответствуют размерам ядер небольших комет. В пылевом хвосте кометы отождествлены до 13 «концевых синхрон». Методом Ибадинова определены время выброса частиц этих синхрон из сферы действия ядра и значения их эффективных ускорений. Сделано заключение, что «концевые синхроны» состоят из субмикронных и микронных пылевых частиц, которые выброшены из ядра вследствие его деления возле перигелия орбиты и число «концевых синхрон» может указать на число относительно крупных осколков ядра. Такое ядро на короткое время представляет рой льдистых глыб. Возможно, что ядро кометы 1975 V1 разделилось на 13 относительно крупных осколков.

**SPLITTING OF THE NUCLEUS OF COMET WEST C/1975 V1 AND POSSIBLE
CONSEQUENCES, by Kh.I.Ibadinov, A.A.Rahmonov and A.M.Buriev**

The connection between synchronous formations in dust tail of comet 1975 V1 and splitting of comet nucleus was studied. On the basis of photometrical data the size of nucleus and the sizes of 4 its fragments were found by Kresak's method. The sizes of fragments are equal to size of nucleus of typical little comet. In comet dust tail up to 13 synchronous (dust bands) were identified. The time of ejection of particles from the nucleus and their effective accelerations were founded by the Ibadinov's method. It is shown that the synchronous consist of submicron and micron dust particles, which ejected from nucleus and from nucleus fragments near perihelion region of comet orbit. Number of synchronous can indicate on the number of nucleus fragments after its splitting. Such nucleus is similar to swarm of blocks of ice. It is possible that the nucleus of comet 1975 V1 splited on 13 comparatively large blocks.

Комета Веста 1975 V1 (открыта Р.Вестом в октябре 1975 г.) оказалась яркой и замечательной кометой XX века. В марте 1976 г. голова кометы, светилась как планета Венера. У кометы зарегистрирована значительная активность. Например, до и после перигелия наблюдались вспышки интегральной яркости кометы, а в марте 1976 г., т.е. после перигелия зарегистрированы деление ядра кометы и многочисленные «концевые синхроны» в хвосте кометы.

Целью настоящей работы является изучение связи синхронных образований в хвосте кометы с делением её ядра.

В различных обсерваториях мира получены качественные фотографии четырёх фрагментов ядра. Секанина (Sekanina, 1976, 1982, 1991) определил скорости разбегания фрагментов ядра и время t отделения каждого фрагмента от основного ядра (Таблица 1) и пришел к выводу, что первое деление ядра (фрагменты A и D) произошло за 11,5 суток до момента T прохождения кометой точки перигелия орбиты (25.2216 М.В. февраля 1976 года). По его результатам, последующие деления ядра произошли вблизи перигелия орбиты и после перигелия. 22 февраля от фрагмента A отделилось ядро B , а после прохождения кометой точки перигелия орбиты отделилось еще одно ядро – C , которое наблюдалось до 28 марта и затем исчезло.

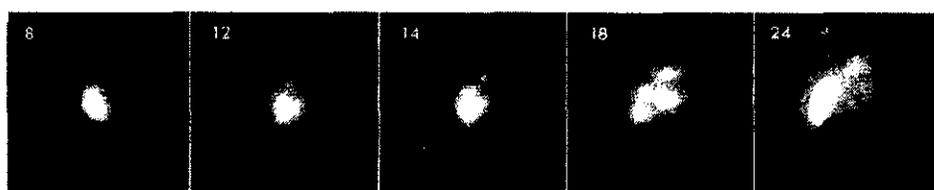


Рис. 1. Фотографии фрагментов ядра кометы Веста 1975 V1 (фотографии в жёлто-зелёных лучах получили С.Мурелл и К.Кнаклес в обсерватории Мексиканского государственного университета 8, 12, 14, 18 и 24 марта 1976 г.).

Таблица 1

| Главное ядро | Вторичное ядро | $t - T$ | Относительное ускорение |
|--------------------------|----------------|-------------------|-------------------------|
| <i>A</i> | <i>D</i> | -11.50 ± 0.36 | 2.85 ± 0.03 |
| <i>A</i> | <i>B</i> | -2.69 ± 0.09 | 5.19 ± 0.02 |
| <i>A</i> | <i>C</i> | $+9.54 \pm 0.29$ | 38.0 ± 2.7 |
| Возможен второй вариант: | | | |
| <i>D</i> | <i>B</i> | $+1.51 \pm 0.15$ | 4.30 ± 0.12 |

По визуальным оценкам В.Хелмса (Sekanina, 1976) 18 марта яркость всех четырёх фрагментов ядра (*A*, *B*, *C* и *D*) кометы была примерно одинакова и составляла $+6^m.7$. Затем фрагмент *C* стал быстро ослабевать и 28 марта исчез, а фрагмент *B* «вспыхнул» 29 марта и в начале апреля его яркость резко упала на несколько звёздных величин. Между 1 и 3 апреля наиболее ярким был фрагмент *D*, но затем и он по своей яркости стал уступать фрагменту *A*.

На основе данных о яркости фрагментов ядра мы оценили их размеры. Если каждый отдельный фрагмент ядра рассматривать как отдельную комету, то можно оценить диаметр *D* каждого фрагмента по его звездной величине. Согласно Кресаку (Kresak, 1974):

$$\lg D = 2.1 - 0.2m_0, \text{ (км)} \quad (1)$$

$$m_0 = m - 5 \lg \Delta - 2.5n \lg r, \quad (2)$$

где m_0 – абсолютная звездная величина, Δ и r – геоцентрическое и гелиоцентрическое расстояние кометы, соответственно n – фотометрический параметр, характеризующий скорость изменения яркости с изменением гелиоцентрического расстояния кометы.

По наблюдениям кометы после перигелия, для головы кометы получены (Андриенко, Карпенко, 1987) следующие фотометрические параметры $m_0 = 4^m.82 \pm 0^m.04$ и $n = 3.38 \pm 0.05$. Подставляя эти величины в (1) находим диаметр ядра в целом $D = 13.5$ км. Теперь, для оценки размера фрагментов ядра, используем тот же подход. Яркость фрагментов ядра менялась не одинаково. Так, яркость фрагмента *C* быстро упала и 22 марта она соответствовала 12^m . В это время комета находилась на расстоянии $r = 0.809$ а. е. от Солнца и $\Delta = 1.046$ а. е. от Земли. Следовательно, из (1) и (2), при $n = 3.38$, для фрагмента *C* имеем $m_0 = 12^m.7$ и $D_C = 0.37$ км. Яркость фрагмента *B* достигла 12^m в начале апреля, когда расстояния кометы до Солнца и до Земли были соответственно $r = 1.056$ а. е., и $\Delta = 1.137$ а. е. Это дает $m_0 = 11^m.5$ и $D_B = 0.6$ км. Относительно стабильными фрагментами у кометы были фрагменты *A* и *D*. Возможно, они являются первоначальными фрагментами ядра и два других образовались от них. 30 марта 1976 года фрагменты *A* и *D* имели близкую яркость, равную примерно 8 звездной величине. В это время у кометы было $r = 0.991$ а. е. и

$\Delta = 1.116$ а. е. Из (1) и (2), получаем $m_0 = 7^m.7$ и $D_A \approx D_D \approx 3.6$ км. Численные значения размеров ядра и его фрагментов приведены в таблице 2. Видно, что размеры фрагментов соответствуют размерам ядер небольших комет.

Таблица 2

| Фрагменты | m_0 | D , км |
|-----------|-----------|----------|
| Ядро | $4.^m.82$ | 13.5 |
| A | $7.^m.7$ | 3.6 |
| B | $11.^m.5$ | 0.6 |
| C | $12.^m.5$ | 0.4 |
| D | $7.^m.7$ | 3.6 |

Значительная активность кометы C/1975 V1 проявилась и в её пылевом хвосте. После прохождения кометой точки перигелия орбиты в её хвосте наблюдались до 13 синхронных образований (Ибадинов, Нозимов, 1989). Обобщенным методом решения обратной задачи механической теории кометных форм (Ибадинов, 1981) определены (Ибадинов, Нозимов, 1989) моменты выброса t_i и эффективные ускорения $(1 + \mu)$ частиц этих синхронных образований. В таблице 3 приведены номера (N) концевых синхрон от ядра кометы, моменты t_i выброса вещества крайних частей этих синхрон из сферы действия ядра и значения эффективного ускорения частиц синхрон. Имеются численные расчёты значений $1 + \mu$ различных частиц (Гиндиллис и др., 1969). Значения $1 + \mu$ таблицы 1 указывают на то что «концевые синхронны» хвоста кометы Веста состоят из силикатных или графитовых частиц примерно микронного размера. Согласно значениям t_i , эти частицы были выброшены из сферы действия ядра тогда, когда комета находилось в районе перигелия своей орбиты. На этом же участке орбиты произошли и деления ядра (таблица 1).

Сравнение моментов деления ядра на фрагменты (таблица 1) с моментами выброса t_i вещества синхронных образований (таблица 3) приводит к заключению, что синхроны являются следствием деления ядра кометы. В результате деления ядра и затем его осколков не менее 13 раз произошли крупномасштабные синхронные выбросы облаков пыли из ядра и из его осколков.

Таблица 3

| N п/п | t_i | $1 + \mu$ | N п/п | t_i | $1 + \mu$ |
|-------|----------------|-----------|-------|----------------|-----------|
| 1 | | – | 8 | $27^d, 03$ | 1,07 |
| | III, $0^d, 86$ | 1,86 | | II, 27, 31 | 1,46 |
| 2 | III, 0, 06 | 1,31 | 9 | II, 26, 7 | 0,99 |
| | 0, 24 | 2,20 | | 27, 17 | 1,54 |
| 3 | II, 28, 38 | 1,62 | 10 | 26, 46 | 0,96 |
| | 28, 57 | 2,26 | | 26, 85 | 1,42 |
| 4 | 27, 96 | 1,36 | 11 | 26, 24 | 0,98 |
| | 28, 25 | 2,14 | | 26, 68 | 1,46 |
| 5 | 27, 71 | 1,28 | 12 | 26, 23 | 0,93 |
| | 27, 93 | 1,76 | | 26, 49 | 1,33 |
| 6 | 27, 55 | 1,30 | 13 | 26, 20 | 1,20 |
| | 27, 70 | 1,62 | | II, $26^d, 41$ | 1,44 |
| 7 | 27, 28 | 1,18 | | | |
| | $27^d, 49$ | 1,50 | | | |

Выводы

В результате распада ядра кометы Веста С/ 1975 V1 образовался рой из ледяных глыб. Размеры четырех крупных и наблюдавшихся осколков ядра примерно 3,6, 3,6, 0,6, 0,4 километра, соответственно. Осколки проявили себя как микрокомета. Каждый акт деления ядра и его фрагментов сопровождался выбросом облаков пылевых частиц. Субмикронные, микронные и более крупные частицы образовали «концевые синхроны» в хвосте кометы. Возможно, что число относительно крупных осколков ядра после распада было не менее 13.

ЛИТЕРАТУРА

Андриенко Д.А., Карпенко А.В., 1987. Физические характеристики комет 1976-1980 годов. М.: Наука, 152 с.

Гиндилис Л.М., Дивари Н.Б., Резнова Л.В., 1969. О давлении солнечного излучения на частицы межпланетной пыли // *Астрономический журнал*. Т. 46, № 1. с. 152.

Ибадинов Х.И., 1981. Обобщенный метод решения обратной задачи механической теории кометных форм // *Доклады Академии наук Таджикской ССР*. Т. 24, No.1. с. 22-27.

Ибадинов Х.И., Нозимов О., 1989. Возраст и эффективные ускорения частиц концевых синхрон хвоста кометы 1976 V1 // *Кометы и метеоры*. No. 39, с. 17-25.

Ибадинов Х.И., 1998. К вопросу о природе и происхождении концевых синхрон комет // *Доклады Академии наук Республики Таджикистан*, Т. 41, No. 11-12, с. 16-20.

Кресак, 1974 – Kresak L. The origin and the brightness decrease of comet // *Bulletin of Astronomical Institute of Czechoslovakia*, V. 25, No. 2, pp. 87-112.

Секанина, 1976 – Sekanina Z. Disintegration Phenomena in Comet West // *Sky and Telescope*, V. 51, No. 6, pp. 386-393.

Секанина, 1982 – Sekanina Z. The problem of split comets in review // In: *Comets* (L.L. Wilkening ed.), University of Arizona, Tucson, USA, pp. 251-287.

Секанина, 1991 – Sekanina Z. Cometary activity, discrete outgassing areas, and dust-jet formation // In: *Comets in the Post-Halley Era*, V. 2 (R.L. Newburn, Jr. et al. eds.), The Netherlands, pp. 769-823.

УДК 523.503

М.НАРЗИЕВ, И.Ф.МАЛЫШЕВ

**РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ РАДИО-ТЕЛЕВИЗИОННЫХ (ТВ)
НАБЛЮДЕНИЙ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ В ТАДЖИКИСТАНЕ.
I. ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

В работе приведены результаты обработки параллельных радио-телевизионных наблюдений 57 метеоров, проведенных в период действия метеорных потоков Персеид в августе 1978, Квадрантид, α -Каприкорнид, δ -Акварид, Орионид и Геминид в 1979 и Персеид 1980 г. в Гиссарской обсерватории Института астрофизики АН РТ. Описана методика наблюдения, обработки и основные критерии отбора совместных радио телевизионных метеоров. Приведены результаты определения координат радиантов, скоростей и элементов орбит. Результаты определения координат радиантов, скоростей и элементов орбит показывают, что 22 метеора принадлежать потоку Персеид, 4 – Квадрантид, 11 – δ -Акварид, 1 – ι -Акварид, 1 – α -Каприкорнид, 2 – Орионид, 3 – Геминид, а остальные спорадические.

THE COMBINED RESULTS OF THE RADAR AND TELEVISION OBSERVATIONS OF METEOR SHOWERS IN TAJIKISTAN. I. DYNAMICAL CHARACTERISTICS, by M.Narziev and I.F.Malyshev

In the paper results of combined television and radar observations of 57 individual meteors in the period of action of meteor showers Perseids in August 1978, Quadratics, α -Capricornids, δ -Acvarids, Orionids, and Geminids in 1979 and Perseids in 1980 in Tajikistan are presented. The methods of combined observations, interpretation of the observer results and basic selection criterions of simultaneous radar and television meteors are described.

The results of determinations of the coordinates of radiants, velocities and elements of orbit are given. Analyses of the coordinates of radiants, velocities and orbital elements of the meteors demonstrate, that 22 meteors belong to meteor shower Perseids, 4 – Quadratics, 11 – δ -Acvarids, 1 – ι -Acvarids, 1 – α -Capricornids, 2 – Orionids, 3 – Geminids and others sporadic background.

Исследование метеоров в настоящее время проводится самими различными методами, в том числе оптическими (фотографическими, электронно-оптическими, телевизионными) и радиолокационными. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. В частности оптические методы применяются только в безоблачные, ясные и безлунные ночи, что приводит к потере ценной информации о дневных метеорных потоках и ассоциациях. Эти недостатки исключаются при использовании радиолокационного метода. Однако радиометоды не могут конкурировать по точности измерения как физических, так и кинематических характеристик метеоров, с оптическими методами. Применение комбинированных оптических и радиолокационных методов позволяет устранить недостатки имеющихся в том или ином методе. При этом значительно повышается информативность получаемого материала о метеорных следах и процессах, сопровождающих полет метеоров в земной атмосфере.

Уже в самом начале развития радиолокационных методов исследования метеоров с целью проверки отдельных положений физической теории метеоров в ряде обсерваторий мира были проведены параллельные визуальные и радиолокационные наблюдения одних и тех же метеоров [7, 19, 20, 23]. По данным этих наблюдений [21, 26, 27] исследовалась связь между звездной величиной и длительностью радиоэхо от метеорных следов. Поскольку предыдущие параллельные наблюдения охва-

тывали в основном яркие метеоры, то в Ондражеевской обсерватории в 1978-1979 гг. с целью регистрации слабых метеоров были организованы параллельные визуально-телескопические и радиолокационные наблюдения метеоров [25-27].

Так как точность этих наблюдений была низкой, еще в 60-тые годы возникла необходимость проведения параллельных фотографических и радиолокационных наблюдений. Подобные наблюдения за рубежом проводились сначала в Джодрелл-Бэнк (Англия) [16], а затем в Душанбе [2]. По параллельным наблюдениям в Джодрелл-Бэнк зарегистрировано 6 метеоров с абсолютной звездной величиной $+3^m - -1.8^m$, а в Душанбе 7 ярких метеоров ($-2.4^m \div -7^m$), принадлежащих к метеорным потокам Персеид и Леонид. Результаты этих наблюдений были использованы как для изучения взаимосвязи процессов свечения и ионизации, так и для изучения некоторых параметров атмосферы в метеорной зоне [3].

Процессы свечения и ионизации, а также зависимость звездной величины метеора от начальной линейной электронной плотности для одной зеркальной отражающей точки были рассмотрены в работах [2, 17, 24, 27]. В настоящее время особый интерес представляет расширение таких наблюдений на область слабых метеоров, охватывающей весь диапазон метеорных скоростей. Для успешного решения этих вопросов, целесообразно применение такой оптической аппаратуры, чувствительность которой близка или совпадает с чувствительностью радиолокационной аппаратуры. Телевизионная аппаратура с этой точки зрения является наиболее подходящей.

Первые шаги в исследовании процессов свечения и ионизации слабых метеоров были предприняты в [15], где в качестве оптической аппаратуры была использована телевизионная система с входной оптикой с фокусным расстоянием $F = 105$ мм и апертурой 125 мм а радиолокационные наблюдения проводились с помощью аппаратуры состоящей из радиопередатчика, работающего на длине волны $\lambda = 7.33$ м, и 8-ми принимающих станций, расположенных по отношению к центральному пункту на расстояниях 11.4-47.29 км.

В результате почти полугодовых параллельных радио-телевизионных наблюдений (февраль 1969 – июнь 1970 гг.) были зарегистрированы 29 метеоров. Для исследования связи процессов свечения и ионизации были использованы только 12 метеоров, в изображениях которых не видно проявления дробления метеороида на наблюдаемых участках следа. Скорости этих метеоров заключались в интервале от 14.7 до 36.0 км/с, а их звездная величина в пределах от $+7.4^m$ до $+4.5^m$. Сравнивая полученные результаты с данными параллельных визуальных и радиолокационных наблюдений (хотя полученные материалы относятся к различным интервалам звездных величин и скоростей) авторы пришли к выводу, что яркие метеоры создают более высокую ионизацию, чем слабые.

Таким образом, имеющиеся данные, полученные как из параллельных фото-радиолокационных [2, 16], так и телевизионных и радиолокационных наблюдений [15], охватывают только отдельные интервалы скоростей и яркостей метеоров, что недостаточно для изучения этих процессов во всем диапазоне метеорных скоростей и звездных величин. Исходя из вышеизложенного в Институте астрофизики АН Республики Таджикистан в 1978-1980 годах были организованы параллельные радиолокационные и телевизионные наблюдения метеоров.

Телевизионно-радиолокационные наблюдения метеоров в Таджикистане (аппаратура и методика наблюдений)

Телевизионная аппаратура, используемая для наблюдений метеоров в Институте астрофизики АН Республики Таджикистан, создана на базе промышленной телевизионной станции ПТС-3 [1, 4]. Она состоит из следующих узлов: а) Телевизион-

ный телескоп; б) усилители; в) видеоконтрольные устройства и г) фотокамера. Телевизионный телескоп, выполняющий функции передающей камеры, состоит из входной оптики, ЭОП типа УМ-92 в сочетании с суперортиконом ЛИ-214. В качестве входной оптики применен объектив «Юпитер-3» с фокусным расстоянием $F = 50$ мм, относительным отверстием $1/1.5$ и с полем зрения $20^\circ \times 30^\circ$.

Основные характеристики телевизионной аппаратуры:

Способ разложения – через строчный, стандарт разложения – 625 строк в кадре, частота смены полей – 50 Гц, полоса пропускания видеосигнала с неравномерностью до ± 0.5 дБ – 5 МГц, напряжение питания сети – 220 В, время непрерывной работы – 10 час.

Телевизионный телескоп смонтирован на специальной установке, позволяющей регулировать его как по высоте, так и по азимуту. Основные параметры ЭОП УМ-92 и Суперортикона ЛИ-214 даны в работе [1], а оценка эффективности телевизионных наблюдений при регистрации метеоров приведена в [4]. Принцип работы телевизионной системы заключается в следующем. С помощью входного объектива Юпитер-3 световой поток от наблюдаемых объектов поступает на фотокатод трехкаскадного ЭОП УМ-92, где происходит увеличение яркости изображения объектов в 10^4 – 10^5 раз. Усиленное по яркости изображение с экрана ЭОП проектируется на фотокатод суперортикона ЛИ-214, где сигнал преобразуется в видеосигнал. Этот сигнал поступает на вход предварительного усилителя, а затем, по коаксиальному кабелю, подается на вход промежуточных усилителей. В этом блоке размещены различные вспомогательные устройства, позволяющие регулировать такие характеристики, как яркость, контрастность и другие. С выхода промежуточного усилителя видеосигнал одновременно подается на две видеоконтрольные устройства (ВКУ). Одно ВКУ служит для визуального контроля, а другое снабжено фоторегистратором, где производится фотографирование показания часов и изображения звездного неба с экрана ВКУ на 35 мм фотопленку с экспозицией 5 секунд.

Для радиолокационных наблюдений использовался комплекс РЛС МИР-2 [11–14] в состав которого входят: а) передатчик, работающий на длине волны $\lambda = 8$ м, частота повторения 500 имп/сек., мощность в импульсе 60 кВт, длительность импульса – 6.5 мсек.; б) приемно-регистрирующая система состоящая из пяти приемных пунктов, один из которых находится рядом с передатчиком, а остальные расположены относительно центрального пункта на расстояниях от 4 до 10 км. Кроме того, на центральном пункте находятся приемники ретранслированных сигналов и два индикатора действующие в покадровом [11] и ждуще-непрерывном [14] режиме которые снабжены фотокамерами. Комплекс радиолокационной аппаратуры позволяет для каждого метеора определить его дальность, скорость (двумя методами: дифракционным и пеленгационно-временным), координаты отражающей точки и радианта, высоту отражающей точки и длительность радиотражений с точностью до 0.02 сек.

Для решения вышеизложенных задач, наблюдения проводились в периоды максимума активности известных метеорных потоков, имеющих обычно большие часовые числа. К такими потокам относятся Квадрантиды, α -Каприкорниды, δ -Аквариды, Персеиды, Ориониды и Геминиды, скорости метеоров которых заключены в интервале от 21 до 69 км/с. Исходя из средних значений координат радиантов заранее вычислялись координаты зеркальных точек для каждого из указанных потоков в зависимости от времени для направления ТВ-телескопа в нужную область неба при совместных наблюдениях. Телевизионная и радиолокационная аппаратура были расположены в одном пункте, на ГисАО.

Параллельные наблюдения были проведены в августе 1978, январе, июле, ок-

тябре и декабре 1979 и августе 1980 г, причем радиолокационные наблюдения круглосуточно, за исключением периода активности α -Каприкорнид и δ -Акварид, а телевизионные только в ясные безоблачные ночи, либо до восхода, либо после захода Луны. Для определения момента пролета метеора при совместных наблюдениях, операторы по каждому шестому сигналу точного времени нажатием специальный кнопки производили подсветку часов как у радиолокатора, так и у TV установки.

Отождествление одновременно зарегистрированных метеоров и методика нахождения отражающей точки на следе метеора

Обработка наблюдений начиналась с просмотра пленки, полученной при телевизионных наблюдениях. В начале просматривались контрольные часы и составлялся график, позволяющий внести поправку к показаниям времени для всего периода наблюдений. Затем пленку за каждую дату внимательно просматривали на микрофоте и отмечали кадры с метеорами и наносили положение метеоров на звездную карту. Последнее позволит установить принадлежность метеора к тому или иному потоку или спорадическому фону, так как траектории поточных метеоров при их продолжении назад пересекают друг друга в точке радианта. Далее составлялся перечень телевизионных метеоров, где указывался номер, дата и время пролета, принадлежность метеора к потокам и его приближенная видимая звездная величина в точке максимума яркости.

Поиск общих метеоров производился в два этапа: На первом этапе поиск общих метеоров проводился только по времени полета. Для этого вначале просматривались показания контрольных часов на пленке, полученной при радионаблюдениях, и составлялись графики зависимости Δt от времени в течение суток наблюдений (где Δt поправка времени за ход часов) для полного цикла наблюдений. Затем для соответствующей даты брали пленки, полученные на покадровом индикаторе и среди радиолокационных метеоров проводился поиск TV метеора. Радиометеоры, совпадающие по времени с телевизионными, включались в список параллельных радио-телевизионных метеоров.

Однако совпадения времени недостаточно еще для того, чтобы метеор считать совместным, так как во время максимума активности радиолокатор иногда за 1-5 секунд регистрирует несколько поточных метеоров. Следующий шаг в поиске общих метеоров проводился с использованием координат точек метеора. По положению метеоров на звездной карте и по каталогу BD определялись экваториальные координаты начала α_n, δ_n и конца α_k, δ_k каждого следа. Зная точное время пролета метеора эти координаты переводились в горизонтальные A_n, Z_n и A_k и Z_k по известным формулам:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t, \quad (1)$$

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t, \quad (2)$$

$$\sin z \cos A = -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t, \quad (3)$$

где φ – широта места наблюдения, δ и t -соответственно склонение и часовой угол точки метеора. Аналогичные данные только для точек зеркального отражения каждого метеора получались из данных радионаблюдений. При этом обрабатывались лишь наблюдения метеоров совпадающих по времени с телевизионными данными.

Сведения об общем количестве метеоров, зарегистрированных на телевизионной установке в период совместных наблюдений, представлены в таблице 1, где в первом столбце даны порядковый номер п/п, во втором указаны даты начала

и конца, месяцы и год наблюдений, в третьем столбце приведено общее количество часов наблюдений за данный период, в четвертом – дано общее количество метеоров, полученных по телевизионным наблюдениям (TV), в пятом столбце даны средние часовые числа метеоров, зарегистрированных по телевизионным наблюдениям, в шестом – даны предварительные числа совместных метеоров (количество радио-телевизионных метеоров, совпадающих только по временным), а в последнем столбце приведено общее количество метеоров, которые по всем критериям отождествлены как совместные радио-телевизионные метеоры.

Таблица 1
Результаты параллельных радио-телевизионных наблюдений метеорных потоков в Таджикистане

| № п/п | Период наблюдений день, месяц и год | Общее кол-во часов наб-ний | Общее кол-во метеоров по TV набл. | Среднее часовое число метеоров по TV | Предв-ное число совм. ме- теоров | Число совм. метеоров |
|-------|--|-------------------------------------|---|--|---|----------------------------|
| 1 | 8.08-14.08.78 | 16 | 101 | 6.0 | 8 | 4 |
| 2 | 3.01-4.01.79 | 7.5 | 78 | 10.0 | 11 | 8 |
| 3 | 25.07-2.08.79 | 33 | 162 | 5.0 | 23 | 18 |
| 4 | 21.10-24.10.79 | 9 | 33 | 3.0 | 6 | 4 |
| 5 | 11.12-12.12.79 | 3 | 12 | 4.0 | 4 | 3 |
| 6 | 12.08-14.08.80 | 10.5 | 173 | 16.0 | 30 | 20 |

Относительно меньшее часовое число метеоров в период действия метеорных потоков Орионид и Геминид объясняется тем, что во время TV наблюдений поле зрения телевизионного телескопа часто покрывалось облаками. Среднее часовое число метеоров наблюдаемых телевизионным способом в период действия потока Персеид в 1978 г. составляет 6 метеоров в час. Причем из 101 метеора, зарегистрированного за указанный период, 54 отнесены к Персеидам. Согласно результатам телевизионных наблюдений в августе 1980, поток Персеид был активнее, чем в 1978 г., так как среднечасовое число метеоров составляет 16 метеоров в час. Причем 60% метеоров были зарегистрированы 12 августа (день максимума активности потока). Общее количество кривых блеска метеоров зарегистрированных телевизионным способом за два года наблюдений составляет 559.

По результатам радиолокационных наблюдений, определялись следующие характеристики совместного метеора: номер, время появления, дальность для центрального пункта, разность дальностей по данным вынесенных пунктов и центрального пункта, положение начала, максимума и конца по АВХ каждого канала, разность времени пролета по данным вынесенного и центрального пунктов и длительность радиоотражения по каждому из 5-ти пунктов. Разность дальностей позволяла по методике, приведенной в [9] определять координаты отражающих точек $A_{от}$ и $Z_{от}$ на следе метеора. Число метеоров, у которых по радиолокационным наблюдениям значения горизонтальных координат отражающей точки находились в пределах значений горизонтальных координат начал и концов их TV изображений, оказалось равным 57.

Однозначный вывод о принадлежности метеора к совместным, делался следующим образом. По измеренной разности времени пролета каждого метеора в центральном и вынесенным пунктам, горизонтальные координаты зеркальной

отражающей точки метеора A и Z определялся азимут радианта метеора A_r , скорость метеора V и его зенитное расстояние радианта Z_r [8, 10] пеленгационно-временным методом по формулам:

$$A_r = A_1 + \arctg(t_2 b_1 / t_1 b_2 \cdot \operatorname{cosec} A_{12} - \operatorname{ctg} A_{12}), \quad (4)$$

$$Z_r = \arctg[-\operatorname{ctg} z / \cos(A - A_r)], \quad (5)$$

$$V = b_i \cos \alpha_{ri} \sin Z_r / t_i, \quad (6)$$

где A_1 – азимут первого пункта, t_1 , t_2 и t_i – временными сдвиги между дифракционными картинками на центральном и на вынесенных (первого и центрального второго) и i -го пунктов, b_1 , b_2 , b_i – длина база первого, второго и i -го пункта относительно центрального пункта, $A_{12} = A_2 - A_1$ – разность азимут соответствующих пунктов, α_{ri} – углы между азимутом отражающей точки и азимутом соответствующих пунктов.

Кроме того, определялись высота зеркальной отражающей точки метеора в центральном пункте, скорость – дифракционным методом, и анализировалось зависимость высот зеркально отражающей точки метеоров от скорости.

Далее горизонтальные координаты радианта A_r , Z_r переводились в экваториальные α_r и δ_r , затем по известной методике вычислялись элементы орбит параллельно регистрируемых метеоров. Последовательность вычисления радиантов и элементов орбит метеоров осуществлялось по общеизвестной методике приведенной в работах [Кашеев и др., Лебединец В.Н., Корпусов]. Результаты вычислений представлены в таблице 2, где α_r и δ_r координаты радианта, V_r – внеатмосферная скорость, Z_r – зенитное расстояние радианта, a – большая полуось в а. е.; e – эксцентриситет, q – перигелийное расстояние в а. е., Ω – долгота восходящего узла; ω – аргумент перигелия; i – наклон орбиты к эклиптике, π – долгота перигелия и принадлежность метеора к потоку. Координаты радианта и угловые элементы орбит метеоров приведены к эпохе 2000.

Таким образом из 57 метеоров представленных в табл. 2 следует, что 21 принадлежит к Персеидам, 5 – Квадрантидам, 2 – Геминидам, 2 – Орионидам, 1 – α -Каприкорнидам, 12 – δ -Акваридам и 1 – i -Акваридам.

Авторы весьма признательны академику АН РТ, доктору физ.-мат. наук, профессору П.Б. Бабаджанову за просмотр рукописи, полезные и ценные замечания к работе.

Выводы

1. Впервые в Таджикистане по результатам параллельным радио-телевизионным наблюдениям зарегистрированы 57 метеоров.
2. Разработана методика наблюдений, критерии поиска и обработка данных радио-телевизионных наблюдений метеоров.
3. На основе полученного наблюдательного материала найдены радианты, скорости и вычислены элементы орбит совместных метеоров.

Таблица 2
Радянты, скорости и орбиты метеоров, полученные по данным параллельных радио-телевизионных наблюдений в Таджикистане

| N | Дата и время полета | α_R | δ_R | Z_R | V_{∞} км/с | a (а.е.) | e | q | ω | Ω | i | π | Поток | | |
|-------------|---------------------|------------|------------|-------|-------------------|----------|------|------|----------|----------|-------|-------|-------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | 7 | 8 | 9 |
| август 1978 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 12.8196 | 46.3 | 57.6 | 54.1 | 56.7 | 2.93 | 0.68 | 0.93 | 143.6 | 138.9 | 110.9 | 282.5 | Персеид | | |
| 2 | 13.8389 | 224.2 | 72.1 | 57.0 | 36.5 | -2.9 | 1.34 | 0.97 | 158.7 | 139.9 | 48.7 | 298.7 | Спорадический | | |
| 3 | 13.9137 | 44.0 | 56.4 | 34.3 | 60.0 | 6.85 | 0.86 | 0.97 | 156.1 | 139.9 | 114.6 | 296.0 | Персеид | | |
| 4 | 13.9157 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | Персеид | | |
| январь 1979 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 3.8570 | 222.3 | 46.5 | 69.3 | 43.9 | 2.03 | 0.52 | 0.98 | 174.6 | 282.0 | 77.68 | 96.6 | Квадрангид | | |
| 6 | 3.8666 | 228.3 | 52.3 | 67.0 | 40.8 | 2.62 | 0.62 | 0.98 | 177.4 | 282.0 | 68.92 | 99.4 | Квадрангид | | |
| 7 | 3.8901 | 176.0 | 0.5 | 55.3 | 57.9 | 0.90 | 0.54 | 0.41 | 130.3 | 101.9 | 177.4 | 232.1 | Спорадический | | |
| 8 | 3.9126 | 234.0 | 52.1 | 62.0 | 46.2 | -10.49 | 1.09 | 0.98 | 172.8 | 282.0 | 72.4 | 94.8 | Квадрангид | | |
| 9 | 3.9142 | 222.5 | 52.7 | 54.9 | 40.1 | 1.96 | 0.50 | 0.98 | 186.4 | 282.0 | 69.28 | 108.4 | Квадрангид | | |
| 10 | 3.9221 | 259.3 | 67.1 | 59.4 | 21.9 | 1.47 | 0.33 | 0.98 | 183.8 | 282.0 | 33.11 | 105.8 | Спорадический | | |
| 11 | 3.9986 | 231.3 | 44.2 | 44.1 | 41.4 | 1.85 | 0.49 | 0.95 | 153.5 | 281.1 | 72.44 | 75.5 | Квадрангид | | |
| 12 | 4.0291 | 217.0 | 37.3 | 27.1 | 29.1 | 0.71 | 0.39 | 0.43 | 6.18 | 282.2 | 57.50 | 288.3 | Спорадический | | |
| июнь 1979 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 25.8109 | 340.2 | -15.0 | 62.3 | 39.2 | 1.23 | 0.96 | 0.05 | 160.5 | 301.14 | 25.94 | 101.9 | δ -Акварид | | |
| 14 | 25.8204 | 305.9 | -13.5 | 49.9 | 29.9 | 3.93 | 0.88 | 0.48 | 277.6 | 121.4 | 5.62 | 99.0 | Спорадический | | |
| 15 | 25.8360 | 342.9 | -20.7 | 64.6 | 43.4 | 1.76 | 0.96 | 0.07 | 154.3 | 301.4 | 55.7 | 94.7 | δ -Акварид | | |
| 16 | 26.8137 | 333.5 | -16.1 | 59.5 | 41.8 | 2.53 | 0.97 | 0.08 | 150.9 | 302.3 | 16.9 | 93.2 | δ -Акварид | | |
| 17 | 26.8406 | 30.2 | -2.5 | 78.8 | 41.8 | 0.53 | 0.79 | 0.12 | 175.9 | 302.4 | 134.7 | 118.3 | Спорадический | | |
| 18 | 28.8420 | 348.9 | -16.6 | 61.2 | 40.6 | 1.14 | 0.96 | 0.05 | 161.2 | 304.3 | 53.6 | 105.5 | δ -Акварид | | |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----|---------|--------|-------|------|------|-------|--------------|------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| | | | | | | | июнь 1979 | | | | | | |
| 19 | 29.7669 | 335.4 | -3.5 | 57.4 | 40.2 | 1.63 | 0.96 | 0.07 | 335.0 | 125.2 | 23.0 | 100.2 | δ-Аквард |
| 20 | 29.7847 | 311.1 | -4.8 | 43.5 | 30.8 | 3.25 | 0.86 | 0.45 | 282.2 | 125.2 | 13.6 | 47.4 | Спиральный |
| 21 | 30.8205 | 346.8 | -13.7 | 60.7 | 47.7 | 2.60 | 0.99 | 0.02 | 164.3 | 306.2 | 69.0 | 110.5 | δ-Аквард |
| 22 | 30.8741 | 345.06 | -16.1 | 53.0 | 45.0 | 2.23 | 0.98 | 0.05 | 158.7 | 306.2 | 50.2 | 104.9 | δ-Аквард |
| 23 | 30.8874 | 337.6 | -13.7 | 51.1 | 43.0 | 2.81 | 0.98 | 0.06 | 153.5 | 306.2 | 15.8 | 99.7 | δ-Аквард |
| 24 | 30.8916 | 332.1 | -20.7 | 58.0 | 40.8 | 6.05 | 0.97 | 0.17 | 133.8 | 306.2 | 20.2 | 80.0 | δ-Аквард |
| 25 | 30.9020 | 337.8 | -16.5 | 52.9 | 41.4 | 2.35 | 0.96 | 0.08 | 150.5 | 306.2 | 20.2 | 96.7 | δ-Аквард |
| 26 | 30.9200 | 339.4 | -21.5 | 58.8 | 37.5 | 1.68 | 0.91 | 0.15 | 142.3 | 306.3 | 27.9 | 88.6 | δ-Аквард |
| 27 | 31.7940 | 321.8 | -3.0 | 43.7 | 31.0 | - | - | - | - | - | - | - | i-Аквард |
| 28 | 31.8153 | 303.5 | -11.3 | 46.5 | 22.6 | 2.07 | 0.68 | 0.65 | 262.9 | 127.2 | 5.27 | 30.1 | α-Каприкорид |
| 29 | 31.8733 | 341.2 | -15.1 | 53.3 | 44.0 | 2.83 | 0.98 | 0.06 | 155.1 | 307.2 | 29.5 | 103.3 | δ-Аквард |
| 30 | 31.8831 | 307.5 | -17.1 | 48.2 | 14.3 | 1.11 | 0.29 | 0.79 | 269.5 | 127.5 | 0.52 | 37.0 | Спиральный |
| | | | | | | | октябрь 1979 | | | | | | |
| 31 | 22.8141 | 103.4 | 20.9 | 62.6 | 69.4 | 6.31 | 0.88 | 0.77 | 58.8 | 27.9 | 176.3 | 86.7 | Орионид |
| 32 | 22.8963 | 97.8 | 4.1 | 47.3 | 60.9 | 1.81 | 0.66 | 0.61 | 88.1 | 28.0 | 139.7 | 116.1 | Спиральный |
| 33 | 23.8186 | 92.6 | 0.2 | 64.8 | 60.9 | 3.47 | 0.84 | 0.56 | 87.6 | 28.9 | 129.4 | 116.5 | Спиральный |
| 34 | 23.8724 | 97.2 | 17.3 | 43.0 | 62.2 | 1.73 | 0.73 | 0.47 | 104.3 | 29.0 | 166.4 | 133.3 | Орионид |
| | | | | | | | декабрь 1979 | | | | | | |
| 35 | 12.7156 | 110.6 | 28.1 | 52.5 | 38.5 | 1.48 | 0.93 | 0.10 | 330.0 | 259.2 | 16.96 | 229.2 | Геминид |
| 36 | 12.7232 | 97.2 | 33.8 | 38.0 | 38.0 | 4.63 | 0.95 | 0.25 | 302.7 | 259.2 | 18.3 | 201.9 | Спиральный |
| 37 | 12.7771 | 107.4 | 31.4 | 32.0 | 40.9 | 2.47 | 0.95 | 0.12 | 323.0 | 259.2 | 24.0 | 222.2 | Геминид |
| | | | | | | | август 1980 | | | | | | |
| 38 | 11.7991 | 52.9 | 59.1 | 60.3 | 58.8 | 11.69 | 0.92 | 0.89 | 138.7 | 138.4 | 110.5 | 277.1 | Персеид |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | август 1980 | | | | | | | | | | 14 |
|----|---------|------|------|------|------|--------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|---------------|--|--|--|----|
| | | | | | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | | | | |
| 39 | 11.8306 | 41.9 | 56.3 | 50.1 | 55.5 | 2.13 | 0.55 | 0.96 | 148.0 | 138.4 | 110.9 | 286.4 | Персеид | | | | |
| 40 | 11.8356 | 49.0 | 63.1 | 51.3 | 57.8 | -33.79 | 1.03 | 0.93 | 145.7 | 138.4 | 103.7 | 284.1 | Персеид | | | | |
| 41 | 11.8843 | 44.5 | 55.2 | 41.1 | 59.9 | 5.31 | 0.82 | 0.96 | 151.4 | 138.4 | 115.9 | 289.8 | Персеид | | | | |
| 42 | 11.8952 | 41.6 | 68.7 | 40.4 | 60.9 | -1.83 | 1.53 | 0.97 | 157.8 | 138.5 | 99.9 | 296.3 | Персеид | | | | |
| 43 | 11.8958 | 50.0 | 62.0 | 42.1 | 55.7 | 4.38 | 0.79 | 0.91 | 139.4 | 138.5 | 104.4 | 277.9 | Персеид | | | | |
| 44 | 11.9068 | 48.0 | 57.0 | 38.7 | 63.6 | -4.83 | 1.20 | 0.95 | 151.3 | 138.5 | 116.1 | 289.8 | Персеид | | | | |
| 45 | 11.9105 | - | - | - | 65.8 | - | - | - | - | - | - | - | Персеид | | | | |
| 46 | 11.9175 | 51.0 | 49.1 | 38.1 | 63.9 | 12.86 | 0.93 | 0.92 | 143.4 | 138.5 | 127.2 | 281.9 | Персеид | | | | |
| 47 | 11.9175 | 45.7 | 57.8 | 35.5 | 58.1 | 4.49 | 0.79 | 0.94 | 147.4 | 138.5 | 111.4 | 285.9 | Персеид | | | | |
| 48 | 11.9259 | 48.1 | 50.2 | 34.6 | 62.2 | 4.95 | 0.81 | 0.93 | 145.5 | 138.5 | 124.9 | 284.0 | Персеид | | | | |
| 49 | 11.9328 | 47.0 | 55.3 | 33.0 | 65.7 | -3.0 | 1.32 | 0.96 | 154.2 | 138.5 | 119.2 | 292.7 | Персеид | | | | |
| 50 | 11.9354 | 48.1 | 55.1 | 33.3 | 62.3 | -32.6 | 1.03 | 0.94 | 148.1 | 138.5 | 117.3 | 286.6 | Персеид | | | | |
| 51 | 12.8470 | - | - | - | 59.8 | - | - | - | - | - | - | - | Персеид | | | | |
| 52 | 12.8764 | 47.0 | 33.3 | 44.9 | 60.5 | 1.26 | 0.19 | 1.01 | 182.4 | 139.4 | 148.1 | 321.8 | Спорадический | | | | |
| 53 | 12.8771 | - | - | - | 60.4 | - | - | - | - | - | - | - | Персеид | | | | |
| 54 | 12.9346 | - | - | - | 62.7 | - | - | - | - | - | - | - | Персеид | | | | |
| 55 | 13.8702 | 50.1 | 61.4 | 45.4 | 55.0 | 3.06 | 0.70 | 0.92 | 140.9 | 140.4 | 105.2 | 281.3 | Персеид | | | | |
| 56 | 13.9310 | - | - | - | 61.0 | - | - | - | - | - | - | - | Персеид | | | | |
| 57 | 13.9311 | 49.5 | 55.7 | 33.5 | 58.8 | 3.57 | 0.74 | 0.93 | 144.9 | 140.4 | 115.4 | 285.3 | Персеид | | | | |

ЛИТЕРАТУРА

1. Абраменко А.Н., Агапов Е.С., Анисимов В.Ф., Галинский Н.Д., Прокофьева В.В., Синенко С.М. Телевизионная астрономия. М.: Наука. 1984. 272 с.
2. Бабаджанов П.Б. Свечение и ионизация метеоров. // ДАН СССР, 1969, т. 184, No 4, с.800-802.
3. Бабаджанов П.Б., Бибарсов Р.Ш. Определение параметров мелкомасштабный турбулентности атмосферы по комбинированным наблюдениям метеоров. // ДАН СССР, т. 189, No 1, 2, 3, 1969.
4. Бабаджанов П.Б., Малышев И.Ф. Телевизионные наблюдения метеоров в Душанбе. // Астрон.циркуляр. 1979, No 1071, с.5-6.
5. Бабаджанов П.Б., Нарзиев М., Чеботарев Р.П., Малышев И.Ф. Параллельные телевизионно-радиолокационные наблюдения метеоров в Душанбе. Тезисы докладов «Метеорные тела в межпланетном пространстве и земной атмосфере». Душанбе, 1984.
6. Бабаджанов П.Б., Малышев И.Ф., Нарзиев М., Чеботарев Р.П. Кривые свечения и ионизации метеоров по результатам параллельных телевизионных и радиолокационных наблюдений.// Кометы и метеоры, 1985, No 37, с. 28-33.
7. Кручиненко В.Г., Терентьева А.К. Деякі результати паралельних радіолокаційних та візуальних спостережень метеорів. – Вісник Київського ун-ту. Астрономія, 1964, No 6, с. 98-104.
8. Чеботарев Р.П. Пеленгационно-временной радиометод определения радиантов и скоростей отдельных метеоров. // Изв. вузов. Радиотехника. 1963.6. No 5. с.533-536.
9. Чеботарев Р.П. Дальномерный радиометод определения угловых координат метеорных следов.// В кн.: «Кометы и метеоры», No 19, 1970, с.46.
10. Чеботарев Р.П. Возможности пеленгационно-временного радиометода определения радиантов и скоростей индивидуальных метеоров. // «Кометы и метеоры», No 24, 1976, с.19-27.
11. Чеботарев Р.П., Исамутдинов Ш.О. Многолучевой индикатор метеорного радиолокатора. // Бюлл. ин-та аст-рофиз. АН Тадж. ССР, 1970, No 55, с.34-39.
12. Чеботарев Р.П., Сидорин В.Н., Полушкин Г.А. и др. Комплекс аппаратуры для радиолокационных исследований метеоров в Душанбе. // Бюлл. ин-та астрофиз. АН Тадж. ССР, 1970, No 55, с.25-28.
13. Чеботарев Р.П., Сидорин В.Н. Система точного измерения дальности до метеорного следа.// Бюлл. Ин-та астрофиз. АН Тадж. ССР, 1970, No 55, с.29-33.
14. Чеботарев Р.П., Гартман Н.А. Индикатор метеорного радиолокатора с ждущеперерывной фоторегистрацией. – Бюлл. Ин-та астрофиз., 1979, No 68, с.28-34.
15. Cook A.F., Forti G., McCrosky R.E., Posen A., Southworth R., Williams J.T. Combined observations of meteors by image-orthicon television camera and multy-station radar. // Evolutionary and physical properties of meteoroids. IAU – Colloquium. Washington, 1973, pp. 23-44.
16. Davies J.G., Greenhow J.S., Hall J.E. Combined photographic and radio echo observations of meteors. // Proc. Roy. Soc., 1959, A253, N 1272, P. 121-129.
17. Davies J.G., Hall J.E. Meteor Luminosity and ionization. // Proc. Roy. Soc., 1963, A271, No 1344, P. 120-128.
18. Evans S., Hall J.E. Meteor ionizing and luminous efficiencies.//Astron. Contribs. Univ. Manchester, 1955, ser. 2, N 126, p.1-5.
19. Lindblad B.A. Combined visual and radar observations of Perseid meteors. I. Observations in 1953. Medd. Lund. Astron. obs., 1956, ser. I, N 189, P.1-98.
20. Lindblad B.A. Combined visual and radar observations of Perseid meteors. II. Observations. – Astron. // Notes Univ. Gothenburg ,1962,N 7, p.1-38.
21. Lindblad B.A. The relation between visual magnitudes of meteors and the duration of radar echoes. // Smithon. Contribs Astrophys., 1963, 7, p. 27-39.
22. Lovell A.C.B. Meteor astronomy. – Oxford-New York.: Univ. Press, 1954, -463 p.
23. McKinley D. W. R. Meteor science and engineering. – New York.: Mc. Grow – Hill Book Co., 1961. – 309 p.
24. Millman P.M., McKinley D.W.R. Meteor echo duration and visual magnitudes. // Canad. J. Phys., 1956, 34, N 1, p.50-61.

25. Znoil V., Grygar J., Simek M., Sulc. M. The relation between optical brightness and properties of the ionized trail. I. Observational techniques and basic characteristics of the observational data. (Results of the meteor expeditions Ondrejov 1972 and 1973). // Bull. Astron. Inst. Czechosl. 1980, 31, 14.

26. Znoil V., Simek M., Grugar J., Hollan J. The relation between meteor optical brightness and properties of the ionized trail. II. The observation at the Ondrejov site. // Bull. Astron. Inst. Czechosl. 1981, 32, N1, p.1-19.

27. Znoil V., Hollan J., Simek M. The relation between meteor optical brightness and properties of the ionized trail. // Bull. Astron. Inst. Czechosl. 1985, V. 36, N 1, p. 44-56.

УДК 523.

М.И.ГУЛЯМОВ

ПОЗИЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА КАМЕРЕ ВАУ

По результатам позиционных наблюдений на камере ВАУ за период 1989-2000 гг. сформирован каталог точных положений геостационарных объектов. Среднеквадратические ошибки их точных положений не превышают $\pm 2''$. Так же вычислены их предварительные элементы орбит и на этой основе создана предварительная версия Гиссарского каталога орбит геостационарных объектов. Каталог содержит элементы орбит всех отождествленных активных и пассивных геостационарных спутников.

POSITIONAL OBSERVATIONS OF GEOSTATIONAR OBJECTS ON THE HIGH-PRECISION ASTRONOMICAL CAMERA, by M.I.Gulyamov

On results called on positional observations by the High-precision Astronomical camera for the period 1989-2000 years is formed catalogue of the exact positions of geostationary objects. Mean square mistakes their exact positions do not exceed $2''$. As their preliminary elements of orbits are calculated and on this basis is created the preliminary version of Hissar catalogue of the orbits geostationar objects. The catalogue contains the elements of the orbits all identified active and passive geostationar satellites.

Построение теории движения геостационарных спутников (ГСС) до сих пор является актуальной задачей. Ценный материал для ее решения могут дать позиционные фотографические наблюдения этих объектов [1, 2].

На Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) Института астрофизики АН РТ начиная с 1975 года регулярно проводятся фотографические наблюдения ГСС с помощью Высокоточной Астрономической Установки (ВАУ). Эти наблюдения тесно связаны с работами прикладного характера и представляют ценный материал для решения ряда фундаментальных и прикладных задач астрономии, геодезии, геофизики и небесной механики.

Конкретная научная проблема – улучшение опорной системы координат в пространстве – основывается на получении высокоточных координат небесных объектов различными методами, в том числе и фотографическими. Массивы фотографических позиционных наблюдений ИСЗ, а именно геостационарных спутников (ГСС), позволяют определять параметры гравитационного поля Земли и их вариации.

Геостационарным спутником является спутник, движение которого соизмеримо с суточным вращением Земли, а плоскость его орбиты близка к плоскости земного экватора. Период обращения такого спутника вокруг полярной оси приблизительно равен звездным суткам, средний радиус орбиты составляет 42 165 км, и направление движения совпадает с направлением вращения Земли. В невозмущенном движении ГСС постоянно находится над одной и той же точкой земного экватора.

В конце 80-х годов прошлого столетия появился термин «космический мусор» (Space Debris). Под этим подразумевают все искусственные объекты и их фрагменты в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда больше не смогут служить никаким полезным целям. Это не только спутники, исчерпавшие свои энергетические ресурсы, но также верхние ступени ракет, отходы, обломки, куски, образовавшиеся после взрывов, как случайных, так и индуциро-

ванных и проч.

Интенсивное заселение геостационарной зоны спутниками различного народнохозяйственного и военного назначения привело к тому, что в окрестности геостационарной орбиты к настоящему времени находятся около 500 объектов, имеющих значительные размеры (более 1 метра) и множество более мелких, представляющих собой различные фрагменты и элементы конструкции запускаемых аппаратов [3]. Часть объектов активно функционирует и их орбиты для удержания на заданных долготах, корректируются.

Большинство отработавших свой срок геостационарных спутников становятся пассивными и остаются вблизи геостационарной орбиты. Их орбиты эволюционируют под влиянием возмущающего действия несферичности Земли, притяжения Луны, Солнца и светового давления. В зависимости от их первоначальных орбит они продолжают двигаться относительно «устойчивых» точек либрации, расположенных вблизи 75°E и 105°W или относительно обеих точек [4].

Все это привело к тому, что проблема космического мусора стала одной из самых актуальных задач в современной науке. Ведутся многочисленные комплексные исследования, каталогизация фрагментов, математическое моделирование их поведения, поиски возможностей искусственной очистки [5, 6, 7].

ГисАО расположена на меридиане 68°E – близко к меридиану, проходящему через одну из точек либрации 75°E, что создает определенные удобства для проведения позиционных наблюдений геостационарных спутников и контроля пассивных объектов геостационарной зоны, движущихся вблизи точки либрации, имеющих блеск до 15.0^m.

Начиная с 1989 г. на камере ВАУ регулярно проводились фотографические обзоры геостационарной области. При обзорных наблюдениях экваториальная область фотографируется в пределах 20°÷120° восточной долготы со склонениями от +6° до -18° с шагом 3°. В течение одного сеанса вся зона фотографируется четырежды с интервалом по одному часу между отдельными наблюдениями данной зоны.

По результатам 68 обзоров проведенных на камере ВАУ за период 1989-2000 гг. (табл. 1) сформирован каталог точных положений [8]. Он содержит более 11 000 точных положений 2971 геостационарных объектов. В каталоге приведены экваториальные топоцентрические координаты ГСС отнесенных к стандартной эпохе 1950.0 и моментов всемирного времени (UT). В качестве примера в таблице 2 приведен фрагмент из каталога точных положений.

Таблица 1

Обзоры геостационарной области, проведенные на камере
ВАУ (ГисАО) за 1989-2000 гг.

| № обз. | Дата наблюдений | количество спутников с числом наблюдений | | | | | | | | | | Всего объектов |
|--------|-----------------|--|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----------------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | * | | |
| 1 | 04.03.1989 | 0 | 14 | 5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 25 | |
| 2 | 05.04.1989 | 0 | 10 | 9 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 26 | |
| 3 | 10.05.1989 | 2 | 21 | 5 | 9 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 | |
| 4 | 11.05.1989 | 1 | 8 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | |
| 5 | 12.05.1989 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| 6 | 26.06.1989 | 2 | 26 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | |
| 7 | 04.08.1989 | 1 | 35 | 11 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | |
| 8 | 27.09.1989 | 3 | 25 | 10 | 9 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 51 | |

Продолжение таблицы 1

| № обз. | Дата наблюдений | количество спутников с числом наблюдений | | | | | | | | | Всего объектов |
|-----------|--------------------|--|----|----|----|---|---|---|---|---|-------------------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | * | |
| 9 | 02.10.1989 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | 29.11.1989 | 3 | 50 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| 11 | 20.02.1990 | 0 | 35 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| 12 | 31.05.1990 | 0 | 22 | 21 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 |
| 13 | 27.06.1990 | 0 | 25 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 14 | 24.07.1990 | 0 | 10 | 23 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 15 | 20.08.1990 | 0 | 18 | 20 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 |
| 16 | 25.10.1990 | 0 | 20 | 36 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| 17 | 14.01.1991 | 0 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 18 | 15.02.1991 | 2 | 49 | 5 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 |
| 19 | 16.05.1991 | 0 | 15 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 20 | 12.08.1991 | 0 | 23 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 21 | 03.09.1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 22 | 05.09.1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 23 | 03.10.1991 | 8 | 52 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 |
| 24 | 07.12.1991 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 4 | 1 | 0 | 10 |
| 25 | 07.02.1992 | 0 | 25 | 48 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 |
| 26 | 05.03.1992 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 27 | 03.07.1992 | 2 | 8 | 15 | 12 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 28 | 04.07.1992 | 1 | 11 | 11 | 7 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| 29 | 05.07.1992 | 1 | 1 | 5 | 9 | 8 | 8 | 3 | 3 | 0 | 38 |
| 30 | 03.08.1992 | 2 | 57 | 6 | 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 79 |
| 31 | 20.10.1992 | 1 | 20 | 15 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 38 |
| 32 | 22.10.1992 | 2 | 54 | 29 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 |
| 33 | 23.10.1992 | 1 | 25 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| 34 | 26.10.1992 | 0 | 22 | 49 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| 35 | 27.10.1992 | 3 | 29 | 32 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 |
| 36 | 31.10.1992 | 1 | 64 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 37 | 23.11.1992 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 38 | 20.02.1993 | 1 | 6 | 22 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 39 | 21.06.1993 | 0 | 4 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 40 | 22.08.1993 | 0 | 11 | 14 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 41 | 19.11.1993 | 2 | 48 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 42 | 15.01.1994 | 0 | 25 | 29 | 50 | 6 | 3 | 0 | 0 | 3 | 116 |
| 43 | 18.03.1994 | 6 | 23 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 |
| 44 | 15.06.1994 | 1 | 59 | 15 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 45 | 08.10.1994 | 4 | 43 | 16 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66 |
| 46 | 29.01.1995 | 2 | 26 | 42 | 8 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 |
| 47 | 30.01.1995 | 0 | 62 | 13 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 81 |
| 48 | 30.03.1995 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| 49 | 06.05.1995 | 1 | 11 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 |

Продолжение таблицы 1

| № обз. | Дата наблюдений | количество спутников с числом наблюдений | | | | | | | | | Всего объектов |
|------------------------------|--------------------|--|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | * | |
| 50 | 30.05.1995 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 51 | 04.06.1995 | 2 | 25 | 57 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 |
| 52 | 30.07.1995 | 0 | 4 | 55 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 68 |
| 53 | 18.10.1995 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 54 | 19.10.1995 | 0 | 1 | 14 | 30 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| 55 | 25.05.1996 | 1 | 15 | 30 | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 |
| 56 | 21.06.1996 | 1 | 10 | 18 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| 57 | 20.07.1996 | 1 | 25 | 23 | 2 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 58 | 15.06.1998 | 1 | 13 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| 59 | 29.06.1998 | 0 | 1 | 7 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 |
| 60 | 24.07.1998 | 3 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 61 | 26.07.1998 | 0 | 15 | 34 | 11 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 61 |
| 62 | 21.08.1998 | 1 | 19 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| 63 | 17.10.1998 | 0 | 27 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 64 | 18.06.1999 | 0 | 34 | 59 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94 |
| 65 | 15.07.1999 | 3 | 48 | 36 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 |
| 66 | 16.07.1999 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 67 | 15.08.1999 | 0 | 12 | 68 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| 68 | 05.06.2000 | 1 | 42 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| Кол-во ГСС | | 72 | 1417 | 1066 | 275 | 81 | 36 | 12 | 6 | 6 | 2971 |
| кол-во точн. пол. | | 144 | 4251 | 4264 | 1375 | 486 | 252 | 96 | 54 | 78 | 11000 |

Примечание: в графе «Дата наблюдений» приведена дата начала сеанса наблюдений; цифры предпоследней графы таблицы 1 означают: 72 ГСС имеют по 2 точных положения (т. п.), 1417 ГСС – 3 т. п., 1066 ГСС – 4 т. п., 275 ГСС – 5 т. п., 81 ГСС – 6 т. п., 36 ГСС – 7 т. п., 12 ГСС – 8 т. п., 6 ГСС – 9 т. п. и 6 ГСС – 10 и более т. п. 2971 – общее количество ГСС; 11000 – общее количество точных положений

Таблица 2
Фрагмент из каталога точных положений геостационарных
объектов (камера ВАУ, ГисАО)

| Дата | UT | | | α 1950 | | | δ 1950 | | |
|--------|----|----|-------|---------------|----|-------|---------------|----|-------|
| | h | m | s | h | m | s | ° | ' | " |
| 1 | 16 | 21 | 12.85 | 12 | 04 | 25.76 | -3 | 48 | 50.36 |
| 14.03. | 18 | 54 | 13.00 | 14 | 37 | 51.22 | -4 | 14 | 10.86 |
| 1989 | 20 | 11 | 03.06 | 15 | 54 | 52.51 | -4 | 42 | 13.53 |
| 2 | 16 | 08 | 13.07 | 10 | 48 | 33.69 | -5 | 36 | 06.51 |
| | 17 | 16 | 57.94 | 11 | 57 | 28.69 | -5 | 35 | 18.84 |
| | 21 | 03 | 08.01 | 15 | 44 | 12.54 | -5 | 41 | 05.00 |
| | 21 | 55 | 17.77 | 16 | 36 | 30.62 | -5 | 43 | 51.52 |
| 3 | 16 | 08 | 13.07 | 10 | 38 | 20.41 | -6 | 03 | 43.95 |

Продолжение таблицы 2

| Дата | | UT | | | α_{1950} | | | δ_{1950} | | |
|-------|--|----|----|-------|-----------------|----|-------|-----------------|----|-------|
| № ГСС | | h | m | s | h | m | s | ° | ' | " |
| | | 17 | 16 | 57.94 | 11 | 47 | 15.37 | -6 | 03 | 19.13 |
| | | 18 | 54 | 13.00 | 13 | 24 | 44.72 | -6 | 00 | 49.77 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 14 | 13 | 56.61 | -5 | 58 | 56.46 |
| | | 20 | 11 | 03.06 | 14 | 41 | 46.08 | -5 | 57 | 29.13 |
| | | 21 | 03 | 08.01 | 15 | 33 | 58.88 | -5 | 54 | 48.41 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 16 | 26 | 16.83 | -5 | 51 | 53.25 |
| 4 | | 16 | 08 | 13.07 | 10 | 35 | 24.00 | -5 | 41 | 43.31 |
| | | 16 | 21 | 12.85 | 10 | 48 | 25.19 | -5 | 41 | 23.56 |
| | | 17 | 16 | 57.94 | 11 | 44 | 16.30 | -5 | 40 | 15.18 |
| | | 18 | 54 | 13.00 | 13 | 21 | 41.95 | -5 | 39 | 49.58 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 14 | 10 | 52.09 | -5 | 40 | 27.58 |
| | | 20 | 11 | 03.06 | 14 | 38 | 40.87 | -5 | 40 | 55.34 |
| | | 21 | 03 | 08.01 | 15 | 30 | 52.31 | -5 | 42 | 16.83 |
| 5 | | 16 | 08 | 13.07 | 10 | 27 | 03.33 | -5 | 40 | 56.90 |
| | | 18 | 54 | 13.00 | 13 | 13 | 26.74 | -5 | 40 | 23.43 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 14 | 02 | 38.46 | -5 | 41 | 26.69 |
| | | 20 | 11 | 03.06 | 14 | 30 | 27.33 | -5 | 42 | 12.58 |
| | | 21 | 03 | 08.01 | 15 | 22 | 39.67 | -5 | 44 | 03.93 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 16 | 14 | 56.70 | -5 | 46 | 21.71 |
| 6 | | 16 | 08 | 13.07 | 10 | 22 | 46.43 | -6 | 58 | 51.26 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 14 | 01 | 14.53 | -6 | 54 | 27.91 |
| | | 21 | 03 | 08.01 | 15 | 22 | 29.80 | -6 | 38 | 23.36 |
| 7 | | 19 | 47 | 02.92 | 14 | 01 | 16.91 | -2 | 37 | 54.00 |
| | | 21 | 05 | 42.96 | 15 | 19 | 57.20 | -3 | 37 | 05.20 |
| | | 22 | 26 | 37.00 | 14 | 41 | 37.36 | -3 | 51 | 07.16 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 16 | 09 | 28.53 | -4 | 22 | 59.13 |
| 8 | | 16 | 08 | 13.07 | 10 | 04 | 18.26 | -5 | 14 | 55.51 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 13 | 39 | 52.71 | -5 | 11 | 58.51 |
| | | 21 | 03 | 08.01 | 14 | 59 | 54.43 | -5 | 20 | 41.27 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 15 | 52 | 12.12 | -5 | 28 | 47.28 |
| 9 | | 19 | 43 | 16.95 | 13 | 38 | 22.40 | -3 | 12 | 19.54 |
| | | 21 | 52 | 22.86 | 15 | 46 | 49.21 | -7 | 37 | 04.12 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 15 | 49 | 43.42 | -7 | 43 | 04.84 |
| 10 | | 16 | 08 | 13.07 | 9 | 46 | 07.22 | -6 | 54 | 45.37 |
| | | 17 | 16 | 57.94 | 10 | 55 | 02.62 | -7 | 02 | 35.80 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 13 | 21 | 44.45 | -6 | 59 | 22.07 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 15 | 34 | 01.85 | -6 | 34 | 57.28 |
| 11 | | 16 | 08 | 13.07 | 9 | 44 | 41.03 | -4 | 49 | 23.49 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 13 | 20 | 07.27 | -4 | 44 | 31.61 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 15 | 32 | 19.14 | -5 | 12 | 59.48 |
| 12 | | 16 | 08 | 13.07 | 9 | 30 | 22.95 | -5 | 56 | 48.71 |
| | | 17 | 16 | 57.94 | 10 | 39 | 20.59 | -5 | 58 | 34.11 |
| | | 19 | 43 | 16.95 | 13 | 06 | 12.54 | -6 | 01 | 56.50 |
| | | 21 | 03 | 08.01 | 14 | 26 | 21.46 | -6 | 03 | 11.95 |
| | | 21 | 55 | 17.77 | 15 | 18 | 43.77 | -6 | 03 | 41.36 |
| 13 | | 16 | 08 | 13.07 | 9 | 22 | 57.92 | -5 | 50 | 58.53 |

Продолжение таблицы 2

| Дата № ГСС | UT | | | α_{1950} | | | δ_{1950} | | |
|---------------|----|----|-------|-----------------|----|-------|-----------------|----|-------|
| | h | m | s | h | m | s | ° | ' | " |
| 14 | 17 | 16 | 57.94 | 10 | 31 | 50.22 | -5 | 49 | 01.09 |
| | 19 | 43 | 16.95 | 12 | 58 | 26.22 | -5 | 47 | 54.53 |
| | 22 | 26 | 37.00 | 15 | 42 | 05.29 | -5 | 51 | 39.65 |
| | 16 | 08 | 13.07 | 9 | 14 | 41.32 | -6 | 43 | 43.48 |
| | 17 | 16 | 57.94 | 10 | 23 | 25.01 | -5 | 38 | 17.30 |
| | 19 | 43 | 16.95 | 12 | 49 | 54.36 | -3 | 31 | 51.94 |
| | 21 | 05 | 42.96 | 14 | 12 | 35.96 | -2 | 43 | 47.08 |
| 15 | 21 | 08 | 42.92 | 14 | 15 | 36.81 | -2 | 42 | 28.46 |
| | 16 | 08 | 13.07 | 9 | 07 | 46.46 | -5 | 10 | 06.05 |
| | 17 | 16 | 57.94 | 10 | 16 | 40.27 | -5 | 00 | 57.44 |
| | 21 | 03 | 08.01 | 14 | 03 | 18.50 | -5 | 09 | 19.32 |
| | 21 | 55 | 17.77 | 14 | 55 | 34.72 | -5 | 19 | 06.61 |
| 16 | 22 | 26 | 37.00 | 15 | 26 | 58.59 | -5 | 26 | 00.36 |
| | 21 | 08 | 42.92 | 13 | 41 | 10.22 | -1 | 48 | 13.33 |
| | 22 | 10 | 02.87 | 14 | 43 | 21.60 | -2 | 50 | 20.73 |
| | 22 | 26 | 37.00 | 15 | 00 | 08.16 | -3 | 09 | 51.88 |
| 17 | 21 | 08 | 42.92 | 13 | 23 | 30.98 | -3 | 07 | 22.77 |
| | 21 | 13 | 03.00 | 13 | 27 | 51.86 | -3 | 09 | 14.88 |
| | 22 | 10 | 02.87 | 14 | 25 | 00.36 | -3 | 40 | 17.78 |
| | 22 | 26 | 37.00 | 14 | 41 | 37.36 | -3 | 51 | 07.16 |
| 18 | 21 | 08 | 42.92 | 13 | 22 | 13.64 | -2 | 33 | 14.79 |
| | 22 | 10 | 02.87 | 14 | 23 | 47.24 | -3 | 14 | 19.07 |
| | 22 | 26 | 37.00 | 14 | 40 | 25.11 | -3 | 27 | 37.68 |
| 19 | 21 | 23 | 33.00 | 13 | 03 | 35.30 | -0 | 01 | 33.40 |
| | 22 | 10 | 02.87 | 13 | 50 | 16.65 | -0 | 58 | 08.60 |
| | 22 | 43 | 22.84 | 14 | 23 | 40.31 | -1 | 45 | 45.37 |
| 20 | 18 | 06 | 02.94 | 9 | 41 | 22.77 | -2 | 15 | 09.57 |
| | 21 | 23 | 33.00 | 12 | 59 | 47.45 | -1 | 17 | 58.18 |
| | 22 | 43 | 22.84 | 14 | 19 | 59.77 | -1 | 54 | 47.83 |
| 21 | 21 | 13 | 03.00 | 12 | 42 | 04.95 | -4 | 15 | 24.95 |
| | 22 | 26 | 37.00 | 13 | 55 | 51.67 | -4 | 10 | 34.12 |

Оценка точности результатов наблюдений проводилась по остаточным средне-квадратическим отклонениям для редуцированных формул. В каталоге среднеквадратические ошибки большинства вычисленных точных положений не превышают $\pm 2''$, лишь для сравнительно малого количества они составляют $\pm 5''$ ($\approx 0.1\%$).

Большой полученный массив позиционных наблюдений ГСС в дальнейшем использовался для вычисления элементов орбит и создания предварительной версии Гиссарского каталога орбит геостационарных объектов. Каталог содержит предварительные элементы орбит всех отождествленных геостационарных объектов (1989-2000 гг.). Он включает в себя активные и пассивные ГСС, движущиеся в либрационном режиме.

Предварительные элементы орбит вычислялись по программам Института Теоретической Астрономии Российской Академии Наук, любезно предоставленные сотрудниками данного института Соколиной А.С. и Григорьевым К.В., в рамках совместного научно-технического сотрудничества между нашими институтами.

Элементы орбит вычислялись в двух координатных системах: относительно плоскости экватора и относительно плоскости Лапласа [9].

Отождествление объектов осуществлялось по спискам геостационарных объектов (LOG), распространяемых Европейским Космическим Оперативным Центром (ESOC) за 1992-1995 годы [10]. Использование данных списков позволило идентифицировать 91 спутник (55 – активные и 36 – пассивные) с международными обозначениями (COSPAR designation).

При отождествлении ГСС за основу брались следующие элементы вычисленных орбит: i – наклон орбиты, Ω – долгота восходящего узла и λ – долгота «подспутниковой» точки:

$$\lambda = M + \omega + \Omega - S,$$

где M – средняя аномалия, ω – аргумент перигея, S – Гринвичское звездное время.

Из-за малости эксцентриситета e , параметры e и ω определяются ненадежно, поэтому при отождествлении данные параметры не использовались.

В качестве примера в таблицах приведены фрагменты результатов отождествления активного (табл. 3) и пассивного ГСС (табл. 4) из Гиссарского каталога орбит.

Таблица 3

Результат отождествления активного геостационарного спутника

| Номер | Международный номер | Название | Страна | Тип | |
|----------------------------|---------------------|----------------|----------|------------|-----------|
| 34 | 1983 105A | Intelsat 5 f-7 | USA-IT | Active | |
| Jul Date | i | i_L | Ω | Ω_L | λ |
| 47622 ^d .952448 | 0°.084 | 7°.302 | 251°.171 | 180°.629 | 66°.007 |
| 47658.769635 | 0.118 | 7.277 | 268.906 | 180.935 | 66.075 |
| 47659.853871 | 0.116 | 7.277 | 269.124 | 180.915 | 66.050 |
| 47704.807922 | 0.026 | 7.254 | 41.156 | 179.864 | 65.993 |
| 47743.839172 | 0.023 | 7.276 | 95.051 | 179.816 | 65.921 |
| 47797.706325 | 0.024 | 7.298 | 179.540 | 179.998 | 65.979 |
| 47860.836673 | 0.080 | 7.262 | 279.143 | 180.625 | 65.973 |
| 47943.838571 | 0.023 | 7.287 | 236.955 | 180.154 | 66.033 |
| 48043.860353 | 0.044 | 7.263 | 284.336 | 180.335 | 65.962 |
| 48070.859427 | 0.049 | 7.251 | 61.656 | 179.661 | 65.976 |
| 48097.838224 | 0.088 | 7.260 | 80.464 | 179.316 | 65.977 |
| 48124.827668 | 0.154 | 7.273 | 88.935 | 178.784 | 66.025 |
| 48393.756001 | 0.786 | 7.163 | 78.834 | 173.800 | 56.940 |
| 48481.773941 | 1.036 | 7.159 | 79.571 | 171.793 | 56.876 |
| 48533.866534 | 1.136 | 7.153 | 79.421 | 170.997 | 56.874 |
| 48660.810284 | 1.469 | 7.100 | 77.443 | 168.319 | 56.914 |
| 48807.847205 | 1.820 | 7.020 | 74.826 | 165.472 | 56.943 |
| 48808.846059 | 1.822 | 7.021 | 74.851 | 165.456 | 56.955 |
| 48809.848224 | 1.824 | 7.020 | 74.839 | 165.445 | 56.969 |
| 49039.846534 | 1.893 | 7.027 | 75.056 | 164.877 | 56.881 |
| 50010.861684 | 2.040 | 7.002 | 74.299 | 163.670 | 56.824 |
| 50219.889867 | 2.048 | 6.990 | 73.975 | 163.607 | 56.845 |

Продолжение таблицы 3

| Jul Date | i | i_L | Ω | Ω_L | λ |
|--------------|-------|-------|----------|------------|-----------|
| 50606.891906 | 2.051 | 6.988 | 73.911 | 163.580 | 56.856 |
| 51105.891904 | 2.066 | 6.985 | 73.844 | 163.458 | 56.828 |
| 51375.805678 | 2.767 | 6.894 | 71.147 | 157.631 | 56.757 |
| 51701.845307 | 2.946 | 6.829 | 69.627 | 156.096 | 56.783 |

Таблица 4

Результат отождествления пассивного геостационарного спутника

| Номер | Международный номер | Название | Страна | Тип |
|-------|---------------------|---------------------|--------|-------|
| 17 | 1983 100A | Stationsar-ekran 11 | USSR | Libr. |

| Jul. Date | i | i_L | Ω | Ω_L | λ |
|----------------------------|--------|--------|----------|------------|-----------|
| 47704 ^d .752832 | 4° 910 | 7° 546 | 73° 779 | 141° 256 | 86° 044 |
| 47860.805607 | 5.016 | 7.575 | 73.624 | 140.476 | 77.843 |
| 48043.742436 | 5.120 | 7.566 | 73.017 | 139.588 | 66.131 |
| 48097.836673 | 5.290 | 7.527 | 71.739 | 138.050 | 54.698 |
| 48190.860353 | 5.752 | 7.524 | 69.557 | 134.179 | 52.531 |
| 48660.857691 | 5.841 | 7.544 | 69.365 | 133.504 | 56.431 |
| 48916.811511 | 5.901 | 7.551 | 69.151 | 133.017 | 61.175 |
| 49160.739775 | 6.091 | 7.514 | 67.868 | 131.266 | 80.859 |
| 49519.769636 | 6.909 | 7.485 | 63.781 | 124.069 | 78.809 |
| 50009.808548 | 7.224 | 7.474 | 62.202 | 121.227 | 53.918 |
| 50256.849312 | 7.638 | 7.447 | 60.002 | 117.365 | 52.392 |
| 50606.822182 | 7.784 | 7.403 | 58.917 | 115.803 | 65.730 |
| 51046.780747 | 7.802 | 7.412 | 58.917 | 115.689 | 66.124 |
| 51375.825237 | 7.812 | 7.397 | 58.731 | 115.516 | 68.031 |

Элементы орбит ГСС приведены в следующем порядке:

Jul. Date – юлианская дата;

i – наклон орбиты и **Ω** – долгота восходящего узла (отнесенные к плоскости экватора);

i_L – наклон орбиты и **Ω_L** – долгота восходящего узла (отнесенные к плоскости Лапласа);

λ – долгота подспутниковой точки.

Предварительная версия Гиссарского каталога орбит является результатом реализации интенсивной программы оптических наблюдений, проведенных на камере ВАУ в период 1989-2000 гг., содержит предварительные орбиты всех отождествленных объектов и является основой списка контролируемых в ГисАО геостационарных объектов геостационарной области.

Каталог позволяет выявлять ранее запущенные и вновь запущенные объекты, будет полезен для тех пунктов, которые перекрывают наблюдаемые с ГисАО долготы, как для сравнения результатов своих наблюдений, так и для отождествления отдельных объектов.

Каталог имеет огромное значение для контроля большого числа народнохозяйственных спутников и может использоваться в решении задач по проблеме экологии околоземного космического пространства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев Н.И., Масевич А.Г., Клеицкий Б.М., Татевян С.В.. В кн.: Использование оптических наблюдений искусственных спутников Земли для геодезии. София: Издательство Болгарской АН, 1979, 275 с.
2. Рыжова Л.В.. Использование наблюдений ИСЗ для решения задач геодинамики. Наблюдения ИСЗ, М., 1974, № 13, с. 194-218.
3. Flury W. Collision Probability and Spacecraft Disposition in the Geostationary Orbit. Adv. Space Res. 1991. Vol. II, № 12, pp.(12) 67-(12) 79.
4. Сочилина А.С. Об использовании геостационарных спутников для определения параметров геопотенциала. Наблюдения ИСЗ, 1984. № 23. с. 211-231.
5. Проблемы загрязнения космоса (Космический мусор). Ред. А.Г.Масевич. М.: Космосинформ, 1993, 150 с.
6. Столкновения в околоземном пространстве (Космический мусор). Ред. А.Г.Масевич. М.: Космосинформ, 1995, 322 с.
7. Околоземная астрономия (Космический мусор). Ред. А.Г.Масевич. М.: Космосинформ, 1998, 277 с.
8. Гулямов М.И., Литвинов С.П., Масуми Ф.Н., Матвеев Н.Н., Мулло-Абдолов А.Ш., Наимов О., Юлчиев А.О. Результаты позиционных фотографических наблюдений геостационарных спутников на камере ВАУ. Реферативный сборник непубликуемых работ Национального патентно-информационного центра Республики Таджикистан, выпуск 01, 2004, № 30(1651), 118 с.
9. Григорьев К.В., Гулямов М.И., Сочилина А.С. О методах отождествления неуправляемых геостационарных спутников. Наблюдения ИНТ., 1994, № 88, с. 57.
10. Janin G. LOG of objects near the geostationary ring. Issues № 6 – 15, ESOC, 1992, 1993.

УДК 523.74+616.988

О.А.АЛИМОВ¹, Ф.И.ОДИНАЕВ², М.Ф.ФАТХУДДИНОВА²

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ СВЯЗИ МЕЖДУ ГОДОВЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ГРИППОМ И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

Институт астрофизики Академии наук Таджикистана¹,
Таджикский НИИ Профилактической Медицины²,

Приводятся результаты анализа годовой интенсивности показателя заболеваемости гриппом и возможной его связи с солнечной активностью. Показано, что прямая зависимость годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом с солнечной активностью W отсутствует. Показано, что большинство эпидемических вспышек приходится на годы минимума и максимума солнечной активности. А в годы нарастания и спада солнечной активности уровень годового индекса интенсивности показателей заболеваемости гриппом (ГИИП) низкий. Получено эмпирическое выражение, которое может быть использовано для расчета значений индекса интенсивности заболеваемости гриппом с погрешностью 10-15% для прогноза заболеваемости в периоды эпидемий гриппа.

TO A QUESTION ON AN OPPORTUNITI OF CONNECTION BETWEEN AN ANNUAL PARAMETER OF INTENSITY MORBIDITY BY AN INFLUENZA AND SOLAR ACTIVITY, by A.Alimov, F.I.Odinaev and M.F.Fatkhuddinova

Results of the analysis of annual intensity of a parameter of morbidity by a grippe and its possible connection with solar activity are resulted. It is shown, that direct dependence of an annual index of intensity of a parameter of morbidity of a grippe with solar activity W is absent. It is shown, that the majority of epidemic outbreaks is necessary for years of a minimum and a maximum of solar activity. And within increase and recession of solar activity a level of an annual index of intensity of parameters of morbidity of a grippe (AIP) low. Empirical expression which can be used for calculation of values of an index of intensity of morbidity by a grippe with a margin error 10-15 for the forecast of morbidity during the periods of grippe epidemics is received.

В ряде работ приводятся данные о влиянии солнечных вспышек на биосферу [1-3], что четко проявляется в резком росте дорожных происшествий и сердечно-сосудистых катастроф после мощных вспышек на Солнце, достигающих максимума в день вспышки или на следующий день [1]. Следовательно, можно ожидать либо прямого влияния излучения солнечных вспышек, либо влияния на организм изменений геофизических условий, возникающих как последствия вспышек.

В настоящей статье приводится возможная связь между годовым показателем интенсивности заболеваемости гриппом (ГИП) с 11-летним циклом солнечной активности (числом Вольфа W).

Выяснение закономерностей подобной связи обусловлено как практической необходимостью (прогноз эпидемического течения заболеваемости и его обоснование), так и необходимостью выяснения этиологии гриппа.

Имеются работы, в которых рассматривают влияния солнечной активности, изменяющейся в 11-летнем цикле, на число эпидемий и пандемий гриппа. Существуют разноречивые суждения в оценке влияния циклической 11-летней деятельности солнца на возникновение эпидемии гриппа. Результаты, полученные различными авторами, часто носят противоречивый характер [4]. Это связано с тем, что исследуемое явление искажается рядом факторов, и поэтому не всегда удается его определить в чистом виде.

Таковыми искажающими факторами в основном являются следующие:

1. в историческом прошлом документальная фиксация числа заболеваемости гриппом была несовершенной;
2. неоднородность исходных данных в различные периоды цикла солнечной активности;
3. изменчивость штаммов гриппа в различные периоды цикла солнечной активности;
4. эпидемиологическая эффективность противогриппозного иммунитета у населения в различные периоды цикла солнечной активности;
5. недостаточная надежность использованных методов анализа первичных материалов.

До настоящего времени неясно, как изменяется годовая интенсивность показателя заболеваемости гриппом (ГИП) в течение 11-летнего цикла солнечной активности, где ГИП – годовой интенсивный показатель заболеваемости гриппом (на 10 000) населения г. Душанбе.

На рис. 1 изображена зависимость среднегодового индекса интенсивности показателей заболеваемости гриппом ГИИП от среднегодового значения чисел Вольфа W .

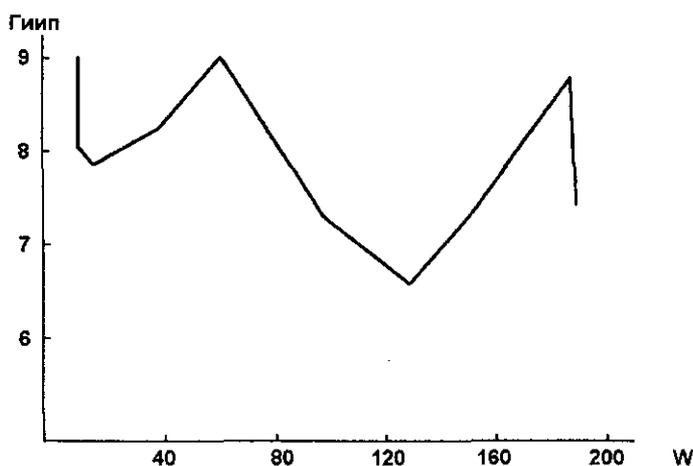


Рис. 1. Зависимость среднегодового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом от среднегодового числа Вольфа W за 1976-1986 гг.

Характерной особенностью является то, что в годы максимума солнечной активности годовой индекс интенсивности показателей заболеваемости гриппом ГИИП меньше, чем в годы минимума солнечной активности на 20-25%.

Из рассмотренной связи годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом с солнечной активностью видно, что большинство эпидемических вспышек приходится на годы минимума и максимума солнечной активности. Низкий уровень годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом приходится на годы нарастания и спада солнечной активности.

Из изложенного видно (рис 1), что прямая зависимость годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом от солнечной активности W отсутствует. Максимум годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом приходится на низкие и высокие значения солнечной активности W , а при средней активности наблюдается минимум годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом.

На рис. 2 приведены графики среднегодового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом (кривая 2) и среднегодовых значений солнечных пятен (кривая 1) за 11-лет 1976-1986 гг. [5]



Рис. 2. Изменение среднегодового значения числа Вольфа W и среднегодового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом 1976-1986 гг. 1 – солнечная активность (W); 2 – индекс интенсивности показателя заболеваемости гриппом (ГИИП); 3 – индекс интенсивности показателя заболеваемости гриппом (ГИИП) по формуле.

Как видно из рисунка, годовой индекс интенсивности показателя заболеваемости гриппом ГИИП (кривая 2) имеет разнонаправленный характер. Анализ за 11 лет показывает, что ГИИП в годы минимума и максимума выше, чем в годы подъема и спада солнечной активности.

Сопоставление солнечной активности с данными годовой интенсивности показателей заболеваемости гриппом – ГИП – выявило в большинстве анализируемых случаев их разнонаправленный характер.

В настоящее время трудно найти объяснение разнонаправленному характеру изменения годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом с 11-летним циклом солнечной активности. Однако не исключена возможность влияния иммунологического фактора человеческого организма на ГИИП в 11-летнем цикле солнечной активности. Этот вопрос требует дальнейшего исследования.

Используя способ наименьших квадратов по параболе второго порядка и зная среднегодового значения чисел Вольфа W, характеризующих солнечную активность, можно построить зависимость годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом – ГИИП.

Для удобства и уменьшения ошибок и погрешностей при статистических расчетах нами принято понятие «Годовой индекс интенсивности показателя заболеваемости гриппом – ГИИП». Отношение годовой интенсивности показателя заболеваемости гриппом к числу дней в году – N, т.е. $ГИИП = ГИП / N$

Из этого следует, что сущность и характер развития ГИП не меняется. Например, годовая интенсивность показателя заболеваемости гриппом в 1980 г. $ГИП=3143,8$, а годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом равняется $ГИИП = 8,613$.

Изменения годового индекса интенсивности показателя заболеваемости гриппом в зависимости от уровня солнечной активности, выраженной среднегодовыми числами Вольфа, представлены на рис. 1-2. Зависимость ГИИП от числа Вольфа W в общем виде может быть выражена уравнением параболы второго порядка:

$$\text{Гиип} = c + bW + aW^2, \quad (1)$$

где циклические коэффициенты a , b , c также находятся с помощью метода наименьших квадратов. Расчет показывает, что приближенно эта зависимость может быть выражена уравнением:

$$\text{Гиип} = 9,9504 - 5,1465 \times 10^{-2}W + 2,19 \times 10^{-4}W^2. \quad (2)$$

По среднегодовым значениям числа Вольфа W можно произвести расчет годового индекса интенсивности показателей заболеваемости гриппом. Для иллюстрации на рис. 2 представлен график ГИИП, полученный по официальным статистическим данным [6] и расчетным значениям ГИИП по формуле 2 и по среднегодовым значениям чисел солнечных пятен за 1976 и 1986 годы. Из сравнения годового индекса интенсивности показателей заболеваемости гриппом и расчетных значений ГИИП видно, что расхождения между ними очень небольшие и вполне могут удовлетворять нормы годового прогнозирования.

Видно, что в годы минимума и максимума солнечной активности наблюдается хорошее согласие расчетных значений годового индекса интенсивности показателей заболеваемости гриппом с официальными статистическими значениями годового индекса интенсивности показателей заболеваемости гриппом. В годы максимума и минимума солнечной активности разница между зарегистрированным числом заболеваемости и теоретическими расчетами по формуле (2) не превышает 5-10%, а в годы спада и нарастания солнечной активности разница между индексом годовой интенсивности показателей заболеваемости гриппом и теоретическим расчетом по формуле (2) достигла 15%.

Таким образом, предложенный метод может быть использован для прогнозирования годового индекса интенсивности показателей заболеваемости гриппом по среднегодовым значениям числа Вольфа W .

ЛИТЕРАТУРА

1. Гневнышева М.И., Оля А.И. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу. М.: Наука, 1971, 260 с.
2. Дружинин И.П., Сазонов Б.И., Ягодинский В.И. Космос-Земля. Прогнозы. М.: Мысль, 1974, 288 с.
3. Загускин Ю.С., Иванов В.Н. В сб.: Влияние солнечной активности на биосферу (Проблемы космической медицины. Т. 43). М.: Наука, 1982, с 59-65.
4. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль 1973, 352 с.
5. Солнечные данные 1990 г. Бюллетень № 10. (Международные среднемесячные и средне годичные числа Вольфа за 1971-1989 гг.). Л.: Наука, 1990.
6. 0286004253, Особенности эпидемиологии и этиологическая структура гриппа и острых респираторных заболеваний в г. Душанбе: Отчет о НИР / Тадж. НИИ эпидемиологии и гигиены; 1986.03.12; 28 с. УДК 616.921.5.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Х.И.Ибадинов. Академик Добровольский О.В. – основатель научной школы по физике комет в Таджикистане..... | 5 |
| С.Ибадов. Некоторые актуальные проблемы физики комет..... | 15 |
| Х.И.Ибадинов. Лабораторное моделирование комет в Таджикистане..... | 19 |
| Х.И.Ибадинов, А.А.Рахмонов, А.М.Буриев. Деление ядра кометы Веста С/1975 V1 и возможные последствия..... | 31 |
| М.Нарзиев, И.Ф.Малышев. Результаты комплексных радиотелевизионных (ТВ) наблюдений метеорных потоков в Таджикистане. I. Динамические характеристики..... | 35 |
| М.И.Гулямов. Позиционные наблюдения геостационарных объектов на камере ВАУ..... | 46 |
| О.А.Алимов, Ф.И.Одинаев, М.Ф.Фатхудинова. К вопросу о возможности связи между годовым показателем интенсивности заболеваемости гриппом и солнечной активностью..... | 55 |

CONTENTS

| | |
|---|----|
| Kh.I.Ibadinov. Academician Dobrovolsky O.V. – Founder Scientific School on Physics of Comets in Tajikistan..... | 5 |
| S.Ibadov. Some Actual Problems in the Physics of Comets..... | 15 |
| Kh.I.Ibadinov. Laboratory Modeling of Comets in Tajikistan..... | 19 |
| Kh.I.Ibadinov, A.A.Rahmonov and A.M.Buriev. Splitting of the Nucleus of Comet West C/1975 V1 and Possible Consequences..... | 31 |
| M.Narziev and I.F.Malyshev. The Combined Results of the Radar and Television Observations of Meteor Showers in Tajikistan. I. Dynamical Characteristics..... | 35 |
| M.I.Gulyamov. Positional Observations of Geostationar Objects on the High-Precision Astronomical Camera..... | 46 |
| A.Alimov, F.I.Oдинаev and M.F.Fatkhuddinova. To a Question on an Opportuniti of Connection Between an Annual Parameter of Intensity Morbidity by an Influenza and Solar Activity..... | 55 |

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук Республики Таджикистан*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

П.Б.Бабаджанов (ответ. редактор), **Г.И.Кохирова** (ответ. секретарь),
О.Алимов, С.И.Герасименко, Х.И.Ибадинов, С.И.Ибодов, Н.Х.Миникулов

Редактор издательства
Технический редактор
Корректор

Подписано в печать 17.01.2006
Формат 70x108 Бумага офсетная Сорт –1 Печать оперативная
Уч.-изд.л. 3,5 Тираж 200 Заказ 2

Издательство и типография «Дониш», 734029, Душанбе,
ул. Айни, 121, корп. 2

