



Н.Г. Ризванов, Ю.А. Нефедьев, М.В. Кутленков
Астрономическая обсерватория им. В.П. Энгельгардта, Казань
Star1955@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СЕЛЕНОДЕЗИИ И ДИНАМИКИ ЛУНЫ В КАЗАНИ

Представлена краткая история развития гелиометрических и позиционных наблюдений Луны, проведенных в Казанском университете и Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта в период с конца прошлого века и до настоящего времени. В статье обсуждаются все аспекты исследования Луны, ее вращения и гравитационного поля.

1. Введение

В Казанском университете и Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта (АОЭ) большое внимание уделяется исследованию Луны и ее вращению. Ниже дается краткий исторический перечень научных исследований, выполненных работниками АОЭ.

2. Гелиометрические наблюдения Луны

Работы по исследованию фигуры и вращения Луны были начаты в Казанском государственном университете более ста лет назад.

В 1894 году приват-доцент А.В. Краснов вернулся из Геттингена, куда был послан профессором Д.И. Дубяго (в то время директор Астрономической обсерватории Казанского университета) для ознакомления с методом изучения на гелиометре физической либрации Луны. Краснов систематизировал наблюдения, выполненные на гелиометре Рапсольда, который был привезен в 1874 г. в Казань из Петербургской академии наук. В период с 1895 по 1898 годы А.В. Краснов выполнил 112 измерений кратера Местинга А и 50 – кратеров Прокл и Аристарх, относительно точек края Луны. Эти наблюдения положили начало фундаментальным исследованиям Луны в Казани, вообще, и серии гелиометрических наблюдений Луны, в частности. В дальнейшем А.В. Краснов занял место главы астрономической обсерватории Варшавского университета. Таким образом, его наблюдения не были обработаны до тех пор, пока А.А. Нефедьев (1955) не сделал это в 1955 г.

Ассистент А.А. Михайловский в 1900 – 1905 г.г. выполнил 58 измерений кратера Местинг А и сформировал вторую казанскую серию, которая была обработана ассистентом Береславской обсерватории М. Волкелом (Volkell, 1908) и М.И. Бельковичем (1936). В 1905 г. гелиометр был послан в фирму Рапсольда в Гамбург для профилактики, а в 1908 возвращен в Казань и установлен в загородной Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта.

После ухода Михайловского на другую работу, наблюдение Луны на гелиометре продолжил магистрант астрономии Варшавского университета Т.А. Банахевич. В 1910 – 1915 г.г. он провел 130 высокоточных наблюдений кратера Местинг А. Эти наблюдения составили третью казанскую гелиометрическую серию, которая была обработана А.А. Яковкиным в 1928 г. (Habibullin et al., 1984).

В 1915 году Т.А. Банахевич отбыл из Казани в астрономическую обсерваторию Тарту. А.А. Яковкин продолжил наблюдения Луны. В 1916 году он начал формировать чет-

вертую серию гелиометрических наблюдений. За 15 лет он выполнил 215 измерений кратера Местинг А.

А.А. Яковкин (1939; 1945) был первым казанским астрономом, обработавшим гелиометрические наблюдения Луны самостоятельно. Затем его последователь И.В. Белькович собрал гелиометрические наблюдения Луны за период более 17 лет (1931 – 1948). Он провел 247 измерений кратера Местинг А и опубликовал результаты в работе (Белькович, 1949). После его безвременной кончины в 1949 г., лунные исследования были продолжены А.А. Нефедьевым. Еще будучи аспирантом, он принял активное участие в наблюдениях. Как астроном-наблюдатель, за 38 лет он сформировал две серии гелиометрических наблюдений, включая около 400 измерений кратера Местинг А. Таким образом, ученые Казанской обсерватории и АОЭ с помощью гелиометра Рапсольда получили семь серий гелиометрических измерений положения кратера Местинг А относительно точек лимба Луны за период с 1895 по 1958 гг.

Наиболее сложная в астрометрии – работа по редуцированию гелиометрических наблюдений физической либрации Луны. Не секрет, что наблюдатель сам не обрабатывает первые гелиометрические наблюдения. Несколько астрономов из Германии, начавшие изучение вращения и фигуры Луны, были вовлечены в работу. Только в 1928 г. А.А. Яковкин сумел независимо от Банахевича обработать ряд таких наблюдений. А.А. Яковкин и И.В. Белькович усовершенствовали метод редукирования гелиометрических наблюдений. В частности, Белькович предложил новый фундаментальный метод определения параметра F , имеющий двойственность решения. Параметр F имеет два значения: 0.62 и 0.71. Первое значение позднее стало общепринятым, согласно космических наблюдений (Белькович, 1948).

Отметим, что «если профессор Д.И. Дубяго с его более чем тридцатилетней активностью по организации гелиометрических наблюдений заложил основу казанской школы исследования вращения Луны, заслуга возведения здания над этим фундаментом принадлежит А.А. Яковкину. Он значительно улучшил теорию обработки гелиометрических наблюдений Луны (Хабибуллин, 1958). Заметим также, что Яковкин был одним из первых, кто разработал теорию физической либрации Луны (ФЛЛ) в России. По признанию всех, созданная им техника редукирования гелиометрических наблюдений превосходила другие методы. Например, метод Гартвига, опубликованный много позже, уступает методу А.А. Яковкина по точности.

Ш.Т. Хабибуллин внес большой вклад в развитие метода редукиции гелиометрических наблюдений. Его метод базировался на анализе наивысшей гармоник в рядах наблюдений ФЛЛ по долготе, обеспечивая однозначное определение параметра F , в отличие от Бесселя-Вихмана и К. Козиела, которые давали двойственное решение для параметра F . В 1955 – 1957 гг. этим методом Ш.Т. Хабибуллин (1955) редуцировал шесть гелиометрических рядов, полученных в 1895 – 1945 годах. В отличие от предыдущих авторов, параметры ФЛЛ, полученные им, были близки к результатам космических и лазерных исследований Луны, проведенных в 1960 – 1970 гг.

В 1972 – 1978 гг. Г.М. Столяров (1980) выполнил новую редукицию всех казанских гелиометрических рядов. Он обработал 11120 наблюдений кратера Местинг А, полученных шестью учеными с 1895 по 1958 годы. Он использовал новые методы обработки наблюдений (Ш.Т. Хабибуллина, К.Козиела, Шрутки-Рехтенштамма) и новые для той эпохи динамические параметры Луны и эфемериду $j=2$. Позже Ю.А. Нефедьев улучшил метод обработки гелиометрических наблюдений и получил свой ряд наблюдений.

Следует отметить работы Ш.Т. Хабибуллина (1968), С.Г. Валева (Хабибуллин, 1974) по определению параметров ФЛЛ из 36 гелиометрических наблюдений Гартвига в Тарту в 1884 – 1885 гг. и из 157 гелиометрических измерений, полученных Гартвигом в Бамберге в 1890 – 1910 гг.

3. Наземные и космические фотографии Луны

В АОЭ фотографические исследования Луны проводились для решения трех проблем: изучения вращения Луны, определение селенодезических координат лунных кратеров, составление равномерной шкалы эфемеридного времени. В 1949 году И.В. Белькович сконструировал специальный горизонтальный астрограф с целостатом и дополнительным зеркалом.

Объектив телескопа представлял собой сдвоенный апланат с диаметром 20 см и фокальным расстоянием 8 м. Однако, вследствие смерти ученого прибор так и не был доведен до рабочего состояния.

Завершил его создание Ш.Т. Хабибуллин (1958): три фотографии Луны были получены на фотопластинке размером 13 x 18 см. Для определения масштаба снимка на отдельную фотопластинку фотографировались звездные площадки. Для определения ориентировки снимков использовались три изображения самой Луны. Для изучения ФЛЛ этого было достаточно.

В 1949 – 1952 гг. Ш.Т. Хабибуллин получил множество фотографий Луны, из которых 40 были выбраны для изу-

NN	Наблюдатель	Годы	№	Автор обработки
1	Краснов	1895-1895	112	А. Нефедьев (Чиканов, 1968)
2	Михайловский	1900-1905	58	Волкел (Volkel, 1908), Белкович (1936)
3	Банахевич	1910-1915	130	Яковкин (1928)
4	Яковкин	1916-1931	251	Яковкин (1939; 1945)
5	Белкович	1931-1948	247	Белкович (1949), Ю.Нефедьев (1986)
6	А.Нефедьев I	1938-1945	143	А.Нефедьев (1951)
7	А.Нефедьев II	1946-1958	267	А.Нефедьев (1970), Ю.Нефедьев (1986)

Табл. Казанская гелиометрическая серия наблюдения кратера Местинг А. № – число наблюдений кратера Местинг А.

чения ФЛЛ. Постоянная ФЛЛ F была определена двумя методами: Бесселя-Вихмана и Козиела. Результаты редукиции фотографических наблюдений подтвердили пригодность этого метода для изучения вращения Луны.

Изучение неравномерности вращения Земли и установление равномерной шкалы эфемеридного времени стало важной проблемой астрономии и геодинамики середины XX века. В 1953 году американский астроном В. Марковиц предложил двухпозиционную камеру, которая позволяла фотографировать Луну и фон окружающих звезд одновременно. В 1958 году такие наблюдения были начаты в АОЭ на рефракторе Цейсса с двухлинзовым фотовизуальным объективом ($D=148$ мм, $f=2580$ мм). Камера Марковица была установлена под руководством Н.Д. Калиненко. В течение 1958 – 1961 годов сотрудник АОЭ Н.Г. Ризванов получил 435 изображений Луны со звездами. Результатом обработки этих наблюдений явилась корректировка эфемеридного времени для следующих эпох: 1958.25, 1959.61, 1960.43, 1961.37 (Ризванов, 1965).

Для освоения Луны ракетно-космической техникой было необходимо построить топографическую карту ее видимой стороны. Поэтому определение селенодезических координат лунных объектов становится важной задачей в 1960 – 1970 годах. Было совершенно очевидно, что требовались крупномасштабные снимки Луны для решения этой проблемы. К сожалению, получить такие фотографии было технически очень сложно. Поэтому брались фотографии Луны без звезд, сделанные на телескопах с большими фокусами. При этом возникали трудности при определении их масштаба, ориентировки и нуля-пункта. Первые крупномасштабные снимки Луны были получены в 1964 году в АОЭ Н.Г. Ризвановом с помощью горизонтального телескопа. Для этого телескоп был модернизирован (Rizvanov, 1971) и было получено несколько десятков снимков. На их основе С.Г. Валева (1970) выполнил соответствующие селенодезические исследования.

Позже наблюдения Луны со звездами с помощью горизонтального телескопа были сделаны камерой Н.Ф. Быстрова (Habibullin et al., 1974). В 1970 году телескоп был перенесен в район Зангезурского хребта на высокогорную станцию. Около 1000 фотографий Луны в системе звезд были получены в 1970 – 1975 гг. На этой стадии работа была выполнена совместно с Институтом космических исследований АН СССР (Гурштейн и др., 1974). Множество проблем селенодезии было решено на основе анализа этих наблюдений: создан каталог селенодезических положений 120 кратеров на базе координат 10 кратеров, полученных по измерениям на гелиометре относительно звезд (Нефедьев, Щукин, 1985), несколько работ было выполнено по изучению краевой зоны Луны (Habibullin et al., 1984), определены параметры физических либраций (Гараев, 1980), построены карты краевой зоны Луны в системе ее центра масс (Рахимов, 1993), произведено определение ориентировки эллипсоида инерции Луны.

Несколько работ по вычислению эфемеридного времени и его использованию для анализа селенодезических опорных систем координат были сделаны на базе фотоснимков Луны, полученных на 16'' рефракторе АОЭ с фокусом 3750 мм (Валева, 1970).

На базе космических фотографий была создана в 70 – 80 гг. в сотрудничестве с Институтом космических иссле-

дований АН СССР карта лунной поверхности. Топографические характеристики темной стороны Луны и ее краевых зон были вычислены по данным, полученным с космических аппаратов Зонд-6 и 8, переданными для обработки в АОЭ из Института космических исследований. Наибольшему анализу подвергся район Восточного моря Луны (Шпекин, 1984).

Несколько исследований было проведено С.Г. Валеевым (1990) на базе наземных и космических фотографий Луны. Он разработал метод регрессивного анализа для решения проблем фотографической астрометрии и селенодезии. Работа Н.Г. Ризванова (1992) положила начало фотографическому методу наблюдений в селенодезии и продолжила развитие основных идей фотографической астрометрии (Ризванов, 1991).

4. Теория вращения Луны

Самое значительное теоретическое исследование вращения Луны – это, безусловно, работа Ш.Т. Хабибуллина «Нелинейная теория физической либрации Луны» (1966). Автор решил проблему нелинейных флуктуаций вращения Луны методами Н.М. Крылова, Н.Н. Боголюбова и Н.Г. Малкина. Нелинейная теория в случае резонанса ($f = 0.622$) давала устойчивое решение в отличие от линейной. В интервалах, далеких от резонанса, не обнаруживала существенного улучшения по сравнению с линейной теорией, но более полно описывала так называемые «свободные колебания». Статья Ш.Т. Хабибуллина показала, что свободные колебания Луны не более $0.3''$. Ш.Т. Хабибуллин и Ю.А. Чиканов подробно рассмотрели проблему свободных колебаний Луны и Эйлеровское движение ее полюсов.

Ю.А. Чиканов составил таблицы коэффициентов разложения в тригонометрические ряды ФЛЛ компонентов. Он придерживался мнения, что компоненты ЛФК зависят не только от параметра F , но и от наклона I . Подобные исследования были сделаны Д. Эдгардом, А. Мигусом и М. Мунсом.

Ш.Т. Хабибуллин (1974; 1978) дал анализ селенографической системы координат и развил теорию прецессии осей вращения Луны. Он осуществил фундаментальные исследования движения спутника относительно центра масс Луны в центральном ньютоновском силовом поле.

К.С. Шакиров (1975) изучил вопрос о влиянии внутренней структуры Луны на ее движение.

5. Селенодезические опорные системы координат и геометрическая фигура Луны

Сотрудники АОЭ провели уникальные исследования геометрии Луны на основе гелиометрических и фотографических наблюдений. Анализируя гелиометрические наблюдения кратера Местинг А, А.А. Яковкин (1934) выявил зависимость между радиусом диска Луны и оптической либрацией по широте, названной «Эффектом Яковкина». На основе этих данных он высказал гипотезу о том, что на шарообразной Луне, около ее южного полюса, имеется утолщение, толщина которого изменяется в зависимости от оптической либрации Луны.

Белькович (1949) изучил фигуру Луны, рассматривая отдельно радиусы, выведенные из гелиометрических наблюдений восточного и западного краев лунного диска. Он установил, что радиус восточного края Луны на $0.14''$ больше западного, а также, что радиусы восточного и за-

падного краев лунного диска по разному зависят от оптической либрации по широте, т.е. лимб Луны при разных значениях оптической либрации имеет разную форму.

Хабибуллин дал теоретическое обоснование лунной картографии (Нефедьев, 1970).

А.А. Нефедьев (1985) построил карты краевой зоны Луны на основе значений 5630 высот в краевой зоне, определенных по гелиометрическим измерениям. В этой фундаментальной работе было дано решение вопроса о нулевой поверхности, от которой должны отсчитываться высоты на Луне. В работе (Нефедьев и др., 1990) сделано уточнение этих карт рельефа краевой зоны Луны, учтен микрорельеф Луны по второй модели Яковкина.

Л.И. Рахимов (1993) по данным измерений более 40000 точек лимба Луны на 127 крупномасштабных снимках Луны со звездами построил карты краевой зоны, впервые приведенные к ее центру масс. Эти карты наиболее достоверны среди других карт высот в краевой зоне Луны.

Следует отметить, что кроме измерений кратера Местинг А с целью изучения ФЛЛ, на гелиомере Распольда АОЭ проводились наблюдения ряда кратеров с целью определения их селенодезических координат. В 1970–1975 гг. А.С. Мамаков выполнил 468 измерений 32 кратеров относительно кратера Местинг А. Для повышения точности результатов он усовершенствовал гелиомер. В частности, был разработан метод измерения позиционных углов и угловых расстояний «Местинг А – кратер». В результате впервые по гелиометрическим измерениям построена независимая по масштабу и ориентировке селенодезическая система координат 32 кратеров (Яковкин, 1945). В 1975–1985 гг. Нефедьев выполнил 1500 измерений на гелиомере для определения селеноцентрических координат 10 кратеров путем привязки к звездам. Таким образом, впервые по гелиометрическим измерениям была построена полностью независимая селеноцентрическая система координат 10 кратеров (Нефедьев, 1985).

В процессе работы были получены результаты сравнительного анализа восьми основных селенодезических систем координат (Habibullin et al., 1972). Ризванов и Рахимов определили точность селенодезических опорных систем путем непосредственного сравнения каталожных и измеренных на крупномасштабных снимках Луны со звездами положений кратеров (Habibullin et al., 1984). Радиусы-векторы 264 точек лунной поверхности определялись по селеноцентрическим координатам кратеров из каталога (Ризванов, 1985). Объекты каталога группировались по площадкам. Средние значения их высот определяют абсолютные высоты соответствующих площадок. Оказалось, что рельеф поверхности Луны по данным этого каталога к северу от параллели $+10^{\circ}$ до 2 км ниже общепринятого уровня, определенного по другим наземным наблюдениям Луны. Этот эффект был подтвержден анализом снимков Луны с КА Зонд-6,-8 и по другим космическим экспериментам.

По данным шести селенодезических каталогов, построенных по наземным наблюдениям, исследован рельеф поверхности видимой стороны Луны (Хабибуллин, 1970). Анализ физической поверхности проводился посредством разложения абсолютных высот кратеров в ряды по сферическим функциям. В итоге построен усредненный аппроксимирующий эллипсоид. Выполнено сравнение результатов исследования с данными других работ.

М.И. Шпекин (1983) на основе анализа снимков Луны с КА Зонд-6,-8 дал количественное описание района моря Восточного. Для этого им были определены селенодезические координаты 72 кратеров и измерены 17 профилей лимба. Показано, что перепад высот в исследуемом районе составляет около 10 км, высоты гор достигают 4,6 км, глубины морских участков – 4,8 км.

Также можно выделить работу К.С. Шакирова по определению постоянных ФЛЛ и координат кратера Местинг А по отношению к центру масс Луны. Он обработал 89 меридианных наблюдений кратера Местинг А, выполненных в Гринвиче с 1952 по 1954 гг. и наряду с параметрами ФЛЛ получил пространственные координаты кратера Местинга А относительно центра фигуры Луны. Шакиров впервые в мире показал, что центр масс Луны расположен на 3.3 км ближе к Земле относительно центра ее фигуры.

6. Интерпретация космических экспериментов, наблюдения с поверхности Луны

Хабибуллин и Чиканов выполнили цикл работ по интерпретации траекторных измерений гравитационного поля Луны с космических аппаратов. Они определили параметры ФЛЛ g' , f по данным траекторных измерений искусственных спутников Луны (Хабибуллин, Чиканов, 1972а). По данным разложения гравитационного поля Луны рассмотрен вопрос о значениях коэффициентов разложения потенциала второго порядка C_{20} , C_{22} (Хабибуллин, Чиканов, 1972 б). По результатам траекторных измерений искусственных спутников Луны выполнено определение фигуры и аномалий силы тяжести Луны, последовательно рассмотрены вопросы определения фигуры селеноида, построения карты гравитационных аномалий и уравнения поверхности Луны (Хабибуллин, Чиканов, 1969 а). Хабибуллин нашел соотношения между коэффициентами разложения потенциала и рельефа в ряд по сферическим функциям для некоторых моделей Луны (Ризванов, Щукин, 1984). Он рассмотрел модель однородной Луны, случай радиального распределения плотности, модель Лапласа и модель Луны с неоднородной корой.

Цикл работ по определению параметров селенопотенциала на основе данных слежения за низкими искусственными спутниками Луны выполнен Р.А. Кашеевым (1984). В статье (Кашеев, 1994) изучаются гравитационные потенциалы Луны и Марса, обсуждаются результаты моделирования вторых производных гравитационных потенциалов, а также некоторые аспекты планирования спутниковых градиенто-метрических измерений вблизи Луны и Марса. Кашеев (1979) применяет вероятностный подход к анализу точности описания гравитационного поля Луны, делается вывод о недостаточной точности существующих моделей гравитационного поля Луны. Кашеев (1997) также занимался вопросами межспутникового слежения в задачах планетной гравиметрии. Им были рассмотрены случаи измерения относительных лучевых скоростей в системе двух близких орбитальных спутников и случаи измерения лучевых ускорений в системе двух разновысоких спутников.

Хабибуллиным и Сановичем (1971) развит метод равных высот для определения координат места наблюдения с поверхности Луны. С.С. Перуанский рассмотрел проблему определения координат точки наблюдения на поверхности Луны методом анализа высот.

7. Наблюдения покрытия звезд Луной

Регистрация покрытия звезд Луной является традиционной темой АОЭ. До 1982 г. проводились визуальные наблюдения. Рядом сотрудников были получены значительные ряды наблюдений. Результаты опубликованы, в основном, в изданиях АОЭ, в Информационных сообщениях Астрометрической комиссии Астросовета АН СССР №№ 14-19, в Информационных сообщениях о покрытиях звезд и планет Луной, издаваемых Астрономической обсерваторией Киевского университета, в каталогах: Catalogue of observation of occultations of stars by the Moon for the years 1943 to 1971, Royal Greenwich Obs. Bull.1978, No 183 и Catalogue of observation of occultations of stars by the Moon for the years 1972 to 1980.

С 1983 г. регистрация моментов покрытий звезд Луной выполняется фотоэлектрическим методом. В. Капковым (1983) и Р. Шаймухаметовым (1990) получены 63 программы моментов покрытий звезд Луной и одного покрытия звезды астероидом Паллада. Для 12 звезд определены их диаметры (Капков, 1990; Shaymukhametov, Rizvanov, 1998). На основе обработки 8562 наблюдений покрытий звезд Луной И.Г. Чугуновым (1977; 1978) построены карты краевой зоны Луны.

Ю.А. Нефедьевым построен опорный каталог 1162 лунных объектов на основе крупномасштабных снимков Луны в системе звезд, имеющий самую высокую точность в мировой научной практике в плановых координатах. Им также проведен фрактальный анализ поверхности Луны.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 08-02-01214.

Литература

- Белкович И.В. К вопросу об эффекте лимба в наблюдениях Луны. *Изв. АОЭ.* № 10. 1936. 33-36.
- Белкович И.В. К вопросу о значениях моментов инерции Луны. *Астрон. циркуляр.* №81. 1948. 7-8.
- Белкович И.В. Физическая либрация Луны. *Изв. АОЭ.* №24. 1949.
- Валеев С.Г. Вывод постоянных физической либрации Луны из гелиометрических наблюдений Гартвига в Бамберге (1890 – 1915 гг.). *Изв. АОЭ.* № 35. 1966. 66-73.
- Валеев С.Г. Селенодезические исследования по позиционным наблюдениям Луны. *Автореф. дис. к.ф.-м.н.* Казан. ун-т. 1970.
- Валеев С.Г. Обработка наземных и космических наблюдений Луны на основе оптимальных регрессионных моделей. *Автореф. дис. д.ф.-м.н.* Ульянов. Политех. ин-т. Киев. 1990.
- Гараев Ф.А. Вывод параметров физической либрации Луны по фотографическим наблюдениям Луны со звездами. *Тр. Каз. гор. астрон. обсерв.* № 46. 1980. 133-140.
- Гурштейн А.А., Ризванов Н.Г., Словохотова Н.П. К проблеме создания фундаментальной селенодезической системы. *Астрон. журн.* Т. 51. № 4. 1974. 856-866.
- Капков В.Б. О наблюдении покрытия звезды AGC 3 + 181844 малой планетой Паллада 4 мая 1983 г. *Письма в Астрон. журн.* Т. 10. № 1. 1983. 67-70.
- Капков В.Б., Сулейманов В.Ф., Шаймухаметов Р.Р. Угловые диаметры звезд, полученные из анализа фотоэлектрических покрытий. *Письма в Астрон. журн.* Т. 16. № 2. 1990. 160-162.
- Кашеев Р.А. *Изв. КГАО.* № 45. 1979. 75-80.
- Кашеев Р.А. Определение параметров селенопотенциала по данным слежения за низкими ИСЛ. *Автореф. дис. к.ф.-м.н.* Казан. ун-т. Казань. 1984. 1-12.
- Кашеев Р.А. Моделирование распределения вторых производных гравитационных потенциалов Луны и Марса на спутниковых высотах. *Кинемат. и физ. небесн. тел.* Т. 10. № 5. 1974. 29-34.
- Кашеев Р.А. Межспутниковое слежение в задачах планетной гравиметрии. Тез. докл. науч. конф. *Новые теоретические результаты и практические задачи небесной механики.* М. 1997. 47-48.
- Matakov A.S. *The Moon and the Planets.* 23. 1. 1979. 17-23.
- Нефедьев А.А. Физическая либрация Луны. *Изв. АОЭ.* № 26. 1951. 117-255.
- Нефедьев А.А. Постоянные физической либрации Луны, выведенные из гелиометрических наблюдений А.В. Краснова. *Изв. АОЭ.* № 29. 1955. 21-110.

- Нефедьев А.А. Физическая либрация Луны 10. *Изв. АОЭ*. 1970. № 38. 3-39.
- Нефедьев Ю.А. Абсолютные координаты лунных кратеров по гелиометрическим измерениям в АОЭ. *Деп. в ВИНТИ*. № Ю74. 1985. 1-21.
- Нефедьев А.А. Карты рельефа краевой зоны Луны на общем нулевом уровне. *Изв. АОЭ*. № 30. 1958. 30-149.
- Нефедьев Ю.А. Абсолютные координаты лунных кратеров. *Автореф. дис. к.ф.-м.н.* Казан. ун-т. Москва. 1986. 1-17.
- Нефедьев Ю.А., Нефедьев А.А., Боровских В.С. Карты краевой зоны Луны, построенные с учетом макрорельефа Луны. *Изв. АОЭ*. № 55. 1990. 69-114.
- Нефедьев Ю.А., Шукин ЕМ. Каталог 120 кратеров на поверхности Луны. *Деп. в ВИНТИ*. № 4697. 1985.
- Перуанский С.С. *Астрон. Журн.* 61, 3. 1984. 577-581.
- Рахимов Л.И. Карты рельефа краевой зоны Луны в системе фундаментального каталога звезд. *Изв. АОЭ*. №57. 1993. 69-113.
- Ризванов Н.Г. Эфемеридное время по фотографическим наблюдениям. *Бюлл. АОЭ*. № 38. 1965. 63-88.
- Rizvanov N.G. *New Techniques in astronomy*. New-Jork: Gordon and Breac Science Publ. 1971. 35-36.
- Ризванов Н.Г. Система координат 264 опорных кратеров по крупномасштабным снимкам Луны со звездами. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 49. 1985. 80-110.
- Ризванов Н.Г. Фотогр. Астр. Казань. 1991.
- Ризванов Н.Г. Фотографический метод наблюдений в селенодезии. *Астрофотография в исследовании Вселенной. Сер.: Проблемы исследования Вселенной*. СПб.: ГАО РАН. Вып. 13. 1992. 56-68.
- Ризванов Н.Г., Рахимов Л.И. Анализ селенодезических систем. *Изв. АОЭ*. № 54. 1989. 97-102.
- Ризванов Н.Г., Шукин Е.М. Ориентировка осей инерции Луны с помощью наблюдений. *Письма в Астрон. журн.* Т. 10. № 2. 1984. 138-142.
- Столяров Г.М. Параметры физической либрации Луны, выведенные из казанских гелиометрических рядов наблюдений Луны. *Тр. Казан. гор. астрон. observ.* № 46. 1980. 141-165.
- Хабибуллин Ш.Т. Об определении параметра f физической либрации Луны. *Бюлл. ИТА*. Т. 6. №4. 1955. 12-16.
- Хабибуллин Ш.Т. физическая либрация Луны. *Изв. АОЭ*. №31. 1958. 1-182.
- Хабибуллин Ш.Т. *Лунная картография и селенографические координаты*. Луна. М.: Наука. 1960. 57-75.
- Хабибуллин Ш.Т. Вывод постоянных физической либрации Луны из гелиометрических наблюдений Гартвига в Тарту по данным обработки Козиела. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 33. 1961. 1-16.
- Хабибуллин Ш.Т. Нелинейная теория физической либрации Луны. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 34. 1966. 3-70.
- Хабибуллин Ш.Т. Движение мгновенных полюсов Луны. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 35. 1968. 110-115.
- Хабибуллин Ш.Т. К вопросу о системах селенографических координат, о прецессии и нутации оси вращения Луны. *Астрон. журн.* Т. 45. № 3. 1968. 663-674.
- Хабибуллин Ш.Т. Применение рядов Линдштедта в задачах о колебаниях спутника вокруг центра масс. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 40. 1974. 3-46.
- Хабибуллин Ш.Т. Исследование плоских колебаний спутника на эллиптической орбите методом канонических преобразований. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 44. 1978. 3-58.
- Хабибуллин Ш.Т., Чиканов Ю.А. О произвольной либрации Луны и эйлеровском движении ее полюсов. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 36. 1969. 49-60.
- Хабибуллин Ш.Т., Чиканов Ю.А. Определение фигуры и аномалий силы тяжести луны по данным наблюдений ИСЛ. *Изв. АОЭ*. № 37. 1969а. 158-170.
- Хабибуллин Ш.Т., Чиканов Ю.А. Лунный эллипсоид по измерениям абсолютных высот. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* № 37. 1970. 23-39.
- Хабибуллин Ш.Т., Чиканов Ю.А. О значениях параметров g' и f . *Тр. 18-й Астрометрич. конф.* СССР. Л.: Наука. 1972а. 284-287.
- Хабибуллин Ш.Т., Чиканов Ю.А. К вопросу о значениях коэффициентов C_{30} , C_{322}^B разложения гравитационного поля Луны. *Астрон. журн.* Т. 49. Вып. 1. 1972б. 222-223.
- Хабибуллин Ш.Т., Чиканов Ю.А. *Изв. АОЭ*. № 39. 1973. 121-136.
- Habibullin Sh.T., Chikanov Yu.A., Kisliuk V.S. *The Moon*. 3. 1972. 371-385.
- Habibullin Sh. T., Rizvanov N.G. *Earth, Moon and Planets*. 30. 1. 1984. 1-19.
- Хабибуллин Ш.Т., Санович А.Н. Астрометрические наблюдения с поверхности Луны методом равных высот. *Астрон. журн.* Т. 48. № 4. 1971. 833-842.
- Habibullin Sh.T., Rizvanov N.G., Bistrov N.F. *Moon*. 11, 1. 1974. 125-136.
- Habibullin Sh.T., Rahimov L.I., Rizvanov N.G. *Earth, Moon and Planets*. 30, 1. 1984. 21-30.
- Чиканов Ю.А. Таблицы коэффициентов разложения в тригонометрические ряды компонент физической либрации Луны. *Тр. Каз. гор. астрон. observ.* №35. 1968. 116-155.
- Чугунов И.Г. Карты краевой зоны Луны по наблюдениям покрытий звезд Луной. *Письма в Астрон. журн.* 1977. Т. 3. № 4. 138-142.
- Чугунов И.Г. Каталог 8562 бариецентрических высот в краевой зоне Луны. *Автореф. дис. к.ф.-м.н.* Каз. ун-т. Казань. 1978.
- Шаймухаметов Р.Р. Фотоэлектрические наблюдения покрытий звезд Луной в Казани. Селенодезия и динамика Луны. Киев: Наукова думка. 1990. 148-151.
- Shaymukhametov R.R., Rizvanov N.G. *Astron. Journ.* 116, 3. 1998. 1504-1507.
- Шакиров К.С. Определение постоянных физической либрации Луны и координат Местинга А по отношению к центру масс Луны. *Изв. АОЭ*. № 34. 1963. 39-59.
- Шакиров К.С. Влияние внутреннего строения Луны на ее вращение. Современные проблемы позиционной астрометрии. М.: изд-во МГУ. 1975. 261-264.
- Шпекин М.И. Рельеф краевой зоны Луны в районе моря Восточного. *Деп. в ВИНТИ*. № 2652. 1983.
- Шпекин М.И. Рельеф Моря Восточного на Луне по данным обработки снимков КА «Зонд-6, -8». *Автореф. дис. к.ф.-м.н.* Каз. ун-т. Казань. 1984.
- Volkel M. *Trans. Astron. Obs. of Kazan univ*. 1908.
- Яковкин А.А. Постоянные ФЛЛ, выведенные из наблюдений Т. Банахевича. *Изв. АОЭ*. № 13. 1928.
- Яковкин А.А. Радиус и форма Луны. *Бюлл. АОЭ*. №4. 1934.
- Яковкин А.А. Вращение и фигура Луны. I. *Изв. АОЭ*. №21. 1939.
- Яковкин А.А. Вращение и фигура Луны. II. *Изв. АОЭ*. №23. 1945.

Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2007. 456 с.

Министерство экологии и природных ресурсов
Республики Татарстан

ФГУП «Центральный научно-исследовательский
институт геологии нерудных полезных ископаемых»

Минералогия верхнепермского и мезокайнозойского комплексов Республики Татарстан



Редакционная коллегия: И.А. Ларочкина
(гл. ред.), Е.М. Аксенов (гл. ред.), Т.М.
Акчурин, С.А. Горбунов, Р.К. Садыков
Коллектив авторов: Н.Б. Валитов (науч.
ред.), С.О. Зорина, Н.И. Афанасьева, В.А.
Антонов, А.А. Сабитов, В.Г. Чайкин,
А.М. Месхи, С.Г. Глебашев, Ф.А. Закирова, И.В. Лужбина

В монографии рассмотрены вопросы строения месторождений общераспространенных твердых полезных ископаемых Республики Татарстан, связанных с верхнепермским, мезозойским, неогеновым и четвертичными комплексами. Систематизация обширного геологического материала по результатам геологоразведочных и тематических работ позволила установить закономерности размещения и условия формирования месторождений карбонатного сырья, песчано-гравийных смесей и строительных песков, глинистого сырья для производства керамического кирпича и керамзитового гравия. Проведено минералогическое районирование территории. Определены перспективы выявления месторождений новых и нетрадиционных типов минерального сырья, в том числе цеолитсодержащих карбонатно-кремнистых пород и светложгущихся глин. Предназначена для широкого круга геологов; специалистов организаций-недропользователей и потенциальных инвесторов, преподавателей и студентов.

ISBN 978-5-98180-431-6