

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

5 (309)

**ҚЫРКҮЙЕК – ҚАЗАН 2016 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2016 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2016**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

ҚР ҰҒА ХАБАРЛАРЫ. ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА СЕРИЯСЫ

Бас редакторы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошкаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. PhD докторы (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

ИЗВЕСТИЯ НАН РК. СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
[www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz](http://www.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics.kz)

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

**NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN. SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS**

E d i t o r i n c h i e f

doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. PhD (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 309 (2016), 97 – 103

UDK 523.46

A.M. Karimov, P.G.Lysenko, V.G.Teifel, G.A.KharitonovaFessenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan
e-mail: tejf@mail.ru**NORTHERN HEMISPHERE OF SATURN –
THE METHANE AND AMMONIA ABSORPTION IN 2015**

Abstract. There was studied the latitudinal distribution of the methane absorption in bands lying in the wavelength range of 600-800 nm and ammonia in the band at 645 nm by spectral observations of Saturn, made in 2015. Since the slope of the equator to the direction of the Earth and the Sun was about 24 degrees only northern hemisphere was available fully for observations. Most part of southern hemisphere was screened by the rings. The methane absorption variations in the northern hemisphere were minor, as well as in 2014. The ammonia absorption shows a slight increase with latitude similarly to that observed in weak methane bands. This may be due to the large effective optical depth of the weak bands formation in the cloud and vertical heterogeneity of the cloud layer at different latitudes.

Keywords: Saturn, atmosphere methane, ammonia, spectrophotometry.

УДК 523.46

А.М. Каримов, П.Г. Лысенко, В.Г. Тейфель, Г.А. Харитонов

Астрофизический институт им.В.Г.Фесенкова, Алматы, Казахстан

**СЕВЕРНОЕ ПОЛУШАРИЕ САТУРНА -
ПОГЛОЩЕНИЕ МЕТАНА И АММИАКА В 2015 ГОДУ**

Аннотация. Исследовано широтное распределение поглощения метана в полосах, лежащих в диапазоне длин волн 600-800 нм и аммиака в полосе 645 нм по спектральным наблюдениям Сатурна, выполненным в 2015 году. Так как наклон экватора к направлению на Землю и Солнце составлял около 24 градусов, наблюдениям было доступно только северное полушарие, а южное полушарие экранировалось кольцом планеты. Вариации метанового поглощения в северном полушарии оказались незначительными, как и в 2014 году. Аммиачное поглощение показывает некоторый рост с широтой, подобно наблюдаемому у слабых полос метана. Это может быть связано с большими эффективными оптическими глубинами формирования слабых полос в облачной среде и вертикальной неоднородностью облачного слоя на разных широтах.

Ключевые слова: Сатурн, атмосфера, метан, аммиак, спектрофотометрия.

Введение. После равноденствия 2009 года Сатурн продолжает удаляться от Солнца и в настоящее время приближается к точке афелия. Наибольшего удаления планета достигнет в 2019 году. К этому времени гелиоцентрическое расстояние Сатурна составит около 10.08 астрономических единиц (АЕ), как видно из рисунка 1.

Во время противостояния Сатурна в 2015 г. это расстояние уже было около 9.98 АЕ, тогда как в 2009 г. оно равнялось 9.45 АЕ. Из-за наклона оси вращения Сатурна к эклиптике после равноденствия одно из полушарий оказывается все более обращенным к Солнцу, тогда как противоположное в значительной степени закрывается кольцом и приток солнечной энергии к нему становится минимальным. Это, конечно, отражается на состоянии стратосферы и верхних слоев тропосферы, выражаясь в некоторых сезонных изменениях оптических и тепловых характеристик планеты на разных широтах. Изменение гелиоцентрического расстояния и наклона экватора Сатурна к направлению на Солнце являются основной причиной смены времен года на этой планете. Кроме этих факторов существенную роль в режиме «зимнего» полушария играет затенение значительной части его кольцами, обрезающими часть приходящей солнечной радиации. Удивительным образом совпадение максимальных значений наклона экватора с экстремумами гелиоцентрического расстояния создает определенное неравноправие северного и южного полушарий в получаемом от Солнца количестве энергии. Это дает себя знать при сравнении полушарий в периоды равноденствия на Сатурне, когда оба полушария находятся в одинаковых условиях освещения и видимости с Земли [1-2].

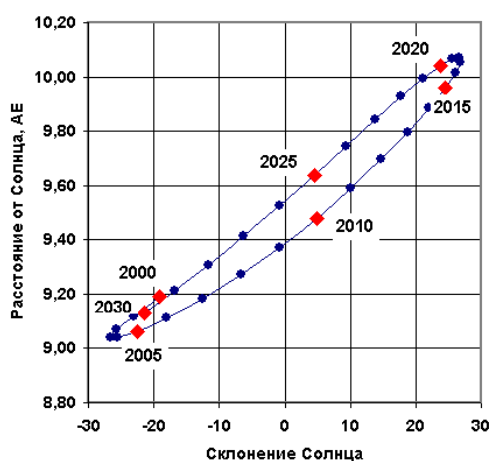


Рисунок 1 - Изменение планетоцентрического наклона Солнца и гелиоцентрического расстояния Сатурна за орбитальный период

Это сказывается наибольшим образом на состоянии стратосферы и верхней тропосферы с аммиачным облачным слоем. В глубинных слоях тропосферы основную роль, скорее всего, играет выделение внутреннего тепла из горячих недр планеты.

Наблюдения 2015 года. Несмотря на то, что уже более десятилетия вокруг Сатурна обращается космический зонд «Cassini», наземные наблюдения планеты не теряют своей актуальности и ценности, тем более, что программа работы «Cassini» в значительной степени ориентирована на исследования колец и спутников, особенно Титана и Энцелада [3].

В 2015 г. был проведен очередной цикл спектрофотометрических наблюдений Сатурна как продолжение программы исследований состояния его атмосферы и происходящих сезонных изменений на планете. Спектральные наблюдения в этом отношении дают возможность выявить изменения в вертикальной структуре облачного слоя по пространственно-временным вариациям интенсивности молекулярных полос поглощения, доступным для измерений в видимой и ближней инфракрасной области спектра. Это полосы поглощения метана, центрированные на длины волн 619, 667, 702, 725 и 787 нм, а также полоса поглощения аммиака NH₃ 645 нм. Как и в предыдущие годы, наблюдения велись на 0.6-м телескопе с дифракционным спектрографом SGS и ПЗС-камерой ST-7XE. Записывались спектры центрального меридиана Сатурна и зональные спектры при ориентации входной щели спектрографа параллельно большой оси кольца. Во втором случае осуществлялось последовательное сканирование планеты от южного лимба до северного. Таким путем в каждом скане получалось до 40 спектрограмм (рисунок 2).

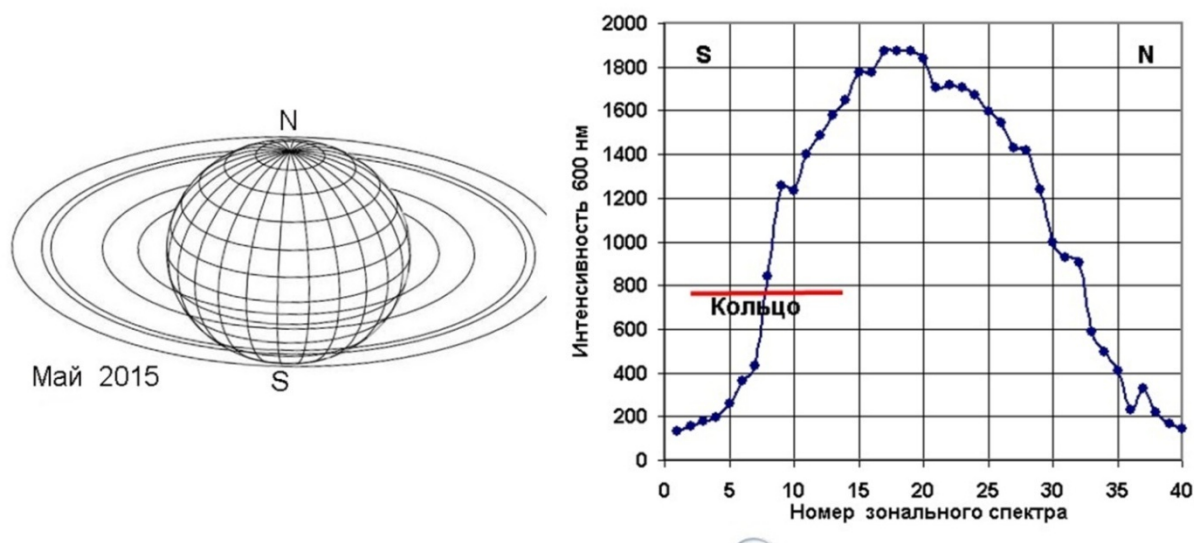


Рисунок 2 - Вид Сатурна в мае 2015 г. и пример яркостного профиля центрального меридиана Сатурна по одному из сканов

Данные о наблюдениях Сатурна приведены в таблице 1, где указаны дата и время съемки, одного спектра, экваториальный и полярный угловые диаметры диска планеты, сатурноцентрическое склонение Земли и Солнца, число записанных файлов. Все спектрограммы получались при продолжительности экспозиции 20 секунд.

Таблица 1 – Наблюдения Сатурна в 2015 г.

N	Дата	Время Т _w = Т _{зимн}	De''	Dp''	Be	Bs	Угол фазы	Число файлов
1	18-19.05.2015	00.32 – 02.08	18.5	16.87	24.4	24.6	-0.5	129
2	21-22.05.2015	22.43 – 23.20	18.5	16.87	24.4	24.6	-0.2	55
3	28-29.05.2015	23.39 – 01.33	18.5	16.87	24.3	24.6	0.6	186
4	29-30.05.2015	23.46 – 01.13	18.5	16.87	24.3	24.6	0.7	111
5	01-02.06.2015	00.00 – 01.10	18.5	16.87	24.3	24.7	1.1	120
6	02-03.06.2015	23.30 – 01.18	18.5	16.87	24.3	24.7	1.2	182
7	03-04.06.2015	23.11 – 00.38	18.5	16.87	24.3	24.7	1.3	141
8	09-10.06.2015	23.09 – 00.25	18.5	16.87	24.2	24.7	1.9	131
9	10-11.06.2015	22.38 – 00.01	18.4	16.77	24.2	24.7	2.0	153
10	11-12.06.2015	23.57 – 00.43	18.4	16.77	24.2	24.7	2.1	80
	Всего файлов							1288

Обработка полученных ПЗС-спектрограмм осуществлялась по описанной ранее [4] методике. Опорным для выделения полос поглощения служил спектр кольца, определялись профили полос и вычислялись из центральные глубины (или остаточные интенсивности в центре полосы) и эквивалентные ширины.

Полосы поглощения метана. По результатам обработки зональных спектрограмм получены данные о широтном изменении глубин и эквивалентных ширин перечисленных выше полос поглощения метана. На рисунке 3 показано, как меняется интенсивность поглощения вдоль центрального меридиана Сатурна. Спектры с номерами от 1 до 15 относятся к области диска, экранируемой кольцом, поэтому там наблюдается резкий спад поглощения. Реальные значения интенсивности полос поглощения, определяемые для свободной от экранирования части диска, относятся только к северному полушарию, наклоненному к Земле и Солнцу. Так что имеет смысл рассматривать зоны с номерами от 15 до 35. Левая часть рисунка 3 демонстрирует ход значений эквивалентных ширин полос поглощения метана вдоль центрального меридиана Сатурна по

измерениям зональных спектрограмм по одному из сканов. Аналогичные результаты получаются и по другим сканам. В северном полушарии изменение поглощения метана с широтой выражено довольно слабо. В полосе СН₄ 725 нм наблюдается небольшое снижение поглощения к высоким широтам, но в слабых полосах поглощения этого не происходит. Чтобы показать это различие, вычислялось отношение эквивалентных ширин полосы СН₄ 619 нм и полосы СН₄ 725 нм (правый график на рисунке 3). Примерно с широты около 35 градусов это отношение (W₆₁₉/W₇₂₅) начинает возрастать в направлении к северному полюсу. Различие в широтном ходе поглощения между слабыми и относительно сильными полосами может быть связано с тем, что эффективная глубина формирования молекулярного поглощения внутри облачного слоя при многократном рассеянии [5] зависит от величины коэффициента поглощения.

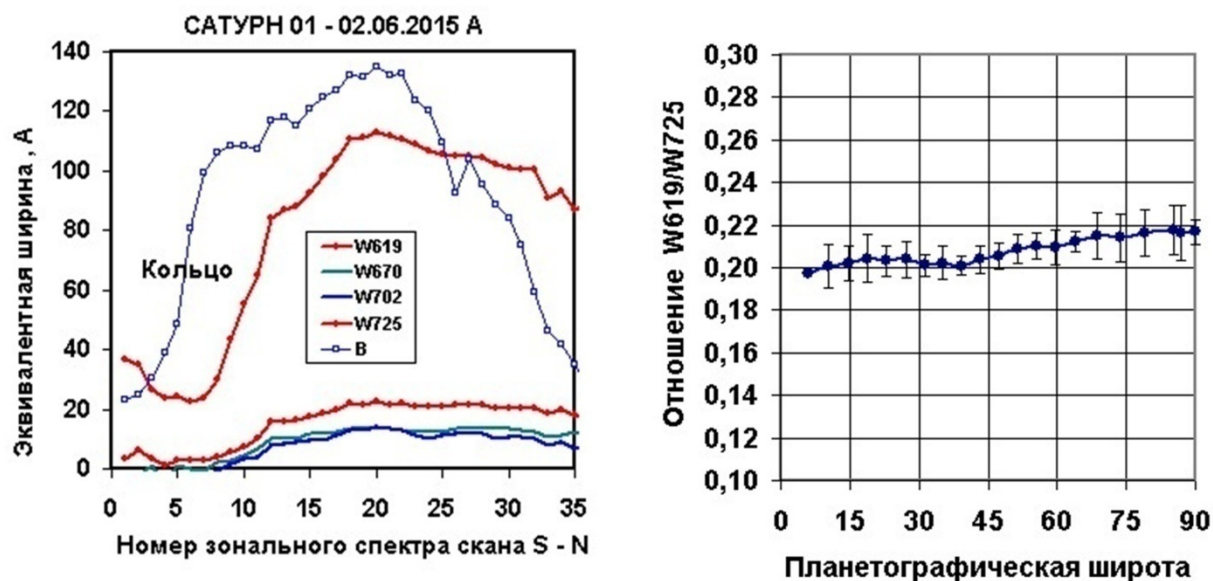


Рисунок 3 – Вариации эквивалентных ширин полос поглощения вдоль центрального меридиана Сатурна по одному из сканов (левый график) и широтный ход отношения эквивалентных ширин полос СН₄ 619 и 725 нм в северном полушарии планеты в 2015 году

Для слабых полос она больше, чем для сильных и наблюдаемые различия определяются степенью вертикальной неоднородности облачного слоя (или слоев) в разных широтных поясах планеты. Как было отмечено в нашей предыдущей статье [6], интересно, что изменение полос поглощения с широтой в северном полушарии мало зависит от геометрии освещения и наблюдения, почти не меняясь вплоть до полюса. Это показывает, что в основном слабые и умеренные полосы поглощения формируются именно внутри облачного слоя, а не в надоблачной атмосфере. Небольшой спад поглощения к высоким широтам в полосе СН₄ 725 нм можно объяснить увеличением объемной плотности аммиачных частиц, образующих видимый облачный покров Сатурна.

Полоса поглощения аммиака NH₃ 645 нм. В атмосферах Юпитера и Сатурна аммиак, несмотря на весьма малую относительную концентрацию (порядка 10⁻⁴), играет важную роль как облакообразующий агент в верхней тропосфере. В видимой части спектра наиболее заметны на Юпитере полосы поглощения NH₃ 645 и 787 нм. В атмосфере Сатурна концентрация аммиака еще ниже, чем у Юпитера, поэтому и полосы поглощения NH₃ в его спектре очень слабы. Трудность их измерения связана с тем, что обе полосы перекрываются с более интенсивными полосами поглощения метана. Поэтому реально исследованию еще доступна полоса NH₃ 645 нм, которая попадает на слабое по интенсивности коротковолновое крыло полосы метана, имеющей максимум на длине волны 667 нм (рисунок 4)

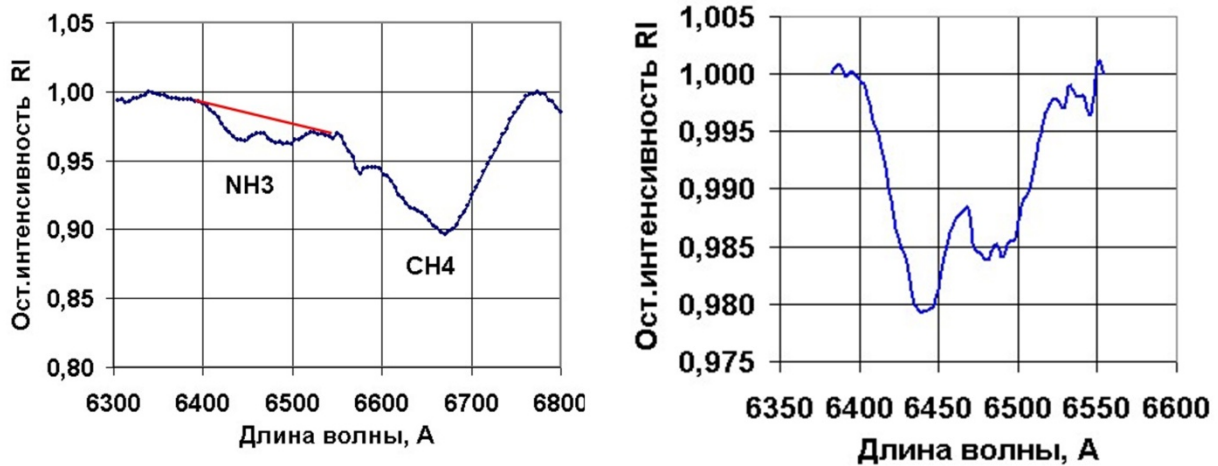


Рисунок 4 - Перекрывающиеся полосы поглощения NH_3 645 и CH_4 667 нм в спектре Сатурна (левый график) и профиль выделенной аммиачной полосы

Согласно лабораторным исследованиям [7] полоса NH_3 645 нм имеет сложную вращательную структуру, наблюдаемую при высоком спектральном разрешении. В спектрах Юпитера и Сатурна, получаемых с низким разрешением, наблюдается профиль полосы с двумя максимумами поглощения [8].

Поведение полосы NH_3 645 на диске Сатурна в сравнении с поведением полос поглощения метана представляет интерес с точки зрения процесса формирования этих полос и связи с возможными ее широтными вариациями. Сравнение это можно осуществить, выделив профиль собственно аммиачной полосы отношением к интерполированному в этом участке спектра коротковолновому крылу полосы метана, как показано на рисунке 4. Как видим, глубина полосы NH_3 645 нм весьма не велика – всего около 0.02. При этом некоторая погрешность вносится в измерения за счет интерполяций, тем более, что у длинноволновой границы аммиачной полосы находится довольно интенсивная линия фраунгоферова спектра $\text{H}\beta$. Поэтому оказалось предпочтительным просто измерять и сравнивать полные эквивалентные ширины поглощения в участках спектра 630-660 нм (W_{645}) и 657-680 нм (W_{667}). Измерения полос поглощения усреднялись по 5 соседним зональным спектрам из трех сканов диска Сатурна в северном полушарии. В таблице 2 приведены результаты (значения W и стандартные отклонения σW) для обеих составляющих и для выделенной полосы аммиака ($W_{\text{NH}_3 645}$)

Таблица 2 – Средние значения эквивалентных ширин полос поглощения по трем сканам Сатурна

$\square_{\text{пр}}$	$W_{\text{NH}_3 646}$	σW	W_{645}	σW	W_{667}	σW
10.2	1.53	0.13	5.21	0.60	12.65	0.90
23.0	1.56	0.44	5.52	0.78	13.53	1.07
35.3	1.46	0.29	5.50	0.43	13.09	0.53
47.0	1.71	0.24	5.65	0.35	12.89	0.76
60.0	2.14	0.49	6.27	0.82	12.54	0.75
70.0	2.25	0.58	6.64	1.44	12.61	1.82
82.0	1.75	0.30	6.00	0.08	11.06	0.34

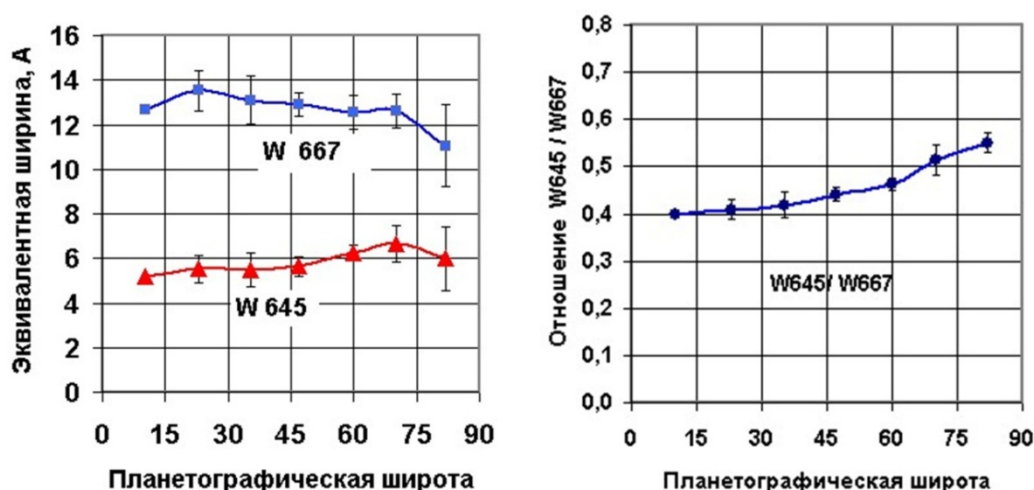


Рисунок 5 – Широтные вариации эквивалентных ширин коротковолновой (W645) и длинноволновой (W667) составляющих комбинированной полосы поглощения метана и аммиака по трем сканам диска Сатурна

Широтные вариации составляющих в северном полушарии Сатурна получаются незначительными, но и не совсем одинаковыми (рисунок 5). Отношение эквивалентных ширин обнаруживает рост с широтой, т.е. составляющая с аммиачным поглощением показывает усиление по сравнению с метановой длинноволновой составляющей. Отметим, что понижение поглощения у обеих составляющих вблизи северного полюса на левом графике рисунка 5 может быть и ошибочным из-за близости кольца к полярному лимбу.

Закключение. Наблюдения Сатурна в 2015 году показывают, что в северном полушарии планеты, наклоненном к Солнцу, молекулярное поглощение как в полосах метана, так и в полосе аммиака 645 нм мало меняется с широтой. Однако, в слабых полосах наблюдается некоторое отличие в широтном ходе поглощения от более сильных полос. Это различие наблюдалась и ранее, особенно в период равноденствия 2009 года (см., например, статью [9] в настоящем выпуске журнала). В этом отношении поведение аммиачного поглощения не отличается от наблюдаемого у слабых метановых полос. Основную роль при формировании слабых полос поглощения в атмосферах планет- гигантов играет эффект многократного рассеяния в оптически толстой облачной среде. Согласно сводной таблице оценок относительной концентрации аммиака в разных слоях атмосферы Сатурна [10] верхний предел содержания NH_3 равен 3×10^{-4} . Это относится к тропосфере, тогда как в стратосфере относительная концентрация NH_3 меньше на 3-4 порядка. Практически все наблюдаемое поглощение создается аммиаком, находящимся в тропосфере. Полоса NH_3 645 нм в спектре Сатурна по интенсивности меньше всех полос поглощения метана в рассматриваемом диапазоне длин волн и эффективный уровень ее формирования должен лежать еще глубже, чем у полосы CH_4 667 нм. Без учета возможных локальных температурных вариаций температура в тропосфере линейно растет с глубиной, так что при равновесном соотношении концентрации газовой и твердой фазовых составляющих аммиака вертикальное распределение газообразного NH_3 отличается от распределения метана, следующего барометрическому закону. Соответственно и вертикальное распределение аммиачного аэрозоля в облачном слое, отличающееся от однородного, определяется равновесным состоянием, зависящим от температуры. Поэтому и дальнейшие исследования аммиачного поглощения на обеих планетах-гигантах должны непременно проводиться в комплексе с исследованиями поглощения метана.

Работа выполнена в рамках проекта №0073/ГФ4

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тейфель В.Г. Распределение молекулярного поглощения по диску Сатурна по наблюдениям в 1995г. на основе зональной спектрофотометрии с ПЗС-камерой. Результаты наблюдений. *Астроном.вестник РАН*, 1997, Т.31, N3, с.222-231, *Solar System Research.*, 1997, v.31, N3, p.198-206
- [2] Tejfel V.G., Karimov A.M., Kharitonova G.A., Kirienko G.A. Spectrophotometric study of Saturn's atmosphere during

a 16-year period (1995–2010). *Astronomical and Astrophysical Transactions*. – Vol. 28. - Issue 2. - 2013. – P.121-134.

[3] Dougherty M.K., Esposito L.W., Lrimigis S.M. (Eds) *Saturn from Cassini-Huygens*. Springer, 2009, 796 PP.

[4] Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г. Сатурн в 2014 г. – широтные вариации молекулярных полос поглощения. *Известия НАН РК Серия физико-математическая*, 2015, №4

[5] Яновицкий Э.Г. Эффективная оптическая толщина слоя атмосферы, в котором формируется наблюдаемый спектр планеты. Концепция и элементарные оценки. *Кинематика и физика небесных тел*. - Т.13. - №6. – 1997. - С.18-25

[6] Тейфель В.Г., Каримов А.М., Бондаренко Н.Н., Харитонов Г.А. Признаки шротной асимметрии аммиачного поглощения на Сатурне. *Известия НАН РК Серия физико-математическая*, 2015, №4, С.

[7] Giver L.P, Miller J.H., Boese R.W. A Laboratory Atlas of the 5 ν 1 NH₃ absorption band at 6475 A with applications to Jupiter and Saturn. *Icarus*, 1975, V.45, 34-48

[8] Trafton L. Long-term changes in Saturn's troposphere. *Icarus*, 1985, V.63, N3, P.374-405.

[9] Тейфель В.Г., Каримов А.М., Харитонов Г.А. Аммиачное поглощение на Сатурне - асимметрия широтных вариаций в период равноденствия 2009 года. *Известия НАН РК Серия физико-математическая*, 2016, №4

[10] Fletcher L. N., Baines K. H., Momary T. W., Showman A. P., Irwin P. G. J., Orton G. S., Roos-Serote M., Merle C. Saturn's tropospheric composition and clouds from Cassini/VIMS 4.6-5.1 μ m nightside spectroscopy. *Icarus* 214 (2011), 510–533.

REFERENCES

[1] Tejfel V.G. The distribution of molecular absorption on the disk of Saturn from observations in 1995 by zonal spectrophotometry with CCD camera. The results of observations. *Astron. Vestnik RAN*, 1997, T.31, N3, с.222-231, *Solar System Research.*, 1997, v.31, N3, p.198-206

[2] Tejfel V.G., Karimov A.M., Kharitonova G.A., Kirienko G.A. Spectrophotometric study of Saturn's atmosphere during a 16-year period (1995-2010) *Astronomical and Astrophysical Transactions*. - Vol. 28. - Issue 2. - 2013. - P.121-134.

[3] Dougherty M.K., Esposito L.W., Lrimigis S.M. (Eds) *Saturn from Cassini-Huygens*. Springer, 2009 796 PP.

[4] Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfel V.G.. Saturn in 2014 - latitudinal variations of molecular absorption bands. *Proceedings of National Academy of Sciences of RK Series in Mathematics*, 2015, №4

[5] Yanovitsky E.G. The effective optical depth of the layer of the atmosphere, where the observed spectrum of the planet is formed. The concept and basic assessment. *Kinematics and physics of celestial bodies*. - T.13. - №6. - 1997. - S.18-25

[6] Tejfel V.G., Karimov A.M., Bondarenko N.N., Kharitonova G.A. The signs of asymmetry of the ammonia absorption on Saturn. *Proceedings of the National Academy of Sciences of RK Series in Mathematics*, 2015, №4, S.

[7] Giver L.P, Miller J.H., Boese R.W. A Laboratory Atlas of the 5 ν 1 NH₃ absorption band at 6475 A with applications to Jupiter and Saturn. *Icarus*, 1975, V.45, 34-48

[8] Trafton L. Long-term changes in Saturn's troposphere. *Icarus*, 1985, V.63, N3, P.374-405.

[9] Tejfel V.G., Karimov A.M., Kharitonova G.A. The ammonia absorption on Saturn - asymmetry of latitudinal variations in the period of equinox 2009. *Proceedings of the National Academy of Sciences of RK Series in Mathematics*, 2016, №4.

[10] Fletcher, L. N., Baines, K. H., Momary, T. W., Showman, A. P., Irwin, P. G. J., Orton, G. S., Roos-Serote, M., Merlet, C. Saturn's tropospheric composition and clouds from Cassini / VIMS 4.6-5.1 μ m nightside spectroscopy. *Icarus* 214 (2011), 510-533.

А.М. Каримов, П.Г. Лысенко, В.Г. Тейфель, Г.А. Харитонов

В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, Алматы, Қазақстан

САТУРННЫҢ СОЛТҮСТІК ЖАРТЫШАРЫ - 2015 ЖЫЛЫ МЕТАН ЖӘНЕ АММИАКТЫҢ ЖҰТЫЛУЫ

Аннотация. 2015 жылы орындалған 600-800 нм толқын ұзындығы диапазонында жатқан жолақтар бойынша метанның жұтылуы және Сатурнның спектрлік бақылаулары бойынша 645 нм жолағында аммиактың жұтылуы ендік таралуы зерттелді. Жер мен Күн бағытына қарай экватордың ені 24 градус шамасын құрағандықтан бақылауларға тек ғана солтүстік жарты шар қол жетімді болды, ал оңтүстік жарты шар тек планета сақинасымен қалқалайды. Солтүстік жарты шарда метанның жұту вариация 2014 жылы да шамалы болды. Аммиактың жұтылуы метанның әлсіз жолақтарында бақыланатын ұқсас ендікпен бірнеше өсімін көрсетеді. Бұл әртүрлі ендіктерде бұлт айналасында және бұлт қабаты вертикалды әртектілігінде әлсіз жолақтарда қалыптасудың үлкен тиімді оптикалық тереңдігімен байланысты болуы мүмкін.

Түйін сөздер: Сатурн, атмосфера, метан, аммиак, спектрофотометрия.

МАЗМҰНЫ

Жұлдыздардың және тұмандықтардың зерттеулері

<i>Серебрянский А.В., Гайнуллина Е.Р., Халикова А.В.</i> , ТУС3215-906-1 айнымалы жұлдыз: бүгілген жаркылдың талдауы және жіктеуі.....	5
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К., Отебай А.Б.</i> , V725 Тау объектісінің спектрлік және фотометрлік бақылауларының нәтижелері.....	12
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К.</i> , M1-65 планеталық тұмандықтың айнымалылығы.....	22
<i>Павлова Л.А.</i> , Жұлдыз маңындағы құрылымдардың қалыптасуына магниттік өрістердің әсері.....	29
<i>Кокумбаева Р.И., Хруслов А.В., Кусакин А.В.</i> , GSC 3601-01531 және GSC 3601-01504 екі жаңа айнымалы жұлдыздар	35

Аспан механикасының және жұлдыздар жүйесінің мәселелері

<i>Дубовиченко С.Б., Джазаиров-Кахраманов А.В., Буркова Н.А., Ткаченко А.С.</i> , Астрофизикалық энергия кезінде радиациялық ${}^2\text{H}^3\text{He}$ басып алу	41
<i>Зулыхаров А.Т., Коньсбаев Т.К., Чечин Л.М.</i> , Қараңғы материя есебімен ғаламдар релаксацияларының уақытын бағалау.....	50

Күннің және күн жүйесі денелерінің физикасы

<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , А тобы жұлдыздары дискілерінде атомдар мен иондар динамикасына бүгілген жарық қысымының әсері.....	55
<i>Демченко Б.И., Шестакова Л.И.</i> , Күн маңындағы сублимация процессінде оливин тозақ бөлшектерінің орбиталық дамуы	64
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , А тобы жұлдыздары маңындағы сублимация процессінде силикатты тозақ бөлшектерінің орбиталық дамуы.....	73
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Күннің минимум белсенді кезіндегі иондық энергиямен Fe/O қатынасының өзгеруі. I. күнде дақтар жоқ болғанда Fe және O иондарының энергетикалық спектрлері.....	81
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Күн белсенділігі минимумында иондар қуатымен Fe/O мәнінің өзгеруі. II. Циклдің минимумында ғарыш сәулелерінің аномалды компоненттерінің ролі.....	86
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Харитонов Г.А.</i> , Сатурндағы аммиактың жұтылуы – 2009 жылы күн мен түннің теңелуі кезеңінде ендік вариациялар асимметриясы	91
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г.</i> , Сатурнның солтүстік жартышары - 2015 жылы метан және аммиактың жұтылуы	97
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылдың көріну маусымында юпитер дискісі бойынша метанның-аммиактың жұтылуын зерттеу I. Экватор аймағы	104
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> жылдың көріну маусымында юпитер дискісі бойынша метанның-аммиактың жұтылуын зерттеу. II. Ендік вариациялар	110
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылдың көріну маусымында Юпитерде метан-аммиак жұтылуын зерттеу III. Үлкен Қызыл Дақ (ҮҚД).....	118
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Молотов И.Е., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Көптеген геотұрақты серіктердің кейбір сипаттамалары.....	124
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А.</i> , Көру шегі аз CCD-матрицада ГТС бақылауларының астрономиялық өңдеулерінің әртүрлі әдістерінің салыстырмалы талдауы.....	129
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясы бекетінде геотұрақты серіктерді бақылау жағдайы.....	135
<i>Шомищева С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Отебай А.Б.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясының 1-метрлік телескобында фотометрлік жүйесін стандарттау.....	140
<i>Терещенко В.М.</i> , SSP-5A фотоэлектрлік фотометрі жұмысының сипаттамасы және ерекшеліктері.....	146
<i>Терещенко В.М., Шамро А.В.</i> , Абсолютті өлшемдер үшін спектрограф. Оптика-механикалық блоктың сызбасы және құрылымы.....	155

Теориялық зерттеулер

<i>Қалдыбекова Б.Қ., Решетова Г.В.</i> Арнайы ішектен жасалған тордың сандық нәтижелері.....	160
<i>Бакирова Э.А., Қадырбаева Ж.М.</i> Жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін сызықты көпнүктелі шеттік есептің шешілімділігі туралы.....	168
<i>Бесбаев Г.А., Көпжасарова А.А., Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш.</i> Гурса операторының Крейн кеңістігіндегі жалқылығы туралы.....	176
<i>Жұмәлі А.С., Решетова Г.В.</i> Жерасты ерітінділеудің микроскопиялық динамикасын сандық моделдеу.....	188
<i>Бақтыбаев Қ., Дәлелханқызы А., Қиқымова І., Мырзагулов А.</i> Әсерлесуші бозондар моделін уран ядросының деформацияланған изотоптарына қолдану.....	195
<i>Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Абылкасымова Э. А., Шалданбаев А.Ш.</i> Толқын теңдеуінің шартарапты волтерлі есептерінің Крейннің кеңістігіндегі спектралдік таралымдары.....	203
<i>Шоманбаева М.Т., Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Толқындық теңдеуінің шартарапты шекаралық есебінің спектрлік қасиеттері.....	213
Қазақстанның астрономиялық ғылым 75 жыл.	224

СОДЕРЖАНИЕ

Исследование звезд и туманностей

<i>Серебрянский А.В., Гайнуллина Е.Р., Халикова А.В.</i> , Переменная звезда TYC3215-906-1: анализ кривой блеска классификация.....	5
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К., Отебай А.Б.</i> , Результаты спектральных и фотометрических наблюдений объекта V725 Тау.....	12
<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К.</i> , Переменность планетарной туманности M1-65	22
<i>Павлова Л.А.</i> , Влияние магнитных полей на формирование околосветных структур	29
<i>Кокумбаева Р.И., Хруслов А.В., Кусакин А.В.</i> , Две новые переменные звезды GSC 3601-01531 и GSC 3601-01504... ..	35

Проблемы небесной механики и динамики звездных систем

<i>Дубовиченко С.Б., Джазаиров-Кахраманов А.В., Буркова Н.А., Ткаченко А.С.</i> , Радиационный $^2\text{H}^3\text{He}$ захват при астрофизических энергиях	41
<i>Зулыхаров А.Т., Коньсбаев Т.К., Чечин Л.М.</i> , Оценка времени релаксации галактик с учетом темной материи.....	50

Физика Солнца и тел солнечной системы

<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Действие светового давления на динамику атомов и ионов в осколочных дисках звезд класса А.....	55
<i>Демченко Б.И., Шестакова Л.И.</i> , Орбитальная эволюция пылевых частиц оливина в процессе сублимации около Солнца	64
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Орбитальная эволюция силикатных пылевых частиц в процессе сублимации около звезд класса А	73
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Изменение отношения Fe/O с энергией ионов в минимуме солнечной активности. I. Энергетические спектры ионов Fe и O при отсутствии пятен на Солнце.....	81
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Изменение отношения Fe/O с энергией ионов в минимуме солнечной активности. II. Роль аномальной компоненты космических лучей в минимуме цикла.....	86
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Харитонова Г.А.</i> , Аммиачное поглощение на Сатурне - асимметрия широтных вариаций в период равноденствия 2009 года.....	91
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г.</i> , Северное полушарие Сатурна - поглощение метана и аммиака в 2015 году	97
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Исследование молекулярного поглощения по диску Юпитера в сезон видимости 2016 года I. экваториальная область.....	104
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> , Исследование молекулярного поглощения на Юпитере в сезон видимости 2016 года II. Широтные вариации.....	110
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Исследование молекулярного поглощения на Юпитере в сезон видимости 2016 года. III. Большое Красное Пятно (БКП)	118
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Молотов И.Е., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Некоторые характеристики множества геостационарных спутников.....	124
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А.</i> , Сравнительный анализ различных методов астрометрической обработки наблюдений ГСС на CCD-матрице с малым полем зрения.....	129
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Условия наблюдений геостационарных спутников на пункте Тянь-Шанская Астрономическая Обсерватория.....	135
<i>Шомищева С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Отебай А.Б.</i> , Стандартизация фотометрической системы 1-метрового телескопа Тянь-Шанской Астрономической Обсерватории.....	140
<i>Тереценок В.М.</i> , Характеристики и особенности работы фотоэлектрического фотометра SSP-5A	146
<i>Тереценок В.М., Шамро А.В.</i> , Спектрограф для абсолютных измерений. Схема и конструкция оптико-механического блока.....	152

Теоретические исследования

<i>Калдыбекова Б. К., Решетова Г. В.</i> Численные результаты специальной сетки из струн.....	160
<i>Бакирова Э.А., Кадирбаева Ж.М.</i> О разрешимости линейной многоточечной краевой задачи для нагруженных дифференциальных уравнений.....	168
<i>Бесбаев Г.А., Көпжасарова А.А., Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш.</i> О самосоряженности оператора Гурса в пространстве Крейна.....	176
<i>Жумали А.С., Решетова Г.В.</i> Численное моделирование микроскопической динамики подземного выщелачивания.....	188
<i>Бактыбаев К., Далелханкызы А., Кикымова I., Мырзабаев А.</i> Применение модели взаимодействующих бозонов в деформированных изотопах ядра урана.....	195
<i>Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Абылкасымова Э. А., Шалданбаев А.Ш.</i> Спектральные разложения решения вольтерровых нелокальных краевых задач волнового уравнения.....	203
<i>Шомаманбаева М.Т., Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Спектральные свойства нелокальной краевой задачи волнового уравнения	213
75 лет казахстанской астрономической науке.....	224

CONTENTS

Investigation of stars and nebulae

<i>Serebryanskiy A.V., Gaynullina E.R., Khalikova A.V.</i> Variable star TYC3215-906-1: light curve analyses and classification	5
<i>Kondratyeva L., Rspaev F., Aimuratov Ye., Otebay A.</i> Results of the spectral and photometric observations of the object V725 Tau	12
<i>Kondratyeva L., Rspaev F., Aimuratov Ye.</i> , Variability of the planetary nebula M1-65.....	22
<i>Pavlova L.A.</i> , The influents magnetic field on the forming circumstellar structure.....	29
<i>Kokumbaeva R.I., Khruslov A.V., Kusakin A.V.</i> , GSC 3601-01531 and GSC 3601-01504, two new variable stars.....	35

Problems of celestial mechanics and dynamics of stellar systems

<i>Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Burkova N.A., Tkachenko A.S.</i> , Radiative $^2\text{H}^3\text{He}$ capture at astrophysical energies	41
<i>Zulpykharov A. T., Konysbayev T.K., Chechin L.M.</i> The relaxation time estimation for galaxies with account of Dark matter.....	50

Physics of sun and bodies of the Solar system

<i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> , The action of radiation pressure on the dynamics of atoms and ions in debris disks of A-type stars.....	55
<i>Demchenko B.I., Shestakova L.I.</i> , Orbital evolution of olivine dust grain during sublimation process near the Sun.....	64
<i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> , Orbital evolution of silicate dust particles during sublimation near A-type stars.....	73
<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> Variations of Fe/O Ratio with Ion's Energies in the Solar Activity Minimum. I. Energy Spectra of Fe and O Ions on the Spotless Sun	81
<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> Variations of Fe/O Ratio with Ion's Energies in the Solar Activity Minimum. II. Role of anomalous component of the cosmic rays in a cycle minimum.....	86
<i>Tejfe V.G.I., Karimov A.M., Kharitonova G.A.</i> The ammonia absorption in Saturn – an asymmetry of latitudinal variations at the 2009 equinox.....	91
<i>Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfe V.G.I., Kharitonova G.A.</i> , Northern hemisphere of SATURN – the methane and ammonia absorption in 2015.....	97
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> , The study of molecular absorption over Jovian disk in season of 2016 visibility. I. Equatorial area.....	104
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The study of molecular absorption on Jupiter in visibility season of 2016. II. Latitudinal variations.....	110
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The study of molecular absorption on Jupiter in visibility season of 2016. III. Great Red Spot (GRS).....	118
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Molotov I. E., Serebryansky A. V., Usoltseva L. I., Voropaev V.A.</i> Some features of geostationary satellites ensemble.....	124
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Nifontova M.V., Usoltseva L. I.</i> , Comparative analysis of several methods of astrometric processing of the GSS observations using CCD-cameras with narrow field of view.....	129
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Krugov M.A., Reva I.V., Serebryansky A. V., Usoltseva L. I.</i> , Condition of observations of geostationary satellites at Tien Shan astronomical observatory.....	135
<i>Shomshekova S. A., Reva I.V., Kondratyeva L.N., Otebay A.B.</i> , Standardization of the photometric system of the 1-meter telescope of Tien-Shan Astronomical Observatory.....	140
<i>Tereschenko V. M.</i> , The characteristics and peculiarities of the photoelectrical photometer SSP-5A operation.....	146
<i>Tereschenko V. M., Shamro A. V.</i> , Spectrograph for absolute measurements. Scheme and construction of the optic-mechanic block.....	152

Theoretical studies

<i>Kaldybekova B.K., Reshetova G. V.</i> Numerical results of special grid of strings.....	160
<i>Bakirova E.A., Kadirbayeva Zh.M.</i> On a solvability of linear multipoint boundary value problem for the loaded differential equations.....	168
<i>Besbayev G. A., Kopzhasarova A.A., Saprygina M.B., Shaldanbayev A.Sh.</i> On self-conjugation of the operator of goursat in crane space	176
<i>Zhumali A.S., Reshetova G.V.</i> Numerical modelling of microscopic dynamics of in-situ leaching.....	188
<i>Baktybaev K., Dalelkhankyzy A., Kyqymova I., Myrzabaev A.</i> Applying the model of interacting bosons in a deformed nucleus of uranium isotopes.....	195
<i>Kopzhasarova A.A., Besbayev G. A., Abylkassymova E.A., Shaldanbayev A.SH.</i> Spectral resolutions of solution of voltaire nonlocal boundary value problems of a wave equation.....	203
<i>Shomanbayeva M. T., Kopzhasarova A.A., Besbayev G. A., Shaldanbayev A.Sh.</i> Spectral properties of a nonlocal boundary value problem of a wave equation.....	213
75 years of Kazakhstan's astronomical science	224

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Редактор *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 25.09.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
14 п.л. Тираж 300. Заказ 5.