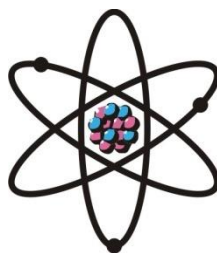


ОТДЕЛЕНИЕ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал основан
в январе 1952 г.



№ 1 (154)
2014 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

С.О.Одинаев – главный редактор, академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Кохирова Г.И.** – зам.главного редактора, доктор физико-математических наук; **Н.Г.Сапожников** – ответственный секретарь; **Х.М.Ахмедов** – академик, доктор химических наук; **П.Б.Бабаджанов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **И.Н.Ганиев** – академик, доктор химических наук, профессор; **М.И.Илолов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Р.М.Марупов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **У.М.Мирсаидов** – академик, доктор химических наук, профессор; **Х.Х.Муминов** – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор; **С.Х.Негматуллаев** – академик, доктор технических наук; **Н.Р.Раджабов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Ф.К.Рахимов** – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор; **З.Х.Рахмонов** – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор; **З.Д.Усманов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **А.Р.Файзиев** – член-корреспондент, доктор геолого-минералогических наук, профессор; **Д.Х.Халиков** – академик, доктор химических наук, профессор.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

З.Х.Рахмонов. Суммы примитивных характеров с простыми числами	7
К.Тухлиев. Точные верхние грани отклонения некоторых классов функций от их частных сумм ряда Фурье-Чебышева в пространстве L_2 . II.....	22
Н.М.Мамадаёзов. Неравенства типа Джексона-Стечкина и значения поперечников некоторых функциональных классов в L_2	33
И.Курбонов, С.И.Икболов. Вопросы качественного исследования нелинейных краевых задач электромагнитоупругости с памятью	43

АСТРОНОМИЯ

П.Б.Бабаджанов, Г.И.Кохирова, Ю.В.Обрубов. Теоретические радианты и скорости метеорных потоков, связанных с астероидами, сближающимися с Землей, открытыми в 2005-2008 гг. 52

ФИЗИКА

Н.У.Муллоев, Б.Н.Нарзиев, М.Б.Каримов, Дж.Юсупова, С.А.Расулов. Влияние замещенных радикалов на ИК-спектры производных 1,3-диоксоланов..... 70

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А.А.Аминджанов, М.И.Дегтев, А.А.Юминова, О.Н.Попова. Диантипирилалканы – эффективные реагенты в расслаивающихся системах с бензойной и салициловой кислотами 76

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

У.М.Мирсаидов, П.М.Ятимов, Э.Д.Маматов, З.В.Кобулиев, А.Курбонбеков. Хлорирование концентрата данбурита..... 84

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Э.Х.Пулатов, М.Д.Исобаев, Б.Г.Мавлонов, И.У.Файзилов. Аминонитрилы в построении тиазолидиновых гетероциклов..... 88

ГЕОЛОГИЯ

Ф.А.Мухидинов. Геолого-структурная характеристика района строительства туннеля «Чормагзак»..... 94

ГЕОДЕЗИЯ

М.С.Саидов, Н.Ш.Сарабеков, Х.К.Худжамуллоев, Ф.Салихов. Интерпретация наблюдаемых изменений современных движений приповерхностных частей земной коры Файзабадского геодинамического полигона..... 100

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А.А.Сабиров. Два новых рода примитивных палеозойских фораминифер 107

ТЕХНИКА

Х.С.Каримов, Х.М.Ахмедов, Муджахид Хусейн. Исследование свойств фотоэлектрического модуля (ARCO Solar-ASI-16-2300-20) в естественных условиях и моделированием 114

ХРОНИКА

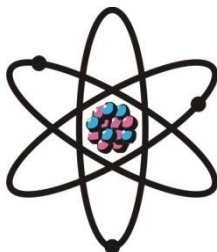
VI Всероссийская Каргинская конференция «Полимеры – 2014»..... 120

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Аюб Алиевич Алиев (04.08.1948 - 02.07.2013) 127

ШҮЪБАИ
ИЛМҲОИ ФИЗИКАЮ МАТЕМАТИКА,
ХИМИЯ, ГЕОЛОГИЯ ВА ТЕХНИКА

Мачалла аз мохи
январ соли 1952
нашр мешавад



№ 1 (154)
с. 2014

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

С.О.Одинаев – сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Кохирова Г.И.** – муовини сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Н.Г.Сапожников** – котиби масъул; **Ҳ.М.Аҳмедов** – академик, доктори илми химия; **Р.Б.Бобочонов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **И.Н.Ғаниев** – академик, доктори илми химия, профессор; **М.И.Илолов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Р.М.Маърупов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Ҷ.М.Мирсаидов** – академик, доктори илми химия, профессор; **Ҳ.Ҳ.Муминов** – узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **С.Х.Неъматуллоев** – академик, доктори илмҳои техникӣ; **Ф.К.Раҳимов** – узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **З.Ҳ.Раҳмонов** – узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Н.Р.Рачабов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **З.Ҷ.Усмонов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **А.Р.Ғайзиев** – узви вобаста, доктори илмҳои геология ва минералогия, профессор; **Ҷ.Х.Холиқов** – академик, доктори илми химия, профессор.

МУНДАРИҶА

МАТЕМАТИКА

З.Ҳ.Раҳмонов. Суммаи характерҳо содаи бо ададҳои сода.....	7
К.Тухлиев. Сарҳади аниқи болоии тамоили баъзе синфи функсияҳо аз суммаи хусусии қатори Фурйе-Чебышёв дар фазои L_2 . II.....	22
Н.М.Мамадаёзов. Нобаробариҳои намуди Ҷексон-Стечкин ва қимати аниқи қутрҳои баъзе синфи функционалҳо дар L_2	33
И.Қурбонов, С.И.Иғболов. Тадқиқи сифатии доштани масъалаҳои канорӣ гайри хаттии электромагнитӣ чандирӣ дорои хотира	43

АСТРОНОМИЯ

П.Б.Бобочонов, Г.И.Қоҳирова, Ю.В.Обрубов. Радиант ва суръатҳои назариявии селҳои метеорие, ки бо астероидҳои ба Замин наздикшавандаи дар сс.2005-2008 кашф карда шуда алоқаманданд **52**

ФИЗИКА

Н.У.Муллоев, Б.Н.Нарзиев, М.Б.Каримов, Ч.Юсупова, С.А.Расулов. Таъсири ивазкунандаҳо ба спектри инфрасурхи (ИС) ҳосилаҳои 1,3–диоксоланҳо **70**

ХИМИЯИ АНАЛИТИКӢ

А.А.Аминҷонов, М.И.Дегтев, А.А.Юминова, О.Н.Попова. Диантипирилалканҳо – реагентҳои самарӣ дар системаҳои бақабатчудошавӣ бо кислотаҳои бензоат ва салитсилат..... **76**

ХИМИЯИ ҒАЙРИОРГАНИКӢ

Ӯ.М.Мирсаидов, П.М.Ятимов, Э.Д.Маматов, З.В.Кобулиев, А.Қурбонбеков. Хлоронидани концентрати данбурит **84**

ХИМИЯИ ОРГАНИКӢ

Э.Х.Пулатов, М.Д.Исобеаев, Б.Г.Мавлонов, И.У.Файзилов. Аминонитрилҳо дар сохтани гетеросиклҳои тиазолидини..... **88**

ГЕОЛОГИЯ

Ф.А.Муҳидинов. Тавсифи сохтори геологии минтақаи сохташавандаи нақби «Чормағзак»..... **94**

ГЕОДЕЗИЯ

М.С.Саидов, Н.Ш.Сарабеков, Х.Қ.Хучамуллоев, Ф.Салихов. Шарҳи тағйиротҳои мушоҳидавии ҳаракатҳои муносири қисмҳои назди сатҳии қишри замини майдони геодинамикии Файзобод..... **100**

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А.А.Собиров. Ду зоти нави фораминифераҳои сустафзоишфтаи оҳакии палеозой..... **107**

ТЕХНИКА

Х.С.Каримов, Ҳ.М.Ахмедов, Мучаҳид Хусейн. Таҳқиқи хосиятҳои фотоэлектрикии модули (ARCO Solar-ASI-16-2300-20) дар шароити табиӣ ва бо усули моделиронӣ..... **114**

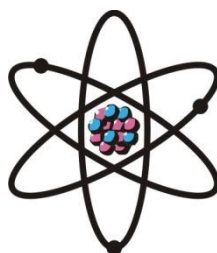
ХРОНИКА..... **120**

ЁДБУДИ ОЛИМ

Аюб Алиевич Алиев (04.08.1948 - 02.07.2013) **127**

**DEPARTMENT OF
PHYSICAL, MATHEMATICAL, CHEMICAL,
GEOLOGICAL AND TECHNICAL SCIENCES**

The journal was established
in January 1952



№ 1 (154)
2014

EDITORIAL BOARD

Prof. **Saidmukhammad Odinaev**, Doctor of Physical and Mathematical, Editor-in-Chief; **Gulchekhra Kokhirova**, Doctor of Physical and Mathematical, Deputy Editor-in-Chief; **Nikolay Sapozhnikov**, Secretary; **Khakim Akhmedov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Pulat Babadzhonov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Abdulkhak Faysiev**, Doctor of Geology and Mineralogy; Prof. **Mamadsho Ilolov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Izatullo Ganiev**, Doctor of Chemistry; Prof. **Dzhuraboy Khalikov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Rakhim Marupov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Ulmas Mirsaidov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Khikmat Muminov**, Doctor of Physical and Mathematical; **Sabit Negmatullaev**, Doctor of Engineering; Prof. **Nusrat Rajabov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Farhod Rakhimov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Zarullo Rakhmonov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Zafar Usmanov**, Doctor of Physical and Mathematical.

CONTENTS

MATHEMATICS

Z.Kh.Rakhmonov. Sums of primitive characters over prime numbers	7
K.Tukhliev. Upper bounds of the deviations of certain classes of functions from their partial sums of Fourier-Chebyshev in L_2 space. II	22
N.M.Mamadayozov. Jackson-Stechkin type inequality and the values of some widths of functional classes in L_2	33
I.Kurbonov, S.I.Ikbolov. Questions of quality research of nonlinear regional problems of electromagnetoelasticity with memory	43

ASTRONOMY

P.B.Babadzhonov, G.I.Kokhirova, Yu.V.Obrubov. Theoretical radiants and velocities of the meteor showers associated the near Earth asteroids discovered during 2005-2008 ..	52
---	----

PHYSICS

N.U.Mulloev, B.N.Narziev, M.B. Karimov, J.Usupova, S.A.Rasulov. Replacement influence on IR-spectra 1,3-dioksolanes **70**

ANALITICAL CHEMISTRY

A.A.Aminjanov, M.I.Degtev, A.A.Yuminova, O.N.Popova. Diantipirilalkanes as effective reagents in the segregating systems containing benzoic acid and salicylic acid **76**

INORGANIC CHEMISTRY

U.M.Mirsaidov, P.M.Yatimov, E.D.Mamatov, Z.V.Kobuliev, A.Kurbonbekov. Chlorination of danburite concentrate..... **84**

ORGANIC CHEMISTRY

E.Kh.Pulatov, M.J.Isobaev, B.G.Mavlonov, I.U.Fayzilov. Aminonitriles in the constructing of thiazolidines heterocycle **88**

GEOLOGY

F.A.Moohidinov. Geology-structures characterization of tunnel "Chormagzak"..... **94**

GEODESY

M.C.Saidov, N.Sh.Sarabekov, H.K.Khudzhamulloev, F.Salihov. The interpretation of observable changes of modern movements of the earth crust subsurface parts of Fayzabad geodynamic testing area **100**

PALEONTOLOGY

A.A.Sabirov. Two new genera of primitive calcareous paleozoic foraminifera **107**

TECHNICS

Kh.S.Karimov, Kh.M.Akhmedov, Mujahid Hussain. Investigation of properties of photovoltaic module (ARCO Solar-ASI-16-2300-20) experimentally and by modeling and simulation..... **114**

CHRONICLE..... **120**

MEMORY OF SCIENTIST

Aub Alievich Aliev (04.08.1948 - 02.07.2013) **127**

УДК 511.325

З.Х.РАХМОНОВ

СУММЫ ПРИМИТИВНЫХ ХАРАКТЕРОВ С ПРОСТЫМИ ЧИСЛАМИ

Институт математики им. А.Джураева АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 23.11.2013 г.

Получена новая оценка суммы значений примитивного характера Дирихле по модулю q на последовательности сдвинутых простых чисел $p-l$, $(l, q) = 1$, $p \leq x$, нетривиальная при $x \geq q^{\frac{5}{6}+\varepsilon}$. Это уточняет оценку Дж.Б.Фридландера, К.Гонга, И.Е.Шпарлинского, нетривиальную лишь при $x \geq q^{\frac{8}{9}+\varepsilon}$.

Ключевые слова: характер Дирихле – сдвинутые простые числа – короткая сумма характеров – тригонометрическая сумма.

Метод оценок тригонометрических сумм с простыми числами И.М.Виноградова позволил ему решить ряд арифметических проблем с простыми числами. Одна из них касается распределения значений неглавного характера на последовательностях сдвинутых простых чисел. В 1938 г. он [1] доказал: если q – простое нечётное, $(l, q) = 1$, $\chi(a)$ – неглавный характер по модулю q , тогда

$$T(\chi) = \sum_{p \leq x} \chi(p-l) \ll x^{1+\varepsilon} \left(\sqrt{\frac{1}{q} + \frac{q}{x}} + x^{-\frac{1}{6}} \right). \quad (1)$$

При $x \gg q^{1+\varepsilon}$ эта оценка нетривиальна и из нее следует асимптотическая формула для числа квадратичных вычетов (невычетов) $\text{mod } q$ вида $p-l$, $p \leq x$.

Затем в 1952 г. И.М.Виноградов [2] получил нетривиальную оценку $T(\chi)$ при $x \geq q^{0,75+\varepsilon}$, q – простое. Этот результат был неожиданным. Дело в том, что $T(\chi)$ можно

Адрес для корреспонденции: Рахмонов Зарулло Хусенович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/4, Институт математики АН РТ. E-mail: zarullo_r@mail.ru

записать в виде суммы, по нулям соответствующей L – функции Дирихле; тогда в предположении справедливости расширенной гипотезы Римана для $T(\chi)$ получится нетривиальная оценка, но только при $x \geq q^{1+\varepsilon}$.

В 1970 г. А.А.Карацуба [3] доказал: *если q – простое, $\chi(a)$ – неглавный характер по модулю q , $x \geq q^{\frac{1}{2}+\varepsilon}$, тогда*

$$T(\chi) \ll xq^{-\frac{1}{1024\varepsilon^2}}.$$

Автор ранее [4 – 6] обобщил оценку (1) на случай составного модуля и доказал: *пусть D – достаточно большое натуральное число, χ – неглавный характер по модулю D , χ_q – примитивный характер, порождённый характером χ , тогда*

$$T(\chi) \leq x \ln^5 x \left(\sqrt{\frac{1}{q} + \frac{q}{x} \tau^2(q_1)} + x^{-\frac{1}{6}} \tau(q_1) \right), \quad q_1 = \prod_{\substack{p|D \\ p \nmid q}} p. \quad (2)$$

В 2010 г. Дж.Б.Фридландер, К.Гонг, И.Е.Шпарлинский [7] для составного q показали, что нетривиальная оценка суммы $T(\chi_q)$ существует, когда x – длина суммы – по порядку меньше q . Они доказали: *для примитивного характера χ_q и всякого $\varepsilon > 0$ существует $\delta > 0$, что для всех $x \geq q^{\frac{8}{9}+\varepsilon}$ имеет место оценка*

$$T(\chi_q) \ll xq^{-\delta}.$$

Основным результатом этой работы является следующая теорема о нетривиальной оценке для более коротких сумм $T(\chi_q)$ при составном q , которая ранее была анонсирована в [8] и [9].

Теорема 1. *Пусть q – достаточно большое натуральное число, χ_q – примитивный характер по модулю q , $(l, q) = 1$, δ – положительное сколь угодно малое постоянное число, $\mathcal{L} = \ln q$, $x \geq q^{\frac{5}{6}+\frac{8}{5}\delta}$. Тогда имеем*

$$T(\chi_q) = \sum_{p \leq x} \chi_q(p-l) \ll x \exp\left(-\sqrt{\mathcal{L}}\right).$$

Обозначения: $\tau_k(n)$ – число решений уравнения $x_1 x_2 \dots x_k = n$ в натуральных числах, $\varphi(q)$ – функция Эйлера, $\mu(d)$ – функция Мебиуса, $\omega(q)$ – число различных простых делителей числа q .

1. Известные леммы

Лемма 1. [10]. Пусть $f(n)$ – произвольная комплекснозначная функция, $u_1 \leq x$, $r \geq 1$,

$$C_r^k = \frac{r!}{k!(r-k)!}, \quad \lambda(n) = \sum_{d|n, d \leq u_1} \mu(n).$$

Тогда имеет место тождество:

$$\begin{aligned} \sum_{n \leq x} \Lambda(n) f(n) &= \sum_{k=1}^r (-1)^{k-1} C_r^k \times \\ &\times \sum_{m_1 \leq u_1} \mu(m_1) \cdots \sum_{\substack{m_k \leq u_1 \\ m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k \leq x}} \mu(m_k) \sum_{n_1} \cdots \sum_{n_k} \ln n_1 f(m_1 n_1 \cdots m_k n_k) + \\ &+ (-1)^r \sum_{n_1 \geq u_1} \lambda(n_1) \cdots \sum_{\substack{n_r \geq u_1 \\ m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k \leq x}} \lambda(n_r) \sum_m \Lambda(m) f(n_1 \cdots n_r m). \end{aligned}$$

Лемма 2. [11]. Пусть r – произвольное фиксированное натуральное число, Z – натуральное число, q – число, свободное от квадратов или $r = 2$. Тогда справедливо соотношение

$$\sum_{\lambda=0}^{q-1} \left| \sum_{z=1}^Z \chi_q(\lambda + z) \right|^{2r} \ll Z^r q + Z^{2r} q^{\frac{1}{2} + \delta},$$

где постоянная под знаком \ll зависит только от r и δ .

Лемма 3. [11]. Для произвольного натурального $Z \leq q^{\frac{1}{6}}$ справедливо соотношение

$$\sum_{z_1, \dots, z_6=1}^Z \left| \sum_{\lambda=0}^{q-1} \chi_q \left(\frac{(\lambda + z_1)(\lambda + z_2)(\lambda + z_3)}{(\lambda + z_4)(\lambda + z_5)(\lambda + z_6)} \right) \right| \ll Z^3 q^{1+\delta}.$$

Лемма 4. [12]. При $x \geq 2$ имеем

$$\sum_{n \leq x} \tau_r^k(n) \ll x (\ln x)^{r^k - 1}, \quad k = 1, 2.$$

Лемма 5. [13]. Пусть $(\eta, q) = 1$, $y \geq q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}$, $0, 1 \leq \sigma < 0, 9$, тогда

$$S = \sum_{\substack{x-y < n \leq x \\ (n, q)=1}} \chi_q(n - \eta) \ll y \exp(-2^{\sigma-1} \sigma \ln^\sigma q).$$

Из этой леммы при $\sigma = 0, 6$ следует:

Следствие 1. Пусть $(\eta, q) = 1$, $y < x$ и $y \geq q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}$, тогда

$$\sum_{\substack{x-y < n \leq x \\ (n,q)=1}} \chi_q(n-\eta) \ll y \exp\left(-1,5\sqrt{\ln q}\right).$$

2. Оценка двойных сумм значений характеров

Лемма 6. Пусть M, M', N, N' и η – целые числа, удовлетворяющие условиям $(\eta, q) = 1, M' \leq 2M, N' \leq 2N \leq q^{\frac{1}{6}}, a_m$ и b_n – функции натурального аргумента такие, что

$$\sum_{M < m \leq M'} |a_m|^\alpha \ll M \mathcal{L}^{c_\alpha}, \quad \alpha = 1, 2; \quad |b_n| \ll B.$$

Тогда справедлива оценка

$$W = \sum_{M < m \leq M'} a_m \sum_{\substack{N' < n \leq \min(xm^{-1}, 2N) \\ (mn, q)=1}} b_n \chi_q(mn-l) \ll BM^{\frac{5}{6}} N^{\frac{1}{2}} q^{\frac{1+1}{6} \delta} \mathcal{L}^{\frac{4c_1+c_2+1}{6}}.$$

Доказательство. Не ограничивая общности, будем считать, что выполняется условие $MN < x$. Определяя m_q^{-1} из сравнения $mm_q^{-1} \equiv 1 \pmod{q}$ и затем переходя к оценкам, находим

$$|W| \leq \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m, q)=1}} |a_m| |S(m)|, \quad S(m) = \sum_{\substack{N' < n \leq \min(xm^{-1}, 2N) \\ (n, q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}).$$

Сумму $S(m)$ преобразуем в другую так, чтобы интервал суммирования внутренней суммы не зависел от m . Имеем равенство

$$S(m) = \frac{1}{q} \sum_{k=0}^{q-1} \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n, q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) \sum_{N' < r \leq \min(xm^{-1}, 2N)} e\left(\frac{k(n-r)}{q}\right).$$

Далее обозначая $N'' = \min(\lfloor xm^{-1} \rfloor, 2N)$, выделяя слагаемое с $k=0$ и суммируя затем по r , получаем:

$$S(m) = \frac{N'' - N}{q} \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n, q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) + \\ + \frac{1}{q} \sum_{k=1}^{q-1} \frac{\sin \frac{\pi k(N'' - N)}{q}}{\sin \frac{\pi k}{q}} e\left(-\frac{k(N'' + 1 + N)}{2q}\right) \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n, q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right).$$

Переходя к равенствам, имеем:

$$\begin{aligned}
S(m) &\ll \frac{N}{q} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) \right| + \sum_{k=1}^{q-1} \frac{1}{k} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right| \ll \\
&\ll \sum_{k=0}^{q-1} \frac{1}{k+1} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|.
\end{aligned}$$

Таким образом,

$$|W| \leq \sum_{k=0}^{q-1} \frac{1}{k+1} W(k), \quad W(k) = \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m,q)=1}} |a_m| \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|.$$

Оценим $W(k)$. Возводя обе части этого равенства в куб, воспользовавшись неравенством Гёльдера и определением числа c_1 , получим

$$\begin{aligned}
W^3(k) &\leq \left(\sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m,q)=1}} |a_m| \right)^2 \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m,q)=1}} |a_m| \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^3 \leq \\
&\leq (M \mathcal{L}^{c_1})^2 \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m,q)=1}} |a_m| \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^3.
\end{aligned}$$

Возводя обе части последнего неравенства в квадрат и воспользовавшись неравенством Коши и определением числа c_2 , имеем

$$\begin{aligned}
W^6(k) &\leq (ML^{c_1})^4 \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m,q)=1}} |a_m|^2 \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m,q)=1}} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^6 \ll \\
&\ll M^5 \mathcal{L}^{4c_1+c_2} \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m,q)=1}} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^6 \leq M^5 \mathcal{L}^{4c_1+c_2} \sum_{\lambda=0}^{q-1} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n,q)=1}} b_n \chi_q(n + \lambda) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^6 = \\
&= M^5 \mathcal{L}^{4c_1+c_2} \sum_{\substack{N' < n_1, \dots, n_6 \leq 2N \\ (n_1, \dots, n_6, q)=1}} b_{n_1} \dots b_{n_6} e\left(\frac{a(n_1 + \dots - n_6)}{q}\right) \sum_{\lambda=0}^{q-1} \chi\left(\frac{(\lambda + n_1)(\lambda + n_2)(\lambda + n_3)}{(\lambda + n_4)(\lambda + n_5)(\lambda + n_6)}\right).
\end{aligned}$$

Воспользовавшись неравенством $|b_n| \ll B$, затем леммой 3, найдем

$$\begin{aligned}
W^6(k) &\leq M^5 \mathcal{L}^{4c_1+c_2} B^6 \sum_{1 \leq n_1, \dots, n_6 \leq 2N} \left| \sum_{\lambda=0}^{q-1} \chi\left(\frac{(\lambda + n_1)(\lambda + n_2)(\lambda + n_3)}{(\lambda + n_4)(\lambda + n_5)(\lambda + n_6)}\right) \right| \ll \\
&\ll M^5 \mathcal{L}^{4c_1+c_2} B^6 \cdot N^3 q^{1+\delta} = B^6 M^5 N^3 q^{1+\delta} \mathcal{L}^{4c_1+c_2}.
\end{aligned}$$

Следствие 6.1. Пусть M, M', N, N' и η – целые числа, удовлетворяющие условиям $(\eta, q) = 1, M' \leq 2M, N' \leq 2N, q^\theta < N \leq q^{\frac{1}{6}}, a_m$ и b_n – функции натурального аргумента такие, что $|a_m| \leq \tau_5(m), |b_n| \leq 1$. Тогда при $x \geq q^{1-2\theta+1,1\delta}$ справедлива оценка

$$W = \sum_{M < m \leq M'} a_m \sum_{\substack{N' < n \leq \min(xm^{-1}, 2N) \\ (mn, q) = 1}} b_n \chi(mn - l) \ll x \exp(-1,5\sqrt{\ln q}).$$

Доказательство. Согласно леммы 4, имея в виду, что $\ln M \ll L$, найдём

$$\sum_{M < m \leq M'} \tau_5(m) \ll M \mathcal{L}^4, \quad \sum_{M < m \leq M'} \tau_5^2(m) \ll M \mathcal{L}^{24}.$$

Из леммы 6 при $c_1 = 4, c_2 = 24$, воспользовавшись условием $MN \leq x, N \geq q^\theta$ и $x \geq q^{1-2\theta+1,1\delta}$, найдём

$$\begin{aligned} W &\ll (MN)^{\frac{5}{6}} N^{-\frac{1}{3}} q^{\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\delta} \mathcal{L}^{\frac{41}{6}} \leq x^{\frac{5}{6}} N^{-\frac{1}{3}} q^{\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\delta} \mathcal{L}^{\frac{41}{6}} = x \left(\frac{N^{-2} q^{1+\delta} \mathcal{L}^{41}}{x} \right)^{\frac{1}{6}} \leq \\ &\leq x \left(\frac{q^{1-2\theta+\delta} \mathcal{L}^{41}}{x} \right)^{\frac{1}{6}} < x \left(\frac{q^{1-2\theta+1,1\delta} \exp(-9\sqrt{\ln q})}{x} \right)^{\frac{1}{6}} \leq x \exp(-1,5\sqrt{\ln q}). \end{aligned}$$

Лемма 7. Пусть M, M', N, N' и η – целые числа удовлетворяющим условиям $(\eta, q) = 1, M' \leq 2M, N' \leq 2N, a_m$ и b_n функции натурального аргумента такие, что

$$\sum_{M < m \leq M'} |a_m|^\alpha \ll M \mathcal{L}^{c_\alpha}, \quad \alpha = 1, 2; \quad |b_n| \ll B.$$

Тогда справедлива оценка

$$W = \sum_{M < m \leq M'} a_m \sum_{\substack{N' < n \leq \min(xm^{-1}, 2N) \\ (mn, q) = 1}} b_n \chi(mn - l) \ll B \left(M^{\frac{3}{4}} N^{\frac{1}{2}} q^{\frac{1}{4}} + M^{\frac{3}{4}} N q^{\frac{1}{8}} \right) \mathcal{L}^{\frac{2c_1+c_2+1}{4}} q^{\frac{1}{4}\delta}.$$

Доказательство. Не ограничивая общности, будем считать, что выполняется условие $MN < x$. Поступая аналогично предыдущей лемме, находим

$$|W| \ll \sum_{k=0}^{q-1} \frac{1}{k+1} W(k), \quad W(k) = \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m, q) = 1}} |a_m| \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n, q) = 1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|.$$

Возведём $W(k)$ в квадрат, воспользуемся неравенством Гёльдера и определением числа c_1 :

$$W^2(k) \leq M \mathcal{L}^{c_1} \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m, q) = 1}} |a_m| \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n, q) = 1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^2.$$

Возведём обе части последнего неравенства в квадрат, воспользуемся неравенством Коши и определением числа c_2 :

$$\begin{aligned} W^4(k) &\ll M^3 \mathcal{L}^{2c_1+c_2} \sum_{\substack{M < m \leq M' \\ (m, q) = 1}} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n, q) = 1}} b_n \chi_q(n - lm_q^{-1}) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^4 \leq \\ &\leq M^3 \mathcal{L}^{2c_1+c_2} \sum_{\lambda=0}^{q-1} \left| \sum_{\substack{N' < n \leq 2N \\ (n, q) = 1}} b_n \chi_q(n + \lambda) e\left(\frac{kn}{q}\right) \right|^4 = \\ &= M^3 \mathcal{L}^{2c_1+c_2} \sum_{\substack{N' < n_1, \dots, n_4 \leq 2N \\ (n_1 \dots n_4, q) = 1}} b_{n_1} \dots b_{n_4} e\left(\frac{k(n_1 + \dots - n_4)}{q}\right) \sum_{\lambda=0}^{q-1} \chi\left(\frac{(\lambda + n_1)(\lambda + n_2)}{(\lambda + n_3)(\lambda + n_4)}\right). \end{aligned}$$

Далее воспользовавшись неравенством $|b_n| \ll B$, затем леммой 2, найдем

$$\begin{aligned} W^4(k) &\ll M^3 \mathcal{L}^{2c_1+c_2} B^4 \sum_{1 \leq n_1, \dots, n_4 \leq 2N} \left| \sum_{\lambda=0}^{q-1} \chi\left(\frac{(\lambda + n_1)(\lambda + n_2)}{(\lambda + n_3)(\lambda + n_4)}\right) \right| \ll \\ &\ll M^3 \mathcal{L}^{2c_1+c_2} B^4 \left(N^2 q + N^4 q^{\frac{1}{2}+\delta} \right) \ll B^4 \left(M^3 N^2 q + M^3 N^4 q^{\frac{1}{2}} \right) q^\delta \mathcal{L}^{2c_1+c_2}. \end{aligned}$$

Следствие 7.1. Пусть M , M' , N , N' и η – целые числа, удовлетворяющие условиям $(\eta, q) = 1$, $M' \leq 2M$, $N' \leq 2N$, $q^{\frac{1}{4}-\theta} \leq N \leq q^{\frac{1}{4}+\theta}$, a_m и b_n – функции натурального аргумента такие, что $|a_m| \leq \tau_5(m)$, $|b_n| \leq 1$. Тогда при $x \geq q^{\frac{3}{4}+\theta+1,1\delta}$ справедлива оценка

$$W = \sum_{M < m \leq M'} a_m \sum_{\substack{N' < n \leq \min(xm^{-1}, 2N) \\ (mn, q) = 1}} b_n \chi(mn - l) \ll x \exp\left(-1,5\sqrt{\ln q}\right).$$

Доказательство. Согласно леммы 4, имея в виду, что $\ln M \ll \mathcal{L}$, найдем

$$\sum_{M < m \leq M'} \tau_5(m) \ll M \mathcal{L}^4, \quad \sum_{M < m \leq M'} \tau_5^2(m) \ll M \mathcal{L}^{24}.$$

Из леммы 7 при $c_1 = 4$, $c_2 = 24$, воспользовавшись условиями $M \leq xN^{-1}$, $q^{\frac{1}{4}-\theta} \leq N \leq q^{\frac{1}{4}+\theta}$ и $x \geq q^{\frac{3}{4}+\theta+1,1\delta}$, найдем

$$\begin{aligned}
W &\ll \left(M^{\frac{3}{4}} N^{\frac{1}{2}} q^{\frac{1}{4}} + M^{\frac{3}{4}} N q^{\frac{1}{8}} \right) \mathcal{L}^{\frac{33}{4}} q^{\frac{1}{4}\delta} \leq x^{\frac{3}{4}} \left(N^{-\frac{1}{4}} q^{\frac{1}{4}} + N^{\frac{1}{4}} q^{\frac{1}{8}} \right) \mathcal{L}^{\frac{33}{4}} q^{\frac{1}{4}\delta} \ll \\
&\ll x \left(\frac{qN^{-1}}{x} + \frac{Nq^{\frac{1}{2}}}{x} \right)^{\frac{1}{4}} \mathcal{L}^{\frac{33}{4}} q^{\frac{1}{4}\delta} \leq x \left(\frac{2q^{\frac{3}{4}+\theta}}{x} \right)^{\frac{1}{4}} \mathcal{L}^{\frac{33}{4}} q^{\frac{1}{4}\delta} \ll x \exp(-1,5\sqrt{\ln q}).
\end{aligned}$$

3. Доказательство теоремы 1

Рассмотрим сумму

$$T(\chi_q) = \sum_{n \leq x} \Lambda(n) \chi_q(n-l).$$

В сумме $T(\chi_q)$ вклад слагаемых с условием $(n, q) > 1$ является величиной, модуль которой не превосходит $\ll \mathcal{L}^2$. Поэтому

$$T(\chi_q) = \sum_{\substack{n \leq x \\ (n, q) = 1}} \Lambda(n) \chi_q(n-l) + O(\mathcal{L}^2).$$

В лемме 1 возьмём $r = 3$, $u_1 = x^{\frac{1}{3}}$ и

$$f(n) = \begin{cases} \chi_q(n-l), & \text{при } (n, q) = 1; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Имеем

$$T(\chi_q) = \sum_{k=1}^3 (-1)^k C_3^k T_k(\chi_q), \quad (3)$$

$$T_k(\chi_q) = \sum_{m_1 \leq u_1} \mu(m_1) \cdots \sum_{\substack{m_k \leq u_1 \\ m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k \leq x, (m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k, q) = 1}} \mu(m_k) \sum_{n_1} \cdots \sum_{n_k} \ln n_1 \chi_q(m_1 n_1 \cdots m_k n_k - l),$$

Разобьём в $T_k(\chi_q)$ области изменения каждого $m_1, \dots, m_k, n_1, \dots, n_k$ на не более \mathcal{L} интервалов вида $M_j < m_j \leq 2M_j$, $N_j < n_j \leq 2N_j$, $j = 1, 2, \dots, k$. Получим

$$T_k(\chi_q) = \sum^{\mathcal{L}^{2k}} T_k(\chi_q, M, N), \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
T_k(\chi_q, M, N) &= \sum_{M_1 < m_1 \leq 2M_1} \mu(m_1) \cdots \sum_{\substack{M_k < m_k \leq 2M_k \\ m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k \leq x, (m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k, q)=1}} \mu(m_k) \sum_{N_1 < n_1 \leq 2N_1} \cdots \\
\cdots \sum_{N_k < n_k \leq 2N_k} \chi_q(m_1 n_1 \cdots m_k n_k - l) \ln n_1 &= \\
&= \sum_{M_1 < m_1 \leq 2M_1} \mu(m_1) \cdots \sum_{\substack{M_k < m_k \leq 2M_k \\ m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k \leq x, (m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k, q)=1}} \mu(m_k) \sum_{N_1 < n_1 \leq 2N_1} \cdots \\
\cdots \sum_{N_k < n_k \leq 2N_k} \chi_q(m_1 n_1 \cdots m_k n_k - l) \int_1^{n_1} \frac{dv}{v} &= \\
&= \int_1^{2N_1} \sum_{M_1 < m_1 \leq 2M_1} \mu(m_1) \cdots \sum_{\substack{M_k < m_k \leq 2M_k \\ m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k \leq x, (m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k, q)=1}} \mu(m_k) \sum_{\max(u, N_1) < n_1 \leq 2N_1} \cdots \\
\cdots \sum_{N_k < n_k \leq 2N_k} \chi_q(m_1 n_1 \cdots m_k n_k - l) d \ln u.
\end{aligned}$$

Через $U_1 = \max(u, N_1)$ обозначим такое число u , при котором модуль подынтегральной функции принимает максимальное значение, тогда

$$|T_k(\chi_q, M, N)| \ll \mathcal{L} |T_k(\chi_q, M, N)|, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned}
T_k(\chi_q, M, N) &= \sum_{M_1 < m_1 \leq 2M_1} \mu(m_1) \cdots \sum_{\substack{M_k < m_k \leq 2M_k \\ m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k \leq x, (m_1 \cdots m_k n_1 \cdots n_k, q)=1}} \mu(m_k) \sum_{U_1 < n_1 \leq 2N_1} \cdots \\
&\cdots \sum_{U_k < n_k \leq 2N_k} \chi_q(m_1 n_1 \cdots m_k n_k - l), \\
&N_j \leq U_j < 2N_j, \quad j = 1, 2, \dots, k.
\end{aligned}$$

Подставляя (5) в (4), а затем и (3), получим

$$T(\chi_q) \ll \mathcal{L}^6 \sum_{k=1}^3 \max |T_k(\chi_q, M, N)|, \quad (6)$$

Вводим следующие обозначения:

$$\prod_{j=1}^k M_j N_j = Y, \quad \prod_{j=1}^k M_j U_j = X, \quad Y < X \leq x, \quad M_j \leq x^{\frac{1}{3}}$$

и будем предполагать далее, что

$$Y \geq x \exp\left(-0,7\sqrt{\ln q}\right), \quad (7)$$

так как в противном случае, оценивая $T_k(\chi_q, M, N)$ тривиально, будем иметь

$$\begin{aligned}
T_k(\chi_q, M, N) &\ll \sum_{X < n \leq 2^k Y} \tau_{2k}(n) \ll 2^k Y \mathcal{L}^{2k-1} \ll \\
&\ll x 2^k \mathcal{L}^{2k-1} \exp\left(-0,7\sqrt{\ln q}\right) \ll x \exp\left(-0,6\sqrt{\ln q}\right).
\end{aligned}$$

Оценим $T_k(\chi_q, M, N)$ отдельно для каждого $k = 1, 2, 3$ и не ограничивая общности, будем считать, что выполняются условия:

$$M_1 \geq M_2 \geq \dots \geq M_k, N_1 \geq N_2 \geq \dots \geq N_k. \quad (8)$$

Оценка $T_3(\chi_q, M, N)$. Рассмотрим следующие возможные случаи значений параметра N_1 :

$$1. N_1 \geq q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}; \quad 2. q^{\frac{1}{6}} \leq N_1 < q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}; \quad 3. q^{\frac{1}{12}} \leq N_1 < q^{\frac{1}{6}}; \quad 4. N_1 < q^{\frac{1}{12}};$$

Для рассмотрений случаев 1, 2 и 3 сумму $T_3(\chi_q, M, N)$ несколько преобразуем. Для этого введём обозначения:

$$\tau_5(h) = \sum_{M_1 < m_1 \leq 2M_1} \mu(m_1) \sum_{M_2 < m_2 \leq 2M_2} \mu(m_2) \sum_{\substack{M_3 < m_3 \leq 2M_3 \\ m_1 m_2 m_3 n_2 n_3 = h}} \mu(m_3) \sum_{U_2 < n_2 \leq 2N_2} \sum_{U_3 < n_3 \leq 2N_3} 1, \quad |\tau_5(h)| \leq \tau_5(h).$$

Тогда сумма $T_3(\chi_q, M, N)$ запишется так:

$$T_3(\chi_q, M, N) = \sum_{XU_1^{-1} < h \leq 2^5 YN_1^{-1}} \tau_5(h) \sum_{\substack{U_1 < n \leq 2N_1 \\ hn \equiv 1 \pmod{q}}} \chi_q(hn - l), \quad XU_1^{-1} \geq YN_1^{-1}.$$

В сумме $T_3(\chi_q, M, N)$ интервал суммирования $XU_1^{-1} < h \leq 2^5 YN_1^{-1}$ разобьём на интервалы вида $H < h \leq H_1$, где $H_1 \leq 2H$. Получим на не более пяти сумм вида

$$T_3(\chi_q, M, N, H) = \sum_{H < h \leq H_1} \tau_5(h) \sum_{\substack{U_1 < n \leq \min(xh^{-1}, 2N_1) \\ (hn, q) = 1}} \chi_q(hn - l). \quad (9)$$

Случай 1. $N_1 \geq q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}$. Определяя h_q^{-1} из сравнения $hh_q^{-1} \equiv 1 \pmod{q}$, найдём

$$T_3(\chi_q, M, N, H) = \sum_{H < h \leq H_1} \tau_5(h) \chi_q(h) \sum_{\substack{U_1 < n \leq \min(xh^{-1}, 2N_1) \\ (n, q) = 1}} \chi_q(n - lh_q^{-1}).$$

Переходя к оценке, находим

$$|T_3(\chi_q, M, N, H)| \leq \sum_{\substack{H < h \leq H_1 \\ (h, q) = 1}} \tau_5(h) \left| \sum_{\substack{U_1 < n \leq \min(xh^{-1}, 2N_1) \\ (n, q) = 1}} \chi_q(n - lh_q^{-1}) \right|.$$

Применяя к сумме по n следствие 1 при $\eta = lh_q^{-1}$, $x = \min(xh^{-1}, 2N_1)$, $y = \min(xh^{-1}, 2N_1) - U_1 \leq 2N_1$, имеем

$$\begin{aligned} T_3(\chi_q, M, N) &\ll \sum_{\substack{H < h \leq H_1 \\ (h, q) = 1}} \tau_5(h) N_1 \exp\left(-2^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\ln q}\right) \ll H_1 \mathcal{L}^4 N_1 \exp\left(-2^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\ln q}\right) \ll \\ &\ll N_1 \exp\left(-2^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\ln q}\right) Y N_1^{-1} \mathcal{L}^4 \ll x \exp\left(-0,7 \sqrt{\ln q}\right). \end{aligned}$$

Случай 2. $q^{\frac{1}{6}} \leq N_1 < q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}$. Воспользуемся следствием 1 леммы 7 при

$$M = H, \quad M' = H_1, \quad N' = U_1, \quad N = N_1, \quad \theta = \frac{1}{12} + \frac{8}{5}\delta.$$

Тогда при $x \geq q^{\frac{3}{4} + \theta + 1,1\delta} = q^{\frac{5}{6} + \frac{27}{10}\delta}$ имеем

$$T_3(\chi_q, M, N, H) \ll x \exp\left(-0,7 \sqrt{\ln q}\right).$$

Случай 3. $q^{\frac{1}{12}} \leq N_1 < q^{\frac{1}{6}}$. Для суммы $T_3(\chi_q, M, N, H)$ вида (9), при

$$M = H, \quad M' = H_1, \quad N' = U_1, \quad N = N_1, \quad \theta = \frac{1}{12}$$

выполняются условия следствия 1. Согласно этому следствию, при $x \geq q^{1-2\theta+1,1\delta} = q^{\frac{5}{6}+1,1\delta}$, получим

$$T_3(\chi_q, M, N, H) \ll x \exp\left(-0,7 \sqrt{\ln q}\right).$$

Случай 4. $N_1 < q^{\frac{1}{12}}$. Сумму $T_3(\chi_q, M, N)$ преобразуем, для этого вводя обозначения:

ния:

$$\tau_5(h) = \sum_{M_2 < m_2 \leq 2M_2} \mu(m_2) \sum_{M_3 < m_3 \leq 2M_3} \mu(m_3) \sum_{\substack{U_1 < n_1 \leq 2N_1 \\ m_2 m_3 n_1 n_2 n_3 = h}} \sum_{U_2 < n_2 \leq 2N_2} \sum_{U_3 < n_3 \leq 2N_3} 1, \quad |\tau_5(h)| \leq \tau_5(h),$$

запишем её в виде:

$$T_3(\chi_q, M, N) = \sum_{XM_1^{-1} < h \leq 2^5 YM_1^{-1}} \tau_5(h) \sum_{\substack{M_1 < m \leq 2M_1 \\ hm \leq x, (hm, q) = 1}} \mu(m_1) \chi_q(hm - l).$$

Разобьём интервал суммирования $XM_1^{-1} < h \leq 2^5 YM_1^{-1}$ на интервалы вида $H < h \leq H_1$, где $H_1 \leq 2H$. Получим не более пяти сумм вида

$$T_3(\chi_q, M, N, H) = \sum_{H < h \leq H_1} \tau_5(h) \sum_{\substack{M_1 < n \leq \min(xh^{-1}, 2M_1) \\ (hn, q)=1}} \mu(m) \chi_q(hm - l).$$

Воспользовавшись соотношениями (8), (7) и условиями рассматриваемого случая, имеем

$$\begin{aligned} M_1 &\geq (M_1 M_2 M_3)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{Y}{N_1 N_2 N_3} \right)^{\frac{1}{3}} \geq \frac{Y^{\frac{1}{3}}}{N_1} \geq \frac{(x \exp(-0, 6\sqrt{\ln q}))^{\frac{1}{3}}}{N_1} \geq \\ &\geq \frac{q^{\frac{5}{18} + \frac{9}{10}\delta} \exp(-0, 2\sqrt{\ln q})}{q^{\frac{1}{12}}} > q^{\frac{7}{36}}, \quad M_1 \leq x^{\frac{1}{3}} < q^{\frac{1}{3}}. \end{aligned}$$

Отсюда следует, что при $M = H$, $M' = H_1$, $N' = M_1$, $N = M_1$, $\theta = \frac{1}{12}$ для суммы $T_3(\chi_q, M, N, H)$ выполняются условия следствия 1. Согласно этому следствию, при $x \geq q^{\frac{3}{4} + \theta + 1, 1\delta} = q^{\frac{5}{6} + 1, 1\delta}$ получим

$$T_3(\chi_q, M, N, H) \ll x \exp(-0, 7\sqrt{\ln q}).$$

Оценка $T_2(\chi_q, M, N)$. Вводя обозначение:

$$\tau_3(h) = \sum_{M_1 < m_1 \leq 2M_1} \mu(m_1) \sum_{\substack{M_2 < m_2 \leq 2M_2 \\ m_1 m_2 = h}} \mu(m_2) \sum_{U_2 < n_2 \leq 2N_2} 1, \quad |\tau_3(h)| \leq \tau_3(h),$$

сумму $T_2(\chi_q, M, N)$ запишем в виде

$$T_2(\chi_q, M, N) = \sum_{XU_1^{-1} < h \leq 2^5 YN_1^{-1}} \tau_3(h) \sum_{\substack{U_1 < n \leq 2N_1 \\ hn \leq x, (hn, q)=1}} \chi_q(hn - l), \quad XU_1^{-1} \geq YN_1^{-1}.$$

Разобьём в сумме $T_2(\chi_q, M, N)$ интервал суммирования $XU_1^{-1} < h \leq 2^5 YN_1^{-1}$ на интервалы вида $H < h \leq H_1$, где $H_1 \leq 2H$. Получим на не более пяти сумм вида

$$T_2(\chi_q, M, N, H) = \sum_{H < h \leq H_1} \tau_3(h) \sum_{\substack{U_1 < n \leq \min(xh^{-1}, 2N_1) \\ (hn, q)=1}} \chi_q(hn - l).$$

Случай 1. $N_1 \geq q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}$. Определяя h_q^{-1} из сравнения $hh_q^{-1} \equiv 1 \pmod{q}$, найдем

$$T_2(\chi_q, M, N, H) = \sum_{H < h \leq H_1} \tau_3(h) \chi_q(h) \sum_{\substack{U_1 < n \leq \min(xh^{-1}, 2N_1) \\ (n, q)=1}} \chi_q(n - lh_q^{-1}).$$

Переходя к оценке и применяя к сумме по n следствие 1 при $x = \min(xh^{-1}, 2N_1)$, $y = \min(xh^{-1}, 2N_1) - U_1 \leq 2N_1$, $\eta = lh_q^{-1}$, имеем

$$\begin{aligned}
T_2(\chi_q, M, N, H) &\ll \sum_{\substack{H < h \leq H_1 \\ (h, q) = 1}} \tau_3(h) N_1 \exp\left(-2^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\ln q}\right) \ll H_1 \mathcal{L}^3 N_1 \exp\left(-2^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\ln q}\right) \ll \\
&\ll Y N_1^{-1} \mathcal{L}^3 N_1 \exp\left(-2^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\ln q}\right) \ll x \exp\left(-0, 7 \sqrt{\ln q}\right).
\end{aligned}$$

Случай 2. $q^{\frac{1}{6}} \leq N_1 < q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}$. Воспользуемся следствием 1 при $M = H$, $M' = H_1$, $N' = U_1$, $N = N_1$, $\theta = \frac{1}{12} + \frac{8}{5}\delta$, тогда при $x \geq q^{\frac{3}{4} + \frac{1}{12} + \frac{8}{5}\delta + 1,1\delta} = q^{\frac{5}{6} + \frac{27}{10}\delta}$ имеем

$$T_2(\chi_q, M, N, H) \ll x \exp\left(-0, 7 \sqrt{\ln q}\right).$$

Случай 3. $N_1 < q^{\frac{1}{6}}$. Воспользовавшись соотношениями (8), (7) и условиями рассматриваемого случая, имеем

$$\begin{aligned}
N_1 &\geq (N_1 N_2)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{Y}{M_1 M_2}\right)^{\frac{1}{2}} \geq \frac{Y^{\frac{1}{2}}}{M_1} \geq \frac{\left(x \exp\left(-0, 6 \sqrt{\ln q}\right)\right)^{\frac{1}{2}}}{x^{\frac{1}{3}}} = \\
&= x^{\frac{1}{6}} \exp\left(-0, 3 \sqrt{\ln q}\right) \geq q^{\frac{5}{36} + \frac{9}{20}\delta} \exp\left(-0, 3 \sqrt{\ln q}\right) > q^{\frac{5}{36}} > q^{\frac{1}{12}}.
\end{aligned}$$

Для суммы $T_2(\chi_q, M, N, H)$ при $M = H$, $M' = H_1$, $N' = U_1$, $N = N_1$, $\theta = \frac{1}{12}$, выполняются условия следствия 1. Согласно этому следствию при $x \geq q^{\frac{3}{4} + \frac{1}{12} + 1,1\delta} = q^{\frac{5}{6} + 1,1\delta}$, получим

$$T_2(\chi_q, M, N, H) \ll x \exp\left(-0, 7 \sqrt{\ln q}\right).$$

Оценка $T_1(\chi_q, M, N)$. Определяя m_q^{-1} из сравнения $mm_q^{-1} \equiv 1 \pmod{q}$, найдем

$$T_1(\chi_q, M, N) = \sum_{M < m_1 \leq 2M_1} \mu(m_1) \chi_q(m_1) \sum_{\substack{U_1 < n \leq \min(xm^{-1}, 2N_1) \\ (n, q) = 1}} \chi_q(n - lm_q^{-1}).$$

Из соотношений (8), (7) и условий рассматриваемого случая имеем

$$N_1 \geq \frac{Y}{M_1} \geq \frac{x \exp\left(-0, 6 \sqrt{\ln q}\right)}{x^{\frac{1}{3}}} \geq q^{\frac{5}{9} + \frac{9}{5}\delta} \exp\left(-0, 6 \sqrt{\ln q}\right) > q^{\frac{1}{3} + \frac{8}{5}\delta}.$$

Воспользовавшись этим неравенством, применим к внутренней сумме по n следствие 1 при $x = \min(xm^{-1}, 2N_1)$, $y = \min(xm_q^{-1}, 2N_1) - U_1 \leq 2N_1$, $\eta = lm_q^{-1}$. Имеем

$$T_1(\chi_q, M, N) \ll M_1 N_1 \exp\left(-2^{-\frac{1}{2}} \sqrt{\ln q}\right) \ll x \exp\left(-0, 7 \sqrt{\ln q}\right).$$

Из полученных оценок $T_k(\chi_q, M, N)$, $k = 1, 2, 3$, ввиду (6), получим утверждение теоремы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов И.М. Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1952.
2. Виноградов И.М. Новый подход к оценке суммы значений $\chi(p+k)$ // Известия АН СССР, сер. матем. 1952. Т. 16. С. 197-210.
3. Карацуба А.А. Суммы характеров с простыми числами // Известия АН СССР, сер. матем. 1970. Т. 34. С. 299-321.
4. Рахмонов З.Х. О распределении значений характеров Дирихле // УМН. 1986. Т. 41. №1. С. 201-202.
5. Рахмонов З.Х. Об оценке суммы характеров с простыми числами // ДАН Таджикский ССР. 1986. Т. 29. №1. С. 16-20.
6. Рахмонов З.Х. О распределении значений характеров Дирихле и их приложения // Труды Математического института РАН. 1994. Т. 207. С. 286-296.
7. Фридландер Дж.Б., Гонг К., Шпарлинский И.Е. Суммы значений характеров на сдвинутых простых числах // Матем. заметки. 2010. Т. 88. В. 4. С. 605-619.
8. Рахмонов З.Х. О распределении значений характеров Дирихле в последовательности сдвинутых простых чисел // Доклады АН Республики Таджикистан. 2013. Т. 56. №1. С. 5-9.
9. Рахмонов З.Х. Распределение значений характеров Дирихле в последовательности сдвинутых простых чисел // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика 2013. Т. 13. Вып. 4(2). С. 113-117.
10. Рахмонов З.Х. Теорема о среднем значении $\psi(x, \chi)$ и ее приложения // Известия РАН, сер. матем. 1993. Т. 57. №4. С. 55-71.
11. Burgess D.A. The character sum estimate with $r = 3$ // J. London Math. Soc. 33 (1986). 219-226.
12. Марджанишвили К.К. Оценка одной арифметической суммы // ДАН СССР. 1939. Т. 22, №7. С. 391-393.
13. Рахмонов З.Х. Оценка коротких сумм значений характеров // Известия АН РТ. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2013. №4(153). С. 7-21.

З.Х.РАҲМОНОВ

СУММАИ ХАРАКТЕРҲО СОДДАИ БО АДАДҲОИ СОДДА

Институти математикаи ба номи А. Ҷӯраеви

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Барои суммаи киматҳои характери соддаи Дирихле аз r -и модули q , дар пайдарпаии ададҳои соддаи “лағҷонидашудаи” $p-l$, $(l, q) = 1$, $p \leq x$, баҳои нав гирифта шудааст, ки ҳангоми $x \geq q^{\frac{5}{6}+\varepsilon}$ ғайритривиалӣ мебошад. Ин баҳои Ҷ.Б.Фридландер, К.Гонг, И.Е.Шпарлинскийро, ки танҳо ҳангоми $x \geq q^{\frac{5}{6}+\varepsilon}$ ғайритривиалӣ мебошад, аниқ мекунад.

Калимаҳои калидӣ: характери соддаи Дирихле – ададҳои соддаи лағҷонидашуда – суммаи кӯтоҳ – суммаи тригонометрӣ бо ададҳои содда.

Z.KH.RAKHMONOV

SUMS OF PRIMITIVE CHARACTERS OVER PRIME NUMBERS

A.Dzhuraev Institute of Mathematics, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

We obtain a new bound for sums of a primitive character Dirichlet modulo an integer q at shifted primes $p-l$, $(l, q) = 1$ over primes $p \leq x$. Our bound is nontrivial starting with $x \geq q^{\frac{5}{6}+\varepsilon}$. This extends the range of the bound of J.B.Friedlander, K.Gong, I.E.Shparlinskii that is nontrivial for $x \geq q^{\frac{8}{9}+\varepsilon}$.

Key words: Dirichlet character – shifted primes – short sums – estimating sum.

УДК 517.5

К.ТУХЛИЕВ

ТОЧНЫЕ ВЕРХНИЕ ГРАНИ ОТКЛОНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ
ФУНКЦИЙ ОТ ИХ ЧАСТНЫХ СУММ РЯДА ФУРЬЕ-ЧЕБЫШЕВА
В ПРОСТРАНСТВЕ L_2 . II

Худжандский государственный университет им. Б.Гафурова
Поступила в редакцию 16.09.2013

Даны точные оценки скорости сходимости ряда Фурье-Чебышева на некоторых классах функций, задаваемых дифференциальным оператором второго порядка и характеризующихся обобщенным модулем непрерывности m -го порядка в пространстве $L_2 := L_2\left(\left(\sqrt{1-x^2}\right)^{-1}; [-1;1]\right)$. Вычислены точные верхние грани отклонений заданных классов функций от их частных сумм ряда Фурье-Чебышева в пространстве L_2 . Найдены точные значения n -поперечников классов функций, определенных при помощи осредненных модулей непрерывности m -го порядка.

Ключевые слова: оператор обобщенного сдвига – модуль непрерывности m -го порядка – верхние грани – ряд Фурье-Чебышева – дифференциальный оператор.

Первая часть этой статьи, пункты 1 и 2 опубликованы в работе [1].

3. В этом пункте мы изложим наши дальнейшие результаты по исследуемой теме. Для этого нам потребуются новые определения и факты.

Пусть \mathcal{B} – единичный шар в $L_{2,\mu}[-1,1]$; $L_n \subset L_{2,\mu}[-1,1]$ – n -мерное подпространство; $L^n \subset L_{2,\mu}[-1,1]$ – подпространство коразмерности n ; $\Lambda: L_{2,\mu}[-1,1] \rightarrow L_n$ – непрерывный линейный оператор проектирования; \mathfrak{M} – выпуклое центрально-симметричное множество из $L_{2,\mu}[-1,1]$. Величины

Адрес для корреспонденции: Тухлиев Камаридин. 735700, Республика Таджикистан, г.Худжанд, мкр. 20, Худжандский государственный университет. E-mail: kamaridin.t54@mail.ru

$$\begin{aligned}
b_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) &= \sup \left\{ \sup \{ \varepsilon > 0 : \varepsilon \mathcal{B} \cap L_{n+1} \subset \mathfrak{M} \} : L_{n+1} \subset L_{2,\mu}[-1,1] \right\}, \\
d_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) &= \\
&= \inf \left\{ \sup \left\{ \inf \{ \|f - \varphi\| : \varphi \in L_n \} : f \in \mathfrak{M} \right\} : L_n \in L_{2,\mu}[-1,1] \right\}, \\
\delta_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) &= \\
&= \inf \left\{ \inf \left\{ \sup \{ \|f - \Lambda f\| : f \in \mathfrak{M} \} : \Lambda L_{2,\mu}[-1,1] \subset L_n \right\} : L_n \subset L_{2,\mu}[-1,1] \right\}, \\
\Pi_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) &= \\
&= \inf \left\{ \inf \left\{ \sup \{ \|f - \Lambda^1 f\| : f \in \mathfrak{M} \} : \Lambda^1 L_{2,\mu}[-1,1] \subset L_n \right\} : L_n \subset L_{2,\mu}[-1,1] \right\}, \\
d^n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) &= \inf \left\{ \sup \{ \|f\| : f \in \mathfrak{M} \cap L^n \} : L_n \subset L_{2,\mu}[-1,1] \right\}
\end{aligned}$$

называют соответственно бернштейновским, колмогоровским, линейным, проекционным, гильфандовским n -поперечниками. Между вышеперечисленными величинами в гильбертовом пространстве $L_{2,\mu}[-1,1]$ выполняются соотношения [2],[3]:

$$\begin{aligned}
b_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) &\leq d^n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) \leq d_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) = \\
&= \delta_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]) = \Pi_n(\mathfrak{M}; L_{2,\mu}[-1,1]).
\end{aligned} \tag{32}$$

В пункте 2 первой части статьи мы ввели в рассмотрение классов функций $W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$, $W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$ и $W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$ и на этих классах функций вычислили значения точных верхних граней отклонения от их частных сумм ряда Фурье-Чебышева в пространстве $L_{2,\mu}[-1,1]$. Полученные результаты позволяют найти точные значения всех перечисленных выше n -поперечников на указанных классах функций в $L_{2,\mu}[-1,1]$. Вводим обозначение

$$(1 - \cos kx)_* = \{1 - \cos x, \text{ если } 0 < kx \leq \pi; 2, \text{ если } kx > \pi\}. \tag{33}$$

Теорема 5. Пусть функция $\Phi(u)$ удовлетворяет условию

$$\Phi^2 \left(\frac{u}{\mu} \right) \int_0^{\mu\pi} (1 - \cos t)_* \sin \frac{t}{\mu} dt \leq 2\mu\Phi^2(u) \tag{34}$$

при любом $\mu > 0$ и любом $u \in (0, 2\pi]$. Тогда справедливы равенства

$$\lambda_n \left(W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) = \left(\frac{\pi}{2} \right)^m \frac{1}{n^{2r}} \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right), \quad (35)$$

где $\lambda_n(\cdot)$ – любой из перечисленных выше n -поперечников.

Доказательство. Используя равенство (27) теоремы 1 из [1] и соотношения (32), запишем оценки сверху для всех перечисленных выше n -поперечников

$$\lambda_n \left(W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) \leq \mathcal{E}_n \left(W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right) = (\pi/2)^m n^{-2r} \Phi^m(\pi/n). \quad (36)$$

Для получения оценок снизу n -поперечников рассмотрим в $\mathcal{P}_n \cap L_{2,\mu}[-1,1]$ шар

$$\mathcal{B}_{n+1} := \left\{ p_n \in \mathcal{P}_n : \|p_n\| \leq (\pi/2)^m \cdot n^{-2r} \cdot \Phi^m(\pi/n) \right\}$$

и покажем его принадлежность классу $W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$, то есть покажем, что при ограничении (34) для произвольной $p_n \in \mathcal{P}_n$ и любых $u \in (0, \pi]$ выполняется неравенство

$$\frac{1}{u} \int_0^u \Omega_m^{1/m}(\mathcal{D}^r p_n; t) \sin \frac{\pi t}{u} dt \leq \Phi(u).$$

Воспользуясь равенством (4) из [1] для произвольного $p_n \in \mathcal{P}_n$ получаем

$$\left\| \Delta_h^m(\mathcal{D}^r p_n) \right\|^2 = \sum_{k=1}^n (1 - \cos kh)^{2m} \cdot k^{4r} \cdot c_k^2(p_n). \quad (*)$$

Из равенства (*), согласно определению модуля непрерывности (2) из [1], равенства (33) и радиуса шара \mathcal{B}_{n+1} для произвольного полинома $p_n \in \mathcal{B}_{n+1}$, $1 \leq k \leq n$, $0 < nt \leq \pi$ запишем неравенство

$$\begin{aligned} \Omega_m^2(\mathcal{D}^r p_n; t) &\leq (1 - \cos nt)_*^{2m} \cdot n^{4r} \cdot \sum_{k=1}^n c_k^2(p_n) = \\ &= (1 - \cos nt)_*^{2m} \cdot n^{4r} \cdot \|p_n\|^2 \leq (\pi/2)^{2m} \cdot (1 - \cos nt)_*^{2m} \cdot \Phi^{2m}(\pi/n). \end{aligned} \quad (37)$$

Из (37) с учетом определения класса $W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$ и ограничения (34) для любого $u \in (0, 2\pi]$ и $\mu > 0$ получаем

$$\begin{aligned} \frac{1}{u} \int_0^u \Omega_m^{1/m}(\mathcal{D}^r f; t) \sin \frac{\pi t}{u} dt &\leq \frac{\pi}{2u} \Phi \left(\frac{\pi}{n} \right) \cdot \int_0^u (1 - \cos nt)_* \sin \frac{\pi t}{u} dt = \\ &= \frac{n}{2\mu} \Phi \left(\frac{u}{\mu} \right) \cdot \int_0^u (1 - \cos nt)_* \sin \frac{nt}{\mu} dt = \frac{1}{2\mu} \Phi \left(\frac{u}{\mu} \right) \cdot \int_0^{nu} (1 - \cos t)_* \sin \frac{t}{\mu} dt = \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2\mu} \Phi\left(\frac{u}{\mu}\right) \cdot \int_0^{\mu\pi} (1 - \cos t)_* \sin \frac{t}{\mu} dt \leq \Phi(u). \quad (38)$$

Из неравенства (38) следует включение $\mathcal{B}_{n+1} \subset W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$. Используя соотношение (32) и определение бернштейновского n -поперечника, запишем оценки снизу рассматриваемых n -поперечников

$$\begin{aligned} \lambda_n(W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1]) &\geq b_n(W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1]) \geq \\ &\geq b_n(\mathcal{B}_{n+1}, L_{2,\mu}[-1,1]) = (\pi/2)^m \cdot n^{-2r} \cdot \Phi^m(\pi/n). \end{aligned} \quad (39)$$

Сопоставляя оценки сверху (36) и снизу (39), получаем требуемые равенства (35).

Известно [4], что мажорантные функции $\Phi(t)$, удовлетворяющие условию доказанной теоремы, существуют. В заключение отметим, что доказанная теорема является в определенном смысле аналогом теоремы 2 работы В.В.Шалаева [5] для пространства $L_{2,\mu}[-1,1]$.

Теорема 6. *Если мажоранта $\Phi(h)$ при любом $h \in \mathbb{R}_+$ удовлетворяет ограничениям*

$$\frac{\Phi(h)}{\Phi(\pi/(2n))} \geq \frac{\pi}{\pi-2} \begin{cases} 1 - \frac{\sin nh}{nh}, & \text{если } 0 < nh \leq \pi, \\ 2 - \frac{\pi}{nh}, & \text{если } nh \geq \pi \end{cases} \quad (40)$$

то для любых $m, n \in \mathbb{N}$ и $r \in \mathbb{Z}_+$ имеют место равенства

$$\lambda_n(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1]) = \mathcal{E}_n(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)) = \left(\frac{\pi}{\pi-2}\right)^m \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m\left(\frac{\pi}{2n}\right), \quad (41)$$

где $\lambda_n(\cdot)$ – любой из перечисленных выше n -поперечников. Множество мажорант, удовлетворяющих ограничению (40), не пусто.

Доказательство. Полагая в равенстве (28) из [1] $h = \pi/(2n)$, запишем оценку сверху для всех рассматриваемых n -поперечников

$$\lambda_n(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1]) \leq \left(\frac{\pi}{\pi-2}\right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m\left(\frac{\pi}{2n}\right). \quad (42)$$

Для получения оценок снизу перечисленных выше n -поперечников рассмотрим во множестве $\mathcal{P}_n \cap L_{2,\mu}[-1,1]$ шар

$$\mathcal{B}_{n+1}^* := \left\{ p_n \in \mathcal{P}_n : \|p_n\| \leq \left(\frac{\pi}{\pi-2} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{2n} \right) \right\}.$$

Покажем, что $\mathcal{B}_{n+1}^* \subset W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$. Для этого, поступая так же, как при доказательстве теоремы 5, для произвольной $p_n \in \mathcal{P}_n$ из равенства (33) получаем неравенство

$$\Omega_m^2(\mathcal{D}^r p_n; t) \leq \left(\frac{\pi}{\pi-2} \right)^{2m} \cdot (1 - \cos nt)_*^{2m} \cdot \Phi^{2m} \left(\frac{\pi}{2n} \right).$$

Отсюда с учетом первого из ограничений (40) и определения класса $W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$ запишем

$$\begin{aligned} \frac{1}{h} \int_0^h \Omega_m^{1/m}(\mathcal{D}^r f; t) dt &\leq \frac{\pi}{\pi-2} \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{2n} \right) \cdot \frac{1}{h} \int_0^h (1 - \cos nt)_* dt = \\ &= \frac{\pi}{\pi-2} \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{2n} \right) \cdot \frac{1}{h} \left(h - \frac{\sin nh}{n} \right) = \frac{\pi}{\pi-2} \cdot \left(1 - \frac{\sin nh}{nh} \right) \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{2n} \right) \leq \Phi(h). \end{aligned} \quad (43)$$

Если же $h \geq \pi/n$, то, используя второго ограничения из условия (40), будем иметь

$$\begin{aligned} \frac{1}{h} \int_0^h \Omega_m^{1/m}(\mathcal{D}^r f; t) dt &\leq \frac{\pi}{\pi-2} \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{2n} \right) \cdot \frac{1}{h} \int_0^h (1 - \cos nt)_* dt = \\ &= \frac{\pi}{\pi-2} \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{2n} \right) \cdot \frac{1}{h} \left\{ \int_0^{\pi/n} (1 - \cos nt) dt + \int_{\pi/n}^h 2 dt \right\} = \\ &= \frac{\pi}{\pi-2} \cdot \left(2 - \frac{\pi}{nh} \right) \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{2n} \right) \leq \Phi(h). \end{aligned} \quad (44)$$

Из (43) и (44) следует включение $\mathcal{B}_{n+1}^* \subset W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$. Используя соотношение (32) между n -поперечниками и определение бернштейновского n -поперечника, запишем

$$\begin{aligned} \lambda_n \left(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) &\geq b_n \left(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) \geq \\ &\geq b_n \left(\mathcal{B}_{n+1}^*, L_{2,\mu}[-1,1] \right) = \left(\frac{\pi}{\pi-2} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^{2m} \left(\frac{\pi}{2n} \right). \end{aligned} \quad (45)$$

Равенства (41) получаем из сопоставления неравенств (42) и (45).

Во второй части доказательства данной теоремы покажем, что множество мажорант $\Phi(t)$, удовлетворяющих ограничению (40), не пусто. С этой целью, рассмотрим

функцию $\Phi_*(t) := t^\alpha$, где $\alpha = 2 / (\pi - 2)$, и убедимся, что для нее соотношение (40) не пусто. Конкретизируя в (40) функцию Φ , получаем неравенства

$$\left(\frac{2nh}{\pi}\right)^\alpha \geq \frac{\pi}{\pi-2} \begin{cases} 1 - \frac{\sin nh}{nh}, & \text{если } 0 < nh \leq \pi, \\ 2 - \frac{\pi}{nh}, & \text{если } nh \geq \pi. \end{cases} \quad (46)$$

Положим $2nh = \mu\pi$, где $0 \leq \mu < \infty$, и неравенство (46) запишем

$$\mu^\alpha \geq \frac{\pi}{\pi-2} \begin{cases} 1 - \frac{2}{\mu\pi} \sin \frac{\mu\pi}{2}, & \text{если } 0 < \mu \leq 2, \\ 2 - \frac{2}{\mu}, & \text{если } \mu \geq 2 \end{cases} \quad (47)$$

или, что то же самое,

$$\mu^{\alpha+1} \geq \frac{\pi}{\pi-2} \begin{cases} \mu - \frac{2}{\pi} \sin \frac{\mu\pi}{2}, & \text{если } 0 < \mu \leq 2, \\ 2(\mu-1), & \text{если } \mu \geq 2. \end{cases}$$

Последнее неравенство для $\alpha + 1 = \pi / (\pi - 2)$ доказано в работе [6], а значит неравенство (47) справедливо для $\alpha := \pi / (\pi - 2) - 1 = 2 / (\pi - 2)$, чем и завершим доказательство теоремы 6.

Теорема 7. Пусть мажоранта Φ для любого $h \in \mathbb{R}_+$ удовлетворяют условию

$$\frac{\Phi(h)}{\Phi(\pi/n)} \geq \frac{2\pi^2}{\pi^2-4} \cdot \frac{1}{h^2} \cdot \int_0^h (h-t)(1-\cos nt)_* dt. \quad (47)$$

Тогда для любых чисел $m, n \in \mathbb{N}$ и $z \in \mathbb{Z}_+$ справедливо равенство

$$\lambda_n \left(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) = \left(\frac{\pi^2}{\pi^2-4} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right), \quad (48)$$

где $\lambda_n(\cdot)$ – любой из вышеперечисленных n -поперечников. Функции Φ , удовлетворяющие ограничению (47), существуют.

Доказательство. Оценки сверху для всех n -поперечников получаем из равенства (29) работы [1] при $h = \pi / n$:

$$\lambda_n \left(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) \leq \mathcal{E}_n \left(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right) = \left(\frac{\pi^2}{\pi^2-4} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right). \quad (50)$$

Для получения оценок снизу введем в рассмотрение шар

$$\mathcal{B}_{n+1}^{**} := \left\{ p_n \in \mathcal{P}_n : \|p_n\| \leq \left(\frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right) \right\}$$

и воспользуясь тем, что для произвольного $p_n \in \mathcal{P}_n$, из (33) следует нужное нам неравенство

$$\Omega_m^2(\mathcal{D}^r p_n; t) \leq \left(\frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \right)^{2m} \cdot (1 - \cos nt)_*^{2m} \cdot \Phi^{2m} \left(\frac{\pi}{n} \right). \quad (51)$$

Учитывая условие (47), запишем

$$\frac{2}{h^2} \int_0^h (h-t) \Omega_m^{2m}(\mathcal{D}^r f; t) dt \leq \frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{n} \right) \cdot \frac{2}{h^2} \int_0^h (h-t) (1 - \cos nt)_* dt \leq \Phi(h),$$

которое означает, что $\mathcal{B}_{n+1}^{**} \subset W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$. Отсюда имеем:

$$\begin{aligned} \lambda_n \left(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) &\geq b_n \left(W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi), L_{2,\mu}[-1,1] \right) \geq \\ &\geq b_n \left(\mathcal{B}_{n+1}^{**}, L_{2,\mu}[-1,1] \right) = \left(\frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^{2m} \left(\frac{\pi}{n} \right). \end{aligned} \quad (52)$$

Из неравенств (50) и (52) получаем требуемое равенство (48). Докажем, что множество функций Φ , удовлетворяющих условию (47), не пусто. Рассмотрим, например, степенную функцию $\Phi_*(u) = u^\alpha$, где $\alpha = \pi^2 / (\pi^2 - 4)$.

Тогда (47) приобретает вид

$$\left(\frac{nh}{\pi} \right)^\alpha \geq \frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \cdot \frac{2}{h^2} \int_0^h (h-t) (1 - \cos nt)_* dt.$$

Вычислив интеграл в правой части полученного неравенства, получаем

$$\left(\frac{nh}{\pi} \right)^\alpha \geq \frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \begin{cases} 1 - \left(\frac{2}{nh} \sin \frac{nh}{2} \right)^2, & \text{если } 0 < nh \leq \pi, \\ 2 \left(1 - \frac{\pi}{nh} \right) + \frac{\pi^2 - 4}{(nh)^2}, & \text{если } nh \geq \pi, \end{cases} \quad (53)$$

которое предстоит нам доказать. Полагая в (53) $nh = v\pi$, $0 < v < \infty$, приводим (53) к следующему виду

$$v^\alpha \geq \frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \begin{cases} 1 - \left(\frac{2}{\pi v} \sin \frac{\pi v}{2} \right)^2, & \text{если } 0 < v \leq 1, \\ 2 \left(1 - \frac{1}{v} \right) + \frac{\pi^2 - 4}{\pi^2 v^2}, & \text{если } v \geq 1 \end{cases}$$

или, что то же,

$$v^{\alpha+2} \geq \frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \begin{cases} v^2 - \left(\frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi v}{2} \right)^2, & \text{если } 0 < v \leq 1, \\ 2(v^2 - v) + \frac{\pi^2 - 4}{\pi^2}, & \text{если } v \geq 1. \end{cases} \quad (54)$$

Учитывая (54) на отрезке $[0, 1]$ вводим в рассмотрение вспомогательную функцию

$$\begin{aligned} \varphi_1(v) &:= v^{\alpha+2} - \frac{\pi^2}{\pi^2 - 4} \left(v^2 - \left(\frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi v}{2} \right)^2 \right) = \\ &= v^{\alpha+2} - \frac{1}{\pi^2 - 4} \left((\pi v)^2 - 2(1 - \cos \pi v) \right), \quad 0 < v \leq 1. \end{aligned}$$

Функция $\varphi_1(v)$ ранее тщательно была исследована в работе [7]. Там было доказано, что $\varphi_1(v) \geq 0$ при всех $v \in (0, 1]$ для значений $\alpha + 2 = 2\pi^2 / (\pi^2 - 4)$. Отсюда сразу следует, что первое неравенство в (53) выполняется для значений $\alpha = 2\pi^2 / (\pi^2 - 4) - 1 = 8 / (\pi^2 - 4)$. Таким образом первое ограничение в (53) доказано. Исходя из второго неравенства в (53), рассмотрим на множестве $1 \leq v < \infty$ вспомогательную функцию

$$\varphi_2(v) := v^{\alpha+2} - 1 - 2(v^2 - v)\pi^2 / (\pi^2 - 4) = v^{\alpha+2} - 1 - (\alpha + 2)(v^2 - v).$$

Дифференцируя последнее равенство и имея ввиду, что $1 < \alpha < 2$, имеем

$$\varphi_2'(v) = (\alpha + 2)(v^{\alpha+1} - 2v + 1) \geq 0, \quad 1 \leq \alpha < \infty$$

и, так как $\varphi_2(1) = 0$, то на множестве $1 \leq \alpha < \infty$ функция $\varphi_2(v) \geq 0$, а значит второе неравенство в (53) имеет место. Теорема 7 полностью доказана.

В заключение отметим, что теорему 7 в определенном смысле можно рассматривать как распространение и обобщение соответствующего результата М.Ш.Шабозова и С.Б.Вакарчука [7] на случай аппроксимации непериодических функций в пространстве $L_{2,\mu}[-1, 1]$.

В качестве приложения теорем 5-7 рассмотрим вопрос о точной верхней грани модулей коэффициентов Фурье-Чебышева

$$c_n(f) = \int_{-1}^1 \frac{f(x)}{\sqrt{1-x^2}} T_n(x) dx,$$

на изученных нами выше классах функций.

Теорема 8. Для произвольного $n \in \mathbb{N}$ имеют место равенства

$$\sup \left\{ |c_n(f)| : f \in W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right\} = \left(\frac{\pi}{2} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right), \quad (55)$$

$$\sup \left\{ |c_n(f)| : f \in W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right\} = \left(\frac{\pi}{\pi-2} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{2n} \right), \quad (56)$$

$$\sup \left\{ |c_n(f)| : f \in W_{m,h}^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right\} = \left(\frac{\pi^2}{\pi^2-4} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right). \quad (57)$$

Доказательство. Равенства (55)-(57) доказываются по одной и той же схеме, а потому, не умаляя общности, приводим доказательство равенства (55). Учитывая тот факт, что частная сумма $S_{n-1}(f; x)$ ряда (3) из [1] ортогональна полиному $T_n(x)$, запишем

$$c_n(f) = \int_{-1}^1 \frac{T_n(x)}{\sqrt{1-x^2}} [f(x) - S_{n-1}(f, x)] dx. \quad (58)$$

Применив к правой части (58) неравенство Коши-Буняковского, с учетом соотношения (27) из [1], получаем

$$\begin{aligned} & \sup \left\{ |c_n(f)| : f \in W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right\} \leq \\ & \leq \sup \left\{ \|f - S_{n-1}(f)\| : f \in W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right\} \leq \left(\frac{\pi}{2} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right). \end{aligned} \quad (59)$$

Простыми вычислениями легко убедиться, что функция

$$f_0(x) = \left(\frac{\pi}{2} \right)^m \cdot \frac{1}{n^{2r}} \cdot \Phi^{2m} \left(\frac{\pi}{n} \right) \cdot T_n(x)$$

принадлежит классу $W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi)$ и для этой функции имеем

$$\sup \left\{ |c_n(f)| : f \in W_m^{(r)}(\mathcal{D}, \Phi) \right\} \geq |c_n(f_0)| =$$

$$= \left| \int_{-1}^1 \frac{f_0(x)}{\sqrt{1-x^2}} T_n(x) dx \right| = \left(\frac{\pi}{2} \right)^m \frac{1}{n^{2r}} \Phi^m \left(\frac{\pi}{n} \right). \quad (60)$$

Сопоставляя оценки сверху (59) и оценки снизу (60), получаем равенство (55), чем и завершаем доказательство теоремы 8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тухлиев К. Точные верхние грани отклонения некоторых классов функций от их частных сумм ряда Фурье-Чебышева в пространстве L_2 . I. – Изв.АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. н., 2013, №4, с.33-46.
2. Тихомиров В.М. Некоторые вопросы теории приближений. – М.: МГУ. 1976, 325 с.
3. Pinkus A. n -Widths in Approximation Theory. – Berlin: Springer-Verlag. 1985, 192 p.
4. Айнуллоев Н. Значение поперечников некоторых классов дифференцируемых функций в L_2 . – ДАН ТаджССР, 1984, т.29, №6, с.415-418.
5. Шалаев В.В. О поперечниках в L_2 классов дифференцируемых функций, определяемых модулями непрерывности высших порядков. – УМЖ, 1991, т.43, №1, с.125-129.
6. Тайков Л.В. Неравенства, содержащие наилучшие приближения и модуль непрерывности функций из L_2 . – Матем. заметки, 1976, т.20, №3, с.433-438.
7. Шабозов М.Ш., Вакарчук С.Б. О наилучшем приближении периодических функций тригонометрическими полиномами и точных значениях поперечников функциональных классов в L_2 . – Analysis Mathematica, 2012, t.38, №2, pp.154-165.

К.ТУХЛИЕВ

САРҲАДИ АНИҚИ БОЛОИИ ТАМОИЛИ БАЪЗЕ СИНФИ ФУНКСИЯҶО АЗ СУММАИ ХУСУСИИ ҚАТОРИ ФУРЙЕ-ЧЕБЫШЁВ ДАР ФАЗОИ L_2 .

II

Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи Б.Ғафуров

Дар фазои $L_2 := L_2((\sqrt{1-x^2})^{-1}; [-1; 1])$ баҳои аниқи суръати наздикшавии қатори Фурье-Чебышёв барои баъзе синфи функсияҳо, ки ба воситаи оператори дифференсиалии тартиби дуюм дода шуда характеризиронида мешаванд, дода шудааст. Сарҳади аниқи болоии тамоили синфи функсияҳои додашуда аз суммаи хусусии қатори Фурье-Чебышёв дар фазои L_2 ёфта шудааст. Қимати аниқи n -кутрҳои синфи функсияҳо, ки ба воситаи модули бифосилагии миёнакардашудаи тартиби m -ум дода шудаанд, ҳисоб карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: оператори умумикардашудаи ғеҷиш – модули бифосилагии тартиби m -ум – сарҳадҳои болоӣ – қатори Фурье-Чебышёв – оператори дифференсиалӣ.

K.TUKHLIEV

**UPPER BOUNDS OF THE DEVIATIONS OF CERTAIN CLASSES
OF FUNCTIONS FROM THEIR PARTIAL SUMS OF FOURIER-CHEBYSHEV
IN L_2 SPACE. II**

B.G.Gafurov Khugand State University

The exact estimates of the rate of convergence of the Fourier-Chebyshev on some classes of functions defined by a differential operator of the second order and characterized by generalized modulus of continuity of the m th order in the space $L_2 := L_2((\sqrt{1-x^2})^{-1}; [-1; 1])$ are given. The upper bounds of deviations given classes of functions from their partial sums of Fourier-Chebyshev in L_2 space are calculated. The exact values of the n -widths of classes of functions defined by the averaged modulus of continuity m th order are found.

Key words: generalized shift operator – modulus of continuity of m -order – upper bounds – Fourier-Chebyshev series – differentiation operator.

УДК 517.5

Н.М.МАМАДАЁЗОВ

НЕРАВЕНСТВА ТИПА ДЖЕКСОНА-СТЕЧКИНА И ЗНАЧЕНИЯ ПОПЕРЕЧНИКОВ НЕКОТОРЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КЛАССОВ В L_2

Хорогский государственный университет им. М.Назаршоева

Поступила в редакцию 02.11.2012 г.

Получены точные неравенства типа Джексона-Стечкина для осредненных модулей непрерывности $t(t \in \mathbb{N})$ -го порядка. Для рассматриваемых классов функций вычислены точные значения различных n -поперечников.

Ключевые слова: неравенство Джексона-Стечкина – наилучшие приближения – модуль непрерывности – n -поперечники.

1. Введение. Пусть \mathbb{N} – множество натуральных чисел; $\mathbb{Z}_+ = \mathbb{N} \cup \{0\}$; \mathbb{R}_+ – множество положительных чисел вещественной оси; $L_2 := L_2[0, 2\pi]$ – пространство интегрируемых с квадратом по Лебегу 2π -периодических вещественных функций f с конечной нормой

$$\|f\| := \|f\|_{L_2} = \left(\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} |f(x)|^2 dx \right)^{1/2}.$$

Совокупность всевозможных тригонометрических полиномов вида

$$T_{n-1}(x) = \frac{\alpha_0}{2} + \sum_{k=1}^{n-1} (\alpha_k \cos kx + \beta_k \sin kx)$$

обозначим через T_{2n-1} . Хорошо известно, что для произвольной функции $f \in L_2$, имеющей формальное разложение в ряд Фурье

Адрес для корреспонденции: Мамадаёзов Назаралибек Мирзомамадович. 734000, Республика Таджикистан, г.Хорог, ул.Ленина, 26, Хорогский государственный университет.
E-mail: nazar79@mail.ru

$$f(x) \sim \frac{a_0(f)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k(f) \cos kx + b_k(f) \sin kx),$$

величина её наилучшего приближения элементами $T_{n-1} \in \mathcal{T}_{2n-1}$ равна

$$\begin{aligned} E_{n-1}(f) &= \inf \{ \|f - T_{n-1}\| : T_{n-1} \in \mathcal{T}_{2n-1} \} = \\ &= \|f - S_{n-1}(f)\| = \left\{ \sum_{k=n}^{\infty} \rho_k^2 \right\}^{1/2}, \quad \rho_k^2 = a_k^2 + b_k^2, \quad k \geq n, \end{aligned}$$

где

$$S_{n-1}(f, x) = \frac{a_0(f)}{2} + \sum_{k=1}^{n-1} (a_k(f) \cos kx + b_k(f) \sin kx)$$

– частная сумма порядка $n-1$ ряда Фурье функции f , $a_k(f)$ и $b_k(f)$ соответственно косинус- и синус-коэффициенты f .

Равенством

$$\omega_m(f, t) = \sup \{ \|\Delta_h^m f(\cdot)\| : |h| \leq t \}$$

определим модуль непрерывности m -го порядка функции $f \in L_2$, где

$$\Delta_h^m f(x) = \sum_{k=0}^m (-1)^k \binom{m}{k} f(x + (m-k)h)$$

– разность m -го порядка функции f с шагом h .

Через $L_2^{(r)}$ ($r \in \mathbb{Z}_+$, $L_2^{(0)} = L_2$) понимаем множество функций $f \in L_2$, у которых производные $(r-1)$ -го порядка $f^{(r-1)}$ абсолютно непрерывны, а производные r -го порядка $f^{(r)}$ принадлежат L_2 .

Неравенствами типа Джексона-Стечкина в широком смысле называют соотношения, в которых погрешность приближения индивидуальной функции в рассматриваемом банаховом пространстве оценивается через модуль непрерывности заданного порядка самой приближаемой функции или некоторой её производной. При этом естественным образом возникает экстремальная задача получения точных неравенств, неулучшаемых на рассматриваемых классах функций. При решении экстремальных задач теории аппроксимации в пространстве L_2 , связанных с нахождением точных констант в неравенствах типа Джексона-Стечкина

$$E_{n-1}(f) \leq \chi n^{-r} \omega_m \left(f^{(r)}, \frac{t}{n} \right),$$

где

$$t > 0, f \in L_2^{(r)}, m \in \mathbb{N}, r \in \mathbb{Z}_+, f^{(0)} \equiv f,$$

многими математиками в разное время рассматривались различные экстремальные характеристики, способствующие уточнению оценок сверху констант χ (см., например, [1-6], [8-17] и приведенную там литературу).

В работе [2] Л.В.Тайков, в частности, доказал, что для любого $h \in [0, \pi/n]$ справедливо соотношение

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f^{(r)} \neq \text{const}}} n^r E_{n-1}(f) \left\{ \int_0^h \omega^2(f^{(r)}; t) dt \right\}^{-1/2} = \left\{ \frac{n}{2(nh - \sin nh)} \right\}^{1/2}.$$

Обобщая этот результат для модулей непрерывности m -го порядка, С.Б.Вакарчук [11] показал, что

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f^{(r)} \neq \text{const}}} n^r E_{n-1}(f) \left\{ \int_0^h \omega_m^{2/m}(f^{(r)}; t) dt \right\}^{-m/2} = \left\{ \frac{n}{2(nh - \sin nh)} \right\}^{m/2}.$$

Более общий результат получен в работе [13], в которой доказано, что для произвольных $m, n, r \in \mathbb{N}$, $1/r < p \leq 2$, $0 < h \leq \pi/2$ справедливо равенство

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f^{(r)} \neq \text{const}}} n^r E_{n-1}(f) \left\{ \int_0^h \omega_m^p(f^{(r)}; t) dt \right\}^{-1/p} = \left\{ \int_0^h \left(2 \sin \frac{nt}{2} \right)^{mp} dt \right\}^{-1/p}.$$

Из последнего равенства, в частности, при $p = 2/m$, $m \in \mathbb{N}$ следует вышеуказанный результат С.Б.Вакарчука.

В этой статье мы продолжим исследование в указанном направлении и докажем аналог результата С.Б.Вакарчука [11] для усредненных модулей непрерывности m -го порядка, а также вычислим значения различных n -поперечников для классов дифференцируемых функций из L_2 .

2. Основные результаты. Имеет место следующая основная

Теорема 2.1. Для любых $m, n \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$ и любого $h \in \mathbb{R}_+$, удовлетворяющего неравенства $0 < nh \leq \pi$, справедливы равенства

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f^{(r)} \neq \text{const}}} \frac{n^r E_{n-1}(f)}{\left(\int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u) du \right) dt \right)^{m/2}} = \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2}, \quad (1)$$

где $Si(h) = \int_0^h t^{-1} \sin t dt$ – интегральный синус.

Доказательство. В работе [17] доказано, что для любого $f \in L_2^{(r)}$ и любого $u > 0$ имеет место неравенство

$$E_{n-1}^2(f) \leq \sum_{k=n}^{\infty} \rho_k^2(f) \cos ku + E_{n-1}^{2-2/m}(f) \frac{\omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u)}{2n^{2r/m}}.$$

Проинтегрировав полученный результат по переменной u в пределах от 0 до t и поделив обе части неравенства на t , запишем

$$E_{n-1}^2(f) \leq \sum_{k=n}^{\infty} \rho_k^2(f) \frac{\sin kt}{kt} + E_{n-1}^{2-2/m}(f) \frac{1}{2n^{2r/m}} \cdot \frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u) du. \quad (2)$$

Снова, интегрируя неравенство (2) по t в пределах от 0 до h ($0 < h \leq \pi/n$) и учитывая определение интегрального синуса, получаем

$$hE_{n-1}^2(f) \leq \sum_{k=n}^{\infty} \rho_k^2(f) \frac{Si(kh)}{k} + E_{n-1}^{2-2/m}(f) \frac{1}{2n^{2r/m}} \int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u) du \right) dt.$$

Из последнего неравенства выводим

$$\begin{aligned} E_{n-1}^2(f) &\leq \\ &\leq \sum_{k=n}^{\infty} \rho_k^2(f) \frac{Si(kh)}{kh} + E_{n-1}^{2-2/m}(f) \frac{1}{2hn^{2r/m}} \int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u) du \right) dt. \end{aligned} \quad (3)$$

Поскольку при $0 < nh \leq \pi$ справедливо равенство (см., например [7])

$$\sup \left\{ \frac{Si(kh)}{kh} : k \geq n \right\} = \frac{Si(nh)}{nh}, \quad (4)$$

то из неравенства (3) и равенства (4) имеем

$$E_{n-1}^2(f) \left(1 - \frac{Si(nh)}{nh} \right) \leq E_{n-1}^{2-2/m}(f) \frac{1}{2hn^{2r/m}} \int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f, u) du \right) dt. \quad (5)$$

Из неравенства (5) находим

$$E_{n-1}(f) \leq \left(1 - \frac{Si(nh)}{nh}\right)^{-m/2} \frac{1}{(2h)^{m/2} n^r} \left(\int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f, u) du \right) dt \right)^{m/2}. \quad (6)$$

Так как неравенство (6) справедливо для любого $f \in L_2^{(r)}$, то мы сразу получаем оценку сверху для величины, стоящей в левой части равенства (1):

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f^{(r)} \neq \text{const}}} \frac{n^r E_{n-1}(f)}{\left(\int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u) du \right) dt \right)^{m/2}} \leq \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2}. \quad (7)$$

Для получения оценки снизу указанной величины рассмотрим функцию $f_0(x) := \cos nx \in L_2^{(r)}$. Поскольку

$$E_{n-1}(f_0) = 1, \quad (8)$$

$$\omega_m(f_0^{(r)}, u) = 2^{m/2} n^r (1 - \cos nu)^{m/2}, \quad 0 < nu \leq \pi,$$

$$\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f_0^{(r)}, u) du = 2n^{2r/m} \left(1 - \frac{\sin nt}{nt}\right),$$

$$\begin{aligned} & \left(\int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f_0^{(r)}, u) du \right) dt \right)^{m/2} = \\ & = n^r (2h)^{m/2} \left(1 - \frac{Si(nh)}{nh}\right)^{m/2} = n^r \left\{ \frac{2(nh - Si(nh))}{n} \right\}^{m/2}, \end{aligned} \quad (9)$$

то, учитывая равенства (8) и (9), имеем оценку снизу

$$\begin{aligned} & \sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f^{(r)} \neq \text{const}}} \frac{n^r E_{n-1}(f)}{\left(\int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u) du \right) dt \right)^{m/2}} \geq \\ & \geq \frac{n^r E_{n-1}(f_0)}{\left(\int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f_0^{(r)}, u) du \right) dt \right)^{m/2}} = \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Сопоставив оценки сверху (7) и снизу (10), получим требуемое равенство (1).

3. Значение поперечников. Для формулировки последующих результатов нам понадобятся необходимые определения и понятия. Пусть $S = \{g : \|g\| \leq 1\}$ – единичный

шар в пространстве L_2 ; \mathfrak{M} – выпуклое центрально-симметричное подмножество из L_2 ; $\Lambda_n \subset L_2$ – n -мерное подпространство; $\Lambda^n \subset L_2$ – подпространство коразмерности n ; $\mathcal{L} : L_2 \rightarrow \Lambda_n$ – непрерывный линейный оператор, переводящий элементы пространства L_2 в Λ_n ; $\mathcal{L}^\perp : L_2 \rightarrow \Lambda_n$ – непрерывный оператор линейного проектирования L_2 на подпространство Λ_n . Величины

$$b_n(\mathfrak{M}, L_2) = \sup \left\{ \sup \{ \varepsilon > 0; \varepsilon S \cap \Lambda_{n+1} \subset \mathfrak{M} \} : \Lambda_{n+1} \subset L_2 \right\},$$

$$d^n(\mathfrak{M}, L_2) = \inf \left\{ \sup \{ \|f\| : f \in \mathfrak{M} \cap \Lambda^n \} : \Lambda^n \subset L_2 \right\},$$

$$d_n(\mathfrak{M}, L_2) = \inf \left\{ \sup \left\{ \inf \{ \|f - \varphi\| : \varphi \in \Lambda_n \} : f \in \mathfrak{M} \right\} : \Lambda_n \subset L_2 \right\},$$

$$\lambda_n(\mathfrak{M}, L_2) = \inf \left\{ \inf \left\{ \sup \{ \|f - \mathcal{L}f\| : f \in \mathfrak{M} \} : \mathcal{L}L_2 \subset \Lambda_n \right\} : \Lambda_n \subset L_2 \right\},$$

$$\Pi_n(\mathfrak{M}, L_2) = \inf \left\{ \inf \left\{ \sup \{ \|f - \mathcal{L}^\perp f\| : f \in \mathfrak{M} \} : \mathcal{L}^\perp L_2 \subset \Lambda_n \right\} : \Lambda_n \subset L_2 \right\}$$

называют соответственно бернштейновским, гельфандовским, колмогоровским, линейным, проекционным n -поперечниками.

Весьма важным является нахождение соответствующих подпространств, реализующих внешнюю верхнюю грань в поперечнике Бернштейна $b_n(\cdot)$ и внешние нижние грани во всех остальных n -поперечниках. Такие подпространства называются оптимальными.

Известно, что в гильбертовом пространстве L_2 между перечисленными n -поперечниками выполняются следующие соотношения:

$$b_n(\mathfrak{M}, L_2) \leq d^n(\mathfrak{M}, L_2) \leq d_n(\mathfrak{M}, L_2) = \lambda_n(\mathfrak{M}, L_2) = \Pi_n(\mathfrak{M}, L_2). \quad (11)$$

Для $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$ и $0 < h \leq 2\pi$ введём в рассмотрение класс функций:

$$\mathcal{F}_m^{(r)}(h) := \left\{ f \in L_2^{(r)} : \int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(f^{(r)}, u) du \right) dt \leq 1 \right\}.$$

Имеет место следующее утверждение.

Теорема 3.1. Пусть $m, n \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$ и выполнено условие $0 < nh \leq \pi$. Тогда справедливы равенства

$$\delta_{2n-1}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h), L_2) = \delta_{2n}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h), L_2) =$$

$$= E_{n-1}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h))_{L_2} = \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2} \frac{1}{n^r}, \quad (12)$$

где $\delta_k(\cdot)$ – любой из вышеперечисленных k -поперечников $b_k(\cdot), d^k(\cdot), d_k(\cdot), \lambda_k(\cdot), \Pi_k(\cdot)$, а $E_{n-1}(\mathfrak{N})_{L_2} := E(\mathfrak{N}, \mathcal{T}_{2n-1})_{L_2}$ – наилучшее полиномиальное приближение класса функций \mathfrak{N} в пространстве L_2 . Все поперечники реализуются частными суммами $S_{n-1}(f; x)$ ряда Фурье.

Доказательство. Используя определение класса $\mathcal{F}_m^{(r)}(h)$, а также соотношения (11) и (6), будем иметь

$$\begin{aligned} \delta_{2n}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h), L_2) &\leq \delta_{2n-1}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h), L_2) \leq d_{2n-1}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h), L_2) \leq \\ &\leq E_{n-1}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h))_{L_2} \leq n^{-r} \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2}. \end{aligned} \quad (13)$$

Для получения оценки снизу вышеперечисленных n -поперечников класса $\mathcal{F}_m^{(r)}(h)$ рассмотрим в множестве $\mathcal{T}_{2n-1} \cap L_2$ шар

$$S_{2n+1} := \left\{ T_n(x) \in \mathcal{T}_{2n+1} : \|T_n\| \leq n^{-r} \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2} \right\}$$

и докажем, что $S_{2n+1} \subset \mathcal{F}_m^{(r)}(h)$. Воспользуемся неравенством [3]

$$\omega_m^2(T_n^{(r)}, x) \leq 2^m (1 - \cos nx)_*^m n^{2r} \|T_n\|^2, \quad (14)$$

где $T_n(x)$ – произвольный тригонометрический полином из \mathcal{T}_{2n+1} , а

$$(1 - \cos nx)_*^m := \begin{cases} (1 - \cos nx)^m, & \text{если } 0 \leq nx \leq \pi; \\ 2^m, & \text{если } nx \geq \pi. \end{cases} \quad (15)$$

Следовательно, для любого $T_n(x) \in S_{2n+1}$, при $0 < nh \leq \pi$ имеем

$$\begin{aligned} \int_0^h \left(\frac{1}{t} \int_0^t \omega_m^{2/m}(T_n^{(r)}, u) du \right) dt &\leq 2n^{2r/m} \|T_n\|^{2/m} \left(h - \frac{Si(nh)}{n} \right) = \\ &= n^{2r/m} \frac{2(nh - Si(nh))}{n} \cdot \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \cdot \frac{1}{n^{2r/m}} = 1. \end{aligned}$$

Этим включение $S_{2n+1} \subset \mathcal{F}_m^{(r)}(h)$ доказано и, согласно определению бернштейновского n -поперечника, будем иметь

$$\begin{aligned}
\delta_{2n}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h), L_2) &\geq b_{2n}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h), L_2) \geq \\
&\geq b_{2n}(S_{2n+1}, L_2) \geq n^{-r} \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2}.
\end{aligned} \tag{16}$$

Требуемые равенства (12) следуют из сопоставления между собой неравенств (13) и (16), чем и завершаем доказательство теоремы 3.1.

Следствие 1. В условиях теоремы 3.1 при $r \geq m/2$ ($r, m \in \mathbb{N}$) справедливо равенство

$$\begin{aligned}
\delta_{2n-1}\left(\mathcal{F}_m^{(r)}\left(\frac{\pi}{n}\right), L_2\right) &= \delta_{2n}\left(\mathcal{F}_m^{(r)}\left(\frac{\pi}{n}\right), L_2\right) = \\
&= E_{n-1}\left(\mathcal{F}_m^{(r)}\left(\frac{\pi}{n}\right)\right)_{L_2} = n^{-r+m/2} \{2(\pi - Si(\pi))\}^{-m/2}.
\end{aligned}$$

Следствие 2. Пусть выполнены условия теоремы 3.1. Тогда имеют место следующие равенства

$$\begin{aligned}
\sup\{|a_n(f)| : f(x) \in \mathcal{F}_m^{(r)}(h)\} &= \\
&= \sup\{|b_n(f)| : f(x) \in \mathcal{F}_m^{(r)}(h)\} = n^{-r} \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2}.
\end{aligned} \tag{17}$$

Доказательство. Схема доказательств равенств (17) для косинус-коэффициентов Фурье $a_n(f)$ и синус-коэффициентов Фурье $b_n(f)$ одна и та же, поэтому, не умаляя общности, докажем для коэффициентов $a_n(f)$. В силу ортогональности функции $\cos nx$ и частичной суммы $S_{n-1}(f; x)$ запишем

$$a_n(f) = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nxdx = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} [f(x) - S_{n-1}(f, x)] \cos nxdx$$

и, используя неравенство Коши-Буняковского, а также последнюю цепочку неравенства (12), получим оценку сверху

$$\sup\{|a_n(f)| : f(x) \in \mathcal{F}_m^{(r)}(h)\} \leq E_{n-1}(\mathcal{F}_m^{(r)}(h)) \leq n^{-r} \left(\frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right)^{m/2}.$$

Для нахождения оценки снизу рассмотрим функцию

$$g_0(x) := n^{-r} \left(\frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right)^{m/2} \cos nx,$$

которая, как легко проверить, принадлежит классу $\mathcal{F}_m^{(r)}(h)$. Поэтому

$$\sup\{|a_n(f)| : f(x) \in \mathcal{F}_m^{(r)}(h)\} \geq |a_n(g_0)| = n^{-r} \left(\frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right)^{m/2}.$$

Сравнив оценки сверху и снизу, получаем

$$\sup\{|a_n(f)| : f(x) \in \mathcal{F}_m^{(r)}(h)\} = n^{-r} \left\{ \frac{n}{2(nh - Si(nh))} \right\}^{m/2}.$$

Следствие 2 доказано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черных Н.И. – Матем. заметки, 1967, т.2, №5, с.513-522.
2. Тайков Л.В. – Матем. заметки, 1976, т.20, №3, с.433-438.
3. Тайков Л.В. – Матем. заметки, 1979, т.25, №2, с.217-223.
4. Лигун А.А. – Матем. заметки, 1988, т.43, №6, с.757-769.
5. Focart S., Kryakin Yu and Shardin A. – Constr. Approx, 1999, vol. 65, №6, pp.157-179.
6. Лигун А.А. – Матем. заметки, 1988, т.43, №6, с.757-769.
7. Рыбасенко В.Д., Рыбасенко И.Д. Элементарные функции. – М.: Наука. 1987.
8. Лигун А.А. – Матем. заметки, 1978, т.24, №6, с.785-792.
9. Шалаев В.В. – Укр. матем. журнал, 1991, т.43, №1, с.125-129.
10. Иванов В.И., Смирнов О.И. Константы Джексона и константы Юнга в пространствах L_p . Тула: ТулГУ, 1995, 192 с.
11. Вакарчук С.Б. – Матем. заметки. 2005, т.78, №5, с.792-796.
12. Вакарчук С.Б. – Матем. заметки, 2006, т.80, №1, с.11-18.
13. Вакарчук С.Б., Забутная В.И. – Матем. заметки. 2009, т.86, №3, с.328-336.
14. Шабозов М.Ш. – Матем. заметки. 2010, т.87, 4, №с.616-623.
15. Shabozov M.Sh., Yusupov G.A. – Journal of Approximation Theory, 2012, vol. 164, issue 1, pp.869-878.
16. Шабозов М.Ш., Юсупов Г.А. – ДАН России, 2010, т.435, №2, с.178-181.
17. Шабозов М.Ш., Юсупов Г.А. – Матем. заметки, 2011, т.90, №5, с.764-775.

Н.М.МАМАДАЁЗОВ

НОБАРОБАРИҶОИ НАМУДИ ЧЕКСОН-СТЕЧКИН ВА ҚИМАТИ АНИҚИ ҚУТРҶОИ БАЪЗЕ СИНФИ ФУНКЦИОНАЛҶО ДАР L_2

Донишгоҳи давлатии Хоруг ба номи М.Назаршоев

Нобаробариҳои аниқи намуди Чексон-Стечкин барои модули суфтагии миёнакардашудаи тартиби $m(m \in \mathbb{N})$ -ум ёфта шудааст. Барои синфи функцияҳои дидабаромадасуда қимати аниқи n -кутрҳои гуногун ҳисоб карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: нобаробарии Чексон-Стечкин – наздиккунии бехтарин – модули бефосилагӣ – n -кутрҳо.

N.M.MAMADAYOZOV

**JACKSON-STECHKIN TYPE INEQUALITY AND THE VALUES OF SOME
WIDTHS OF FUNCTIONAL CLASSES IN L_2**

M.Nazarshoev Khorog State University

Exact inequalities of Jackson-Stechkin type have been obtained for the average moduli of continuity of m th order ($m \in \mathbb{N}$). The exact values of any n -widths were calculated for the function classes.

Kew words: Jackson-Stechkin's inequality – the best approximation – modulus of continuity – n -widths.

УДК 517:948.9:669.538.55

И.КУРБОНОВ, С.И.ИКБОЛОВ

**ВОПРОСЫ КАЧЕСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ
КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТОУПРУГОСТИ С ПАМЯТЬЮ**

Российско-Таджикский (Славянский) университет

Поступила в редакцию 14.02.2014 г.

В работе изучаются вопросы разрешимости и гладкости обобщённых решений краевых задач механики связанных полей для сред с памятью. Доказаны теоремы существования и единственности решения, а также исследован вопрос о гладкости обобщённых решений указанных задач. При доказательстве теоремы существенно используется свойство связанных полей и свойства операторов rot , div и Δ , метод Фаedo-Галеркина, метод монотонности и обобщённые неравенства Гронуолла-Беллмана. Установлены априорные оценки.

Ключевые слова: обобщённые решения – связанные поля – память – гладкость – оператор – априорные оценки.

I. Многие задачи теории упругости и электромагнитных полей, встречающиеся в природе, взаимосвязаны. Так, если поместить элементы конструкции (стержни, пластинки или оболочки) в электромагнитное поле, то, естественно, они сложатся и мы приходим к задачам механики связанных полей. Возникает сложная картина взаимодействия электромагнитных и механических полей.

Такие задачи приводят к следующей нелинейной системе уравнений:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} H &= \frac{\partial D(E)}{\partial t} + J(E) + J_{\text{ст}}, \\ \operatorname{rot} E &= -\frac{\partial B(H)}{\partial t}, \end{aligned} \tag{1.1}$$

Адрес для корреспонденции: Курбонов Икром. 734031, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. М.Турсунзода, 30, Российско-Таджикский (Славянский) университет. E-mail: hudson.net@mail.ru

$$\begin{aligned} \operatorname{div} D(E) &= \tilde{\rho}, \quad \operatorname{div} B(H) = 0, \\ \sigma_{ij,j} - \rho \frac{\partial^2 u_{ij}}{\partial t^2} &= f_i. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Системы уравнений (1.1) и (1.2) верны для любых сред независимо от их физических свойств в непосредственной окрестности рассматриваемой точки. Однако такая общность системы уравнений (1.1) и (1.2) ничего не даёт, так как они представляют собой неопределённую систему уравнений. При изучении электромагнитоупругих процессов в конкретных средах приходится пользоваться определяющими уравнениями, отражающими электромагнитоупругие свойства среды, позволяющие сделать определенной систему уравнений (1.1) – (1.2):

$$\begin{aligned} D(t) &= D(E(\tau), H(\tau), E_{ij}(\tau), \tau \leq t), \\ B(t) &= B(H(\tau), E(\tau), E_{ij}(\tau), \tau \leq t), \\ J(t) &= J(E(\tau), H(\tau), E_{ij}(\tau), \tau \leq t), \\ \sigma_{ij}(t) &= \sigma(\varepsilon_{ij}(\tau), E(\tau), H(\tau), \tau \leq t). \end{aligned} \quad (1.3)$$

Здесь $E(x, t)$, $H(x, t)$ – векторы электрических и магнитных полей в точке $x = (x_1, x_2, x_3)$, D , B – векторы электрической и магнитной индукций, J – вектор проводимости, σ_{ij} – тензор напряжения, ε_{ij} – тензор деформации, $u_i(x, t)$ – перемещение, $f_i(x, t)$ – внешние нагрузки, $J_{\text{ст.}}(x, t)$ – заданные токи, $\tilde{\rho}$ – заданные распределения зарядов.

В дальнейшем для каждого конкретного случая функциональные уравнения (1.3) уточняются.

Обзор по подобным задачам содержится в работах [1-3].

II. Рассмотрим одномерное уравнение электромагнитоупругости для сред с памятью в области $Q = \{(x, t) | x \in \Omega, \Omega = (0, l), t \in]0, T[\}$

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} - \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = f(x, t), \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} -\frac{\partial H}{\partial x} &= \frac{\partial D(E)}{\partial t} + J(E) + J_{\text{ст.}}(x, t), \\ \frac{\partial E}{\partial x} &= -\frac{\partial B(H)}{\partial t} \end{aligned} \quad (2.2)$$

при граничных и начальных условиях

$$\begin{aligned}
u|_{\partial\Omega} &= 0, \quad H|_{\partial\Omega} = 0, \\
u(x, 0) &= u_0(x), \quad u'(x, 0) = u_1(x), \quad x \in \Omega \\
H(x, 0) &= H_0(x), \quad E(x, 0) = E_0(x),
\end{aligned} \tag{2.3}$$

где $\partial\Omega$ – граница области Ω , с определяющими уравнениями вида:

$$\begin{aligned}
\sigma_x(t) &= \sigma(\varepsilon_x(\tau), E(\tau), \tau \leq t), \\
D(t) &= D(E(\tau), \varepsilon_x(\tau), \tau \leq t), \\
B(t) &= B(H(\tau), \tau \leq t), \\
J(t) &= J(E(\tau), \tau \leq t).
\end{aligned} \tag{2.4}$$

1. Предположим, что среда является изотропной пьезоэлектрической с памятью. Тогда определяющие уравнения (2.4) имеют вид [4]

$$\begin{aligned}
\sigma_x &= \bar{E}\varepsilon_x - \bar{\varepsilon}E - K * E, \quad \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \\
D(E) &= \varepsilon E + \varphi * E, \quad B(H) = \mu H + \varphi * H, \quad J(E) = \sigma E + \chi * E,
\end{aligned} \tag{2.5}$$

где $a * b$, $a ** b$, $a *** b$ – интегральные операторы.

$$\begin{aligned}
a * b &= \int_0^t a(t-\tau)b(\tau) d\tau, \\
a ** b &= \int_0^t \int_0^\tau a(t, \tau, s)b(s) ds d\tau, \\
a *** b &= \int_0^t \int_0^\tau \int_0^\eta a(t, \tau, s, \eta)b(\eta) d\eta ds d\tau,
\end{aligned}$$

ε , μ , $\bar{\varepsilon}$, \bar{E} – электромагнитоупругие постоянные.

Требуется найти колебания стержня $u(x, t)$ и электромагнитное поле $H(x, t)$, $E(x, t)$, если в начальный момент известны $u(x, 0)$, $u'(x, 0)$ и $H(x, 0)$, $E(x, 0)$. Задача (2.1) – (2.3), (2.5) сводится к нахождению $u(x, t)$, $E(x, t)$, $H(x, t)$ в области $Q = \Omega \cdot]0, T[$, $\Omega = (0, l)$.

В дальнейшем будем пользоваться следующими обозначениями: $\|\cdot\|$, (\cdot, \cdot) – соответственно норма и скалярное произведение,

$$\begin{aligned}
X &= \left\{ u \mid u \in W_2^1(\Omega), u|_{\partial\Omega} = 0 \right\}, \\
Y &= \left\{ v \mid v \in L^2_{(\Omega)}, v|_{\partial\Omega} = 0 \right\}, \\
(u, v)_{L^2_{(\Omega)}} &= \int_{\Omega} uv \, dx, \quad \|u\|_{L^2_{(\Omega)}} = \sqrt{(u, u)}, \\
(u, v)_{W_2^1(\Omega)} &= \int_{\Omega} (uv + u_x v_x) \, dx.
\end{aligned}$$

Из системы (2.1) – (2.2) с помощью определяющих уравнений (2.5), исключая E , приходим к системе уравнений

$$\begin{aligned}
\rho u_{tt} - \tilde{E}u_{xx} &= \tilde{\varepsilon}\mu H_t + \bar{\mu}H + N * H + G ** H + f_1(x, t), \\
\varepsilon \mu H_{tt} - H_{xx} &= -\alpha H_t - \beta H - N_1 * H - G_1 ** H - \frac{\partial J_{\text{ср.}}}{\partial t},
\end{aligned} \tag{2.6}$$

где $\bar{\mu}, \bar{\varepsilon}, \alpha, \beta = \text{const}$, $N(t, \tau)$, $G(t, \tau, s)$, $G_1(t, \tau, s)$, $H'(x, 0)$ – определяются данными задачи (2.1) – (2.5).

Теорема 1. *Предположим, что $\rho, \bar{E}, \mu, \varepsilon, \bar{\mu}, \bar{\varepsilon}, \alpha, \beta$ – положительные постоянные, $N(t, \tau), N_1(t, \tau), G(t, \tau, s), G_1(t, \tau, s), f(x, t)$ – непрерывные и положительные функции при $t \geq \tau \geq s \geq 0$, кроме того,*

$$u_0, H_0 \in \overset{0}{W}_2^1(\Omega), u_1, H_1, f, \frac{\partial J_{\text{ср.}}}{\partial t} \in L^2(\Omega). \tag{2.7}$$

При этих условиях существует единственное решение задачи (2.5) – (2.6) такое, что

$$\begin{aligned}
u, H &\in L^\infty\left(0, T; \overset{0}{W}_2^1(\Omega)\right), \\
u_t, H_t &\in L^\infty\left(0, T; L^2_{(\Omega)}\right).
\end{aligned} \tag{2.8}$$

2. Рассмотрим определяющие уравнения вида:

$$\begin{aligned}
\sigma_x &= \bar{E}\varepsilon_x - \bar{\varepsilon}E, \quad D(E) = \varepsilon E + \varphi * E + \bar{\varepsilon}\varepsilon_x, \\
B(H) &= \mu H + \psi * H, \quad J(E) = \sigma(|E|)E,
\end{aligned} \tag{2.9}$$

где $\bar{E}, \bar{\varepsilon}, \varepsilon, \mu$ – электромагнитоупругие постоянные.

Требуется найти решения краевой задачи (2.1) – (2.3) с учётом определяющих уравнений (2.9).

Предположим, что

$$C|E|^p \leq J(E)E \leq \bar{C}|E|^p, \quad p \geq 2, \quad C, \bar{C} = \text{const}, \quad (2.10)$$

$$(J(E_1) - J(E_2), E_1 - E_2) \geq 0, \quad \forall E_1, E_2 \in L^p_{(\Omega)}. \quad (2.11)$$

Определение. Обобщенным решением задачи (2.1) – (2.3), (2.9) – (2.11) назовем тройку функций (u, H, E)

$$\begin{aligned} u &\in L^\infty(0, T; X), \quad H \in L^\infty(0, T; Y), \\ E &\in L^\infty(0, T; L^2_{(\Omega)}) \cap L^p(0, T; L^p_{(\Omega)}), \end{aligned}$$

удовлетворяющих условиям (2.3) и интегральным тождествам

$$\begin{aligned} \int_0^T \int_\Omega [-\rho u_t v_t + \bar{E} u_x v_x - \bar{\varepsilon} E v_x + f v] dx dt &= \rho \int_\Omega u(x, 0) v(x, 0) dx, \\ \int_0^T \int_\Omega [-D(E) \eta_t + H \eta_x + J(E) \eta - \bar{\varepsilon} u_t \eta_x + J_{\text{ст.}} \eta] dx dt &= \varepsilon \int_\Omega E_0(x, 0) \eta(x, 0) dx, \\ \int_0^T \int_\Omega [B(H) \varpi_t + E \varpi_x] dx dt &= \mu \int_\Omega H_0(x, 0) \varpi(x, 0) dx, \end{aligned} \quad (2.12)$$

при любых $V \in X$, $\varpi \in Y$, $\eta \in L^p_{(\Omega)}$, $V(x, T) = 0$, $\eta(x, T) = 0$.

Легко проверить, что классическое решение задачи (2.1) – (2.3), (2.9) является обобщенным. Обратное, если относительно обобщенного решения известно, что оно гладкое, то с помощью интегрирования по частям система (2.12) очевидным образом сводится к системе (2.1) – (2.3), (2.9).

Лемма 1. Если $\rho, \mu, \bar{\varepsilon}, \varepsilon, \bar{E}, \varphi(0), \psi(0)$ – положительные постоянные $u_0 \in X$, $H_0, u_1 \in Y$, $E_0 \in L^2_{(\Omega)}$, $t \in L^2_{(\Omega)}$, $E_1 \in L^2_{(\Omega)}$, $\varphi(t - \tau), \psi(t - \tau)$ – непрерывные и положительные функции, имеющие непрерывные положительные производные первого порядка при $t \geq \tau \geq 0$ и выполняются условия (2.10) – (2.11), то для решения краевой задачи (2.1) – (2.3), (2.9) справедлива априорная оценка

$$\begin{aligned} u &\in L^\infty(0, T; Y), \quad H, u_t \in L^\infty(0, T; X), \\ E &\in L^\infty(0, T; L^2_{(\Omega)}) \cap L^p(0, T; L^p_{(\Omega)}). \end{aligned} \quad (2.13)$$

Теорема 2. Если выполнены условия леммы 1, тогда существует тройка функций (U, H, E) , являющаяся единственным решением задачи (2.1) – (2.3), (2.9), таких, что

$$u \in L^\infty \left(0, T; \overset{0}{W}_2^1(\Omega) \right), u' \in L^\infty \left(0, T; L^2_{(\Omega)} \right),$$

$$H \in L^\infty \left(0, T; Y \right), E \in L^\infty \left(0, T; L^2_{(\Omega)} \right) \cap L^p \left(0, T; L^p_{(\Omega)} \right).$$

Доказательство существования решения проводится с помощью метода Фаэдо-Галёркина по той схеме, которая изложена в работе [2], с использованием метода монотонности. Априорные оценки (2.13) гарантируют существование решения.

Покажем, что это решение единственно. Если $u = u_1 - u_2$, $H = H_1 - H_2$ и $E = E_1 - E_2$ удовлетворяют уравнениям:

$$\begin{aligned} \bar{E}u_{xx} - \rho u_{tt} - \bar{\varepsilon}E_x &= 0, \quad E_x = -\mu H_t - \frac{\partial}{\partial t}[\psi * H], \\ -H_x &= \varepsilon E_t + J(E_1) - J(E_2) + \frac{\partial}{\partial t}(\varphi * E) + \bar{\varepsilon}u_x, \\ u_t(x, 0) &= 0, \quad u(x, 0) = 0, \\ H(x, 0) &= 0, \quad E(x, 0) = 0. \end{aligned} \tag{2.14}$$

и граничным условиям $u|_{\partial\Omega} = 0$, $H|_{\partial\Omega} = 0$, то задача имеет единственное решение.

Взяв скалярные произведения обеих частей (2.14) на u_t , H и E соответственно и сложив результаты, получим

$$\begin{aligned} -(H, E_x) - (E, H_x) &= \varepsilon(E, E_t) + \mu(H, H_t) + \rho(u_{tt}, u_t) - \\ -\bar{E}(u_{xx}, u_t) + \bar{\varepsilon}(E_x, u_t) + \varepsilon(u_{tx}, E) &+ (J(E_1) - J(E_2), E_1 - E_2) + \\ + \left(\frac{\partial}{\partial t}[\psi + H], H \right) + \left(\frac{\partial}{\partial t}[\varphi + E], E \right). \end{aligned}$$

Учитывая, что

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} E u_{tx} dx + \int_{\Omega} E_x u_t dx &= 0, \\ \int_{\Omega} H E_x dx + \int_{\Omega} E H_x dx &= 0, \end{aligned}$$

и условие монотонности $J(E)$, после несложных преобразований находим

$$\chi(t) \leq N * \chi + G ** \chi, \tag{2.15}$$

где

$$\chi(t) = \rho \|u_t\|_Y^2 + \bar{E} \|u_t\|_X^2 + \mu \|H(t)\|_Y^2 + \varepsilon \|E(t)\|_{L^2_{(\Omega)}}^2.$$

Используя обобщённые неравенства Гронуолла-Беллмана [5], из (2.15) следует, что

$$\chi(t) \leq 0,$$

следовательно, $u = 0$, $H = 0$ и $E = 0$.

3. Рассмотрим краевую задачу (2.1) – (2.3) для сред, характеризующихся нелинейным законом Гука. Требуется найти решения краевой задачи (2.1) – (2.3) с определяющими уравнениями вида

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \bar{E} |\varepsilon_x|^{p-2} \varepsilon_x - \bar{\varepsilon} E, \quad \varepsilon_x = u_x, \quad p \geq 2, \quad B(H) = \mu H + \psi * H \\ D(E) &= \varepsilon E + \bar{\varepsilon} \varepsilon_x + \varphi * E, \quad J(E) = \sigma E + \chi * E. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Для краевой задачи (2.1) – (2.3), (2.16) установлена аналогичная лемме 1 лемма, которая приводит к априорным оценкам

$$\begin{aligned} u &\in L^\infty \left(0, T; \overset{0}{W}_2^1(\Omega) \right), \quad H \in L^\infty(0, T; Y), \\ E, u' &\in L^\infty \left(0, T; L_{(\Omega)}^2 \right) \end{aligned}$$

с предложением, что

$$\begin{aligned} u_0 &\in \overset{0}{W}_p^1(\Omega), \quad E_0, u_1 \in L_{(\Omega)}^2, \\ u_0 &\in Y, \quad f, J_{\text{ст.}} \in L_{(\Omega)}^2. \end{aligned}$$

Аналогичные теоремы существования и единственности справедливы для краевой задачи (2.1) – (2.3), (2.16).

4. Установлена также теорема существования и единственности решения краевой задачи (2.1) – (2.5), (2.16), если определяющие уравнения имеют вид

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \bar{E} |\varepsilon_x|^{p-2} \varepsilon_x - \bar{\varepsilon} E, \quad \varepsilon_x = u_x, \\ D(E) &= \varepsilon E + \varphi * E + \bar{\varepsilon} \varepsilon_x, \quad B(H) = \mu H + \varphi * H, \\ J(E) &= \sigma(|E|)E \sim \bar{\sigma} |E|^\alpha E, \quad \alpha \geq 2 \end{aligned}$$

и решение удовлетворяет условиям

$$\begin{aligned} u &\in L^\infty \left(0, T; \overset{0}{W}_2^1(\Omega) \right), \quad H \in L^\infty(0, T; Y), \quad u_t' \in L^\infty \left(0, T; L_{(\Omega)}^2 \right), \\ E &\in L^\infty \left(0, T; L_{(\Omega)}^2 \right) \cap L^\alpha \left(0, T; L_{(\Omega)}^\alpha \right). \end{aligned}$$

5. Теперь исследуем вопросы гладкости обобщённых решений краевой задачи (2.1) – (2.3), (2.17).

Лемма 2. Если $\rho, \mu, \bar{\varepsilon}, \varepsilon, \bar{E}, \varphi(0), \psi(0), \varphi'(0), \psi'(0)$ – положительные постоянные, $\varphi(t-\tau), \psi(t-\tau)$ – непрерывные положительные функции, имеющие непрерывные положительные производные первого и второго порядка при $t \geq \tau \geq 0$, то для решения краевой задачи (2.1) – (2.3), (2.17) справедлива априорная оценка

$$u \in L^\infty \left(0, T; \overset{0}{W}_2^1(\Omega) \right), H \in L^\infty(0, T; Y),$$

$$u_t', E, L^\infty \left(0, T; L_{(\Omega)}^2 \right),$$

с предположением, что

$$u \in \overset{0}{W}_2^1(\Omega), u_1 \in L_{(\Omega)}^2, H_0 \in Y$$

$$E_0 \in L_{(\Omega)}^2, f, J_{\text{ст.}} \in L_{(\Omega)}^2.$$

Теорема 3. Пусть в условиях теоремы 2 $\varphi'(0), \psi'(0)$ – положительно постоянные и $\varphi(t-\tau), \psi(t-\tau)$ имеют непрерывные положительные производные включительно до второго порядка при $t \geq \tau \geq 0$, кроме того,

$$u_0, H_0, E_0 \in W_2^1(\Omega), u_1 \in \overset{0}{W}_2^1(\Omega) \cap W_2^2(\Omega).$$

Тогда существует решение $\{u, E, H\}$, притом единственное, задачи (2.1) – (2.3), (2.17), удовлетворяющее условиям

$$H \in L^\infty \left(0, T; W_2^1(\Omega) \right), u_t \in L^\infty \left(0, T; \overset{0}{W}_2^1(\Omega) \right),$$

$$u \in L^\infty \left(0, T; \overset{0}{W}_2^1(\Omega) \cap W_2^2(\Omega) \right),$$

$$E \in L^\infty \left(0, T; W_2^1(\Omega) \right) \cup L^{p'} \left(0, T; L^{p'}(\Omega) \right),$$

$$H_t, E_t, u_{tt} \in L^\infty \left(0, T; L^2(\Omega) \right).$$

Доказательство теоремы 3 проводится аналогично теореме 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбанов И. Разрешимости нелинейных краевых задач электромагнитоупругости с общими определяющими уравнениями – Киев, АН УССР, Ин-т математики, 1991, 38 с.

2. Курбанов И. Аналитические и качественные исследования нелинейных краевых задач математической физики с памятью: Автореф. дисс. д.физ.-мат.н. – Киев, АН УССР, Ин-т математики, 1991, 38 с.
3. Митропольский Ю.А., Курбанов И. О разрешимости краевых задач электромагнитоупругости с памятью. – ДАН СССР, 1991, т. 317, №1, с. 35-39.
4. Березовский А.А., Курбанов И. Периодические во времени плоские электромагнитные поля в полупространстве с общими материальными уравнениями. – Краевые задачи электродинамики проводящих сред. – Киев: АН УССР, Ин-т математики, 1976, с. 35-57.
5. Мартынюк А.А., Лакшмикантам В., Лиля С. Устойчивость движения. Метод интегральных неравенств. – Киев: Наукова думка, 1989, 271 с.

И.ҚУРБОНОВ, С.И.ИГБОЛОВ

ТАДҚИҚИ СИФАТИИ ДОШТАНИ МАСЪАЛАҲОИ КАНОРИИ ҒАЙРИ ХАТТИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТИИ ЧАНДИРИИ ДОРОИ ХОТИРА

Донишгоҳи (Славянии) Россияю Тоҷикистон

Дар мақола ҳал ва ҳалли суфта доштани масъалаҳои ғайри хаттии механикаи муҳитҳои алоқаманд дошта, дорои хотира дида шудааст. Теоремаи мавҷудот ва ҳалли ягона доштани масъалаҳои номбурда исботи теоремаҳои ҳосияти операторҳои rot , div ва Δ , методи Фаедо-Галеркина, методи монотонӣ ва нобаробарии умумикардашудаи Гронвалл-Белман истифода бурда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: ҳали умумикардашуда – майдонҳои алоқаманд – хотира – суфта – оператор – баҳоҳои априорӣ.

I.KURBONOV, S.I.IKBOLOV

QUESTIONS OF QUALITY RESEARCH OF NONLINEAR REGIONAL PROBLEMS OF ELECTROMAGNETOELASTICITY WITH MEMORY

Russian-Tajik (Slavonic) University

The article deals with investigating questions of resolvability and smoothness of the generalized solutions of regional problems of mechanics, connected with medium of memory. Theorems of existence and uniqueness of the decision are proved and the question of smoothness of the generalized solutions of the specified tasks is investigated. At the proof of the theorem property of the connected fields and property of operators and, Fayedo-Galerkin's method, a method of monotony of Gronwall-Bellman's generalized inequalities are used. A priori estimates are established.

Key words: generalized decisions – connected fields – memory – smoothness – operator – a priori estimates.

УДК 523.532

П.Б.БАБАДЖАНОВ, Г.И.КОХИРОВА, Ю.В.ОБРУБОВ*

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАДИАНТЫ И СКОРОСТИ МЕТЕОРНЫХ ПОТОКОВ,
СВЯЗАННЫХ С АСТЕРОИДАМИ, СБЛИЖАЮЩИМИСЯ С ЗЕМЛЕЙ,
ОТКРЫТЫМИ В 2005-2008 ГГ.**

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан,

**Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,*

Калужский филиал

Поступила в редакцию 07.02.2014 г.

В базе данных орбит астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), "Near-Earth Objects Dynamic Site" по состоянию на 1 января 2009 г зарегистрированы орбиты 1456 АСЗ, открытых в наблюдениях за период 01.01.2005 – 01.01.2009 гг. Согласно постоянной Тиссерана, являющейся одним из динамических критериев разделения орбит объектов на кометные и астероидные, а также с учетом условия пересечения орбит АСЗ и Земли, выявлено, что 137 АСЗ движутся по кометным орбитам. Исследование эволюции орбит данных АСЗ под действием планетных возмущений показало, что за один цикл изменения аргумента перигелия орбит 115 астероидов являются четырехкратными, 14–восьмикратными и 8-двукратными пересекателями орбиты Земли. Следовательно, если эти АСЗ в действительности являются ядрами угасших комет, то, согласно теории образования и эволюции метеороидных роев, каждый из них может быть родительским телом метеороидного роя, порождающего два, четыре или восемь метеорных потоков. В статье представлены результаты вычисления теоретических геоцентрических радиантов, скоростей и дат максимальной активности 588 метеорных потоков возможно связанных со 137 АСЗ. Показано, что 110 астероидов из 137 имеют наблюдаемые метеорные потоки, а следовательно являются ядрами угасших комет.

Так как родительские тела являются членами своих метеороидных роев, то теоретические радианты метеорных потоков определяют направления, скорости и даты возможных столкновений этих тел с Землей.

Ключевые слова: астероид – метеороидный рой – метеорный поток – угасшая комета – радиант – орбита – эволюция.

Адрес для корреспонденции: Кохирова Гулчехра Исроиловна. 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бухоро, 22, Институт астрофизики АН РТ. E-mail: kokhirova2004@mail.ru

События последних десятилетий привели человечество к осознанию существования, по крайней мере, двух космических угроз глобального характера. Одна из них технологического происхождения и связана с засорением околоземного космического пространства в результате человеческой деятельности в космосе. Другая угроза – это столкновения Земли с малыми телами Солнечной системы. Падения космических тел на Землю представляют большой интерес, как в астрономии, так и с общей естественнонаучной точки зрения. Удары крупных тел влияли на образование и эволюцию планет, в том числе Земли, ее атмосферы и гидросферы. Астероиды, кометы и крупные метеороиды при вторжении в атмосферу Земли порождают суперболиды и могут нанести существенный урон биосфере или привести к глобальной катастрофе. Угрожающая человечеству астероидно-кометная опасность все больше осознается с углублением наших знаний. В Европе и США действуют программы астрономических наблюдений за потенциально опасными космическими объектами. Полученные данные каталогизируются для дальнейшего контроля над ситуацией.

Реальную опасность представляют объекты с диаметрами несколько десятков метров. Такой размер имело тело, вызвавшее Тунгусскую катастрофу в 1908 г. Метеороид массой порядка 10 килотонн и диаметром приблизительно 20 м [1-3], вторгнувшийся в земную атмосферу 15 февраля 2013 г., породил суперболид, завершившийся падением метеорита в районе Челябинска. Энергия, высвободившаяся в результате взрывного разрушения объекта на высоте 23-25 км от земной поверхности, эквивалентна 0.5 Мт тротилового эквивалента [1]. Пролет суперболида имел разрушительные последствия на большой территории.

Популяция малых тел Солнечной системы включает в себя, в том числе и околоземные объекты (ОЗО): астероиды, сближающиеся с Землей (АСЗ), кометы, метеороидные рои и спорадические метеороиды. Некоторые из АСЗ являются потенциально опасными, поскольку их орбиты могут пересекать орбиту Земли. Например, астероид Апофис диаметром около 350 м, в ближайшие 100 лет будет иметь несколько очень тесных сближений с Землей.

Семейство АСЗ составляют реальные астероиды и ядра угасших комет. Реальные астероиды представляют значительную часть АСЗ. Их происхождение связывают с главным поясом астероидов, из которого они перемещаются внутрь Солнечной системы под действием гравитационных резонансов больших планет, и главным образом, Юпитера. Такие АСЗ являются в основном плотными каменными или железными телами. Другая, гораздо меньшая часть АСЗ, является ядрами угасших комет, состоящих из конгломерата замерзших газов и твердых частиц. Эти ядра покрыты толстой пылевой мантией, препятствующей нагреванию конгломерата Солнцем и выбросу газа и пылевых частиц [4]. По наземным наблюдениям различить эти две группы очень трудно, так как внешне они выглядят почти одинаково. При этом считается, что столкновения с реальными астероидами более опасны, чем с ядрами комет. Поэтому для определения степени опасности и разра-

ботки стратегий ее смягчения очень важно иметь надежные критерии разделения угасших комет и реальных астероидов.

Один из таких критериев был разработан в Институте астрофизики АН РТ. Он заключается в том, что ядрами угасших комет являются АСЗ, которые движутся по орбитам кометного типа и имеют наблюдаемые родственные метеорные потоки. Эти потоки порождаются метеороидными роями, образованными в периоды активности этих комет.

Основываясь на данном критерии, Бабаджанов и Кохирова [5] показали, что среди 3143 АСЗ, открытых до 01.01.2005 г., 130 или около 5%, являются ядрами угасших комет. Теоретические параметры метеорных потоков, родственных с данными угасшими кометами, опубликованы в [6]. Также выявлено, что некоторые метеороидные рои (δ -Писциды с периодом активности 11-26 сентября и конец апреля - начало мая, ι -Аквариды август и апрель, Тауриды октябрь-ноябрь и июнь-июль) содержат до нескольких десятков крупных тел метровых и дециметровых размеров, являющихся угасшими кометами, или угасшими фрагментами ядра более крупной кометы. Это означает, что метеороидные рои могут содержать несколько АСЗ с размерами от 100 м до 8 км, которые в будущем также могут вторгнуться в земную атмосферу Земли и породить ярчайшие суперболиды [7-11].

Таким образом, из наблюдений установлено, что некоторые метеороидные рои состоят не только из мелких, но и из крупных тел метровых и дециметровых размеров. Эти тела представляют потенциальную опасность не только для Земли, но и для космических аппаратов, т.к. во время движения этих аппаратов вокруг Солнца или Земли они пересекают метеороидные рои.

В настоящее время численность открытых АСЗ составляет уже более 10300 и растет очень быстро, благодаря современным цифровым технологиям наблюдений и обработки. В этой связи необходимо продолжать выявление АСЗ кометной природы на основе установления их связи с метеорными потоками. Еще раз подчеркнем, что существование метеорных потоков, связанных с АСЗ, является свидетельством того, что такие астероиды имеют кометное происхождение, т.е. являются ядрами угасших комет.

В данной статье мы представляем результаты вычисления теоретических геоцентрических радиантов, скоростей и дат активности метеорных потоков, возможно связанных с АСЗ, открытых за период с 01.01.2005 г. по 01.01.2009 г.

Астероиды, двигающиеся по орбитам кометного типа и пересекающие орбиту Земли

В исследовании учтен основной принцип теории образования и эволюции метеороидных роев, состоящий в том, что один метеороидный рой может породить от одного до восьми метеорных потоков в зависимости от типа орбиты родительского тела. Наиболее распространенным является случай четырехкратного пересечения орбиты Земли орбитами метеороидов роя. В результате рой может породить на Земле четыре метеорных потока. Эти потоки включают северную и южную ветви ночного потока, образуемые при до-перигелийной встрече Земли с роем при прямом движении родительского тела, и

дневной поток также с северной и южной ветвями, образуемыми при после-перигелийной пересечении Земли с данным роем. Эти четыре ветви одного метеороидного роя называют также потоками-близнецами [12-14].

Для начального поиска АСЗ кометной природы требуется, чтобы его орбита была кометного типа. Из существующих в настоящее время критериев для разграничения типично кометных и типично астероидных орбит мы использовали критерий (или постоянную) Тиссерана. Изменение элементов орбит рассматриваемых малых тел Солнечной системы происходит в основном из-за возмущений от Юпитера. Постоянная Тиссерана T_j , или упрощенный интеграл Якоби, вытекающий из ограниченной задачи трех тел [15-16] имеет вид:

$$T_j = \frac{a_j}{a} + 2 \left[\frac{a}{a_j} (1 - e^2) \right]^{0.5} \cos i, \quad (1)$$

где a_j – большая полуось орбиты Юпитера; a , e , i – большая полуось, эксцентриситет и наклон орбиты возмущаемого тела. В 1969 г. Кресак [17] показал, что для большинства комет с афелийными расстояниями $Q < 10$ а.е. постоянная Тиссерана имеет значения в пределах $2.08 < T_j \leq 3.12$, а для орбит подавляющего большинства астероидов $T_j > 3.12$. Величина $T_j = 3.1$ до сих пор рассматривается в качестве граничного значения между астероидными и кометными орбитами [18], т.е. $T_j > 3.1$ для околоземных астероидов, и $T_j \leq 3.1$ для комет семейства Юпитера.

В базе данных орбит АСЗ "Near-Earth Objects Dynamic Site" [19] на 1 января 2009 г. приведены орбиты 1456 АСЗ, открытых за период 01.01.2005–01.01.2009 гг. Из них 1207 АСЗ принадлежат группе Аполлона (большая полуось орбиты $a > 1$ а.е., перигелийное расстояние $q < 1$ а.е.), 18 - группе Амура ($a > 1$ а.е., $1.017 < q < 1.3$ а.е.), и 231 - группе Атона ($a < 1$ а.е., афелийное расстояние $Q > 0.983$ а.е.). Согласно критерию Тиссерана 134 АСЗ из группы Аполлона и 3 АСЗ из группы Амура двигаются по орбитам кометного типа и пересекают орбиту Земли. На астероиды группы Атона преобладающее влияние оказывают возмущения от Земли и Венеры, с которыми они испытывают частые и тесные сближения. Поэтому вычислять критерий Тиссерана относительно Юпитера для этих астероидов не имеет смысла.

Таким образом, для исследования эволюции орбит и определения теоретических параметров родственных метеорных потоков мы выбрали 137 кандидатов в угасшие кометы, что составляет ~9.5% от общего числа АСЗ, открытых за период 01.01.2005-01.01.2009 гг.

Список 137 АСЗ с начальными элементами орбит приведен в табл.1. Вначале была исследована эволюция орбит этих АСЗ и определена кратность пересечений с орбитой Земли. Затем для каждого пересечения были вычислены теоретические геоцентрические координаты радиантов, скорости метеорных потоков и даты их действия. В табл.1 даны: номер или обозначение астероида, a – большая полуось, e – эксцентриситет, q – периге-

лийное расстояние, i – наклонение, Ω – долгота восходящего узла, ω – аргумент перигелия, $\pi = \Omega + \omega$ – долгота перигелия, n – среднее движение в секундах дуги за средние солнечные сутки, H – абсолютная звездная величина, d – эквивалентный диаметр астероида; R_a и R_d – гелиоцентрические расстояния восходящего и нисходящего узлов орбиты; N_i – кратность пересечения орбиты астероида с орбитой Земли и, следовательно, теоретическое число метеорных потоков, связанных с данным астероидом. Диаметры астероидов d вычислены по формуле [20]

$$\log d = 3.12 - 0.2H - 0.5 \log p. \quad (2)$$

Угасшими кометами, по-видимому, являются темные астероиды C , P и D типов, имеющих низкое альbedo p в пределах от 0.02 до 0.12 [21]. Приведенные в табл.1 величины d вычислены со средним значением $p=0.07$.

Распределение средних движений выбранных АСЗ, определяемых по формуле $n = \frac{0.^\circ 9856}{\sqrt{a^3}}$ /сутки, показывает, что 31 из этих 137 астероидов двигаются в резонансе с Юпитером 3:1, а три астероида в резонансе 2:1. В табл.1 обозначения этих 34 АСЗ отмечены звездочкой.

Метод исследований и вычислений

Как показано Бабаджановым, Обрубовым [22] число метеорных потоков, порождаемых одним метеороидным роем, равно кратности пересечений орбиты его родительского тела – кометы с орбитой Земли. Начальная дисперсия элементов орбит метеороидов обусловлена их выбросом из ядра кометы с различными скоростями в разных участках орбиты родительского тела, преимущественно вблизи перигелия. Планетные возмущения по-разному влияют на частицы с разными элементами орбит и со временем метеороиды роя распределяются вдоль всей эволюционирующей орбиты кометы. В результате Земля будет сталкиваться с метеороидами, восходящие и нисходящие узлы орбит которых полагаются на гелиоцентрических расстояниях равных ~ 1 а.е. То есть $R_{a,d} = \frac{a(1-e^2)}{1 \pm e \cos \omega} = 1$ а.е., где знак плюс в знаменателе соответствует восходящему, а минус – нисходящему узлу. Из последнего равенства можно определить значения аргументов перигелия, при которых будут происходить пересечения.

Таблица 1

Элементы орбит астероидов, движущихся по кометоподобным орбитам и пересекающих орбиту Земли (равноденствие 2000.0)

Астероид	a а.е.	e	q а.е.	i°	Ω°	ω°	π°	n"	H	d км	R _a а.е.	R _d а.е.	N _i
Группа Аполлона													
2005EG94	1.605	.465	.859	10.8	332.1	38.2	10.4	1746	18.34	1.07	1.00	1.71	4
2005EL70	2.276	.925	.168	16.0	166.9	221.1	28.0	1033	24.05	.08	1.09	0.19	4
2005EM169	2.831	.739	.755	11.1	347.0	116.3	103.3	745	24.67	.06	1.89	0.97	4
2005EO1*	2.536	.705	.747	13.9	231.3	40.8	272.1	879*	18.11	1.19	0.83	2.73	4
2005ET70	2.129	.828	.365	5.6	83.0	326.9	49.8	1142	20.75	.35	0.39	2.19	4
2005EY*	2.521	.890	.278	17.2	62.4	185.7	248.1	886*	17.28	1.74	4.76	2.52	4
2005FH	2.697	.657	.926	34.8	144.2	317.9	102.0	801	17.47	1.60	1.04	3.00	8
2005FL4	2.668	.715	.760	28.3	66.9	176.5	243.4	814	16.78	2.20	4.55	0.77	4
2005FN4	2.663	.765	.627	29.3	190.6	105.6	296.3	817	18.6	.95	1.39	0.92	8
2005GL9	2.141	.896	.222	20.0	225.7	162.1	27.8	1133	17.07	1.92	2.86	0.23	4
2005GQ33	2.339	.732	.631	1.6	73.6	36.5	110.1	992	23.75	.09	0.68	2.65	4
2005JD46	2.648	.785	.570	19.0	49.1	49.8	99.0	823	17.84	1.35	0.67	2.09	4
2005JQ81	2.615	.799	.528	15.6	223.0	128.0	351.0	839	19.95	.51	1.85	0.63	4
2005LV30	2.309	.722	.641	16.0	123.8	28.6	152.4	1011	19.11	.75	0.68	3.01	4
2005MW9	3.585	.887	.405	55.3	291.8	241.5	173.3	523	19.17	.73	1.33	0.54	4
2005NX39*	2.457	.876	.303	14.1	121.7	38.2	159.9	921*	19.7	.57	4.61	2.11	4
2005NX44	2.215	.906	.208	37.2	309.7	214.5	164.2	1076	17.23	1.78	1.57	0.23	4
2005RA	2.597	.665	.866	4.5	321.7	80.4	42.1	848	22.16	.18	1.29	1.62	4
2005RJ	2.579	.663	.865	6.3	141.4	255.3	36.7	857	22.34	.17	1.76	1.24	4
2005RR6	2.969	.698	.897	7.0	28.7	58.7	87.3	693	18.43	1.03	1.09	2.39	4
2005SH19	2.269	.858	.322	47.6	18.6	158.2	176.8	1038	17.12	1.88	2.94	0.34	4
2005TF50	2.269	.871	.292	10.7	.8	159.7	160.5	1038	20.3	.43	3.00	0.29	4
2005TM173	2.880	.674	.934	1.3	240.4	173.5	53.9	726	24.05	.08	4.80	0.94	4
2005UJ159**	3.349	.831	.566	35.4	81.1	95.2	176.3	579*	17.45	1.61	1.12	0.96	4
2005UK1*	2.499	.695	.762	.8	180.5	345.8	166.3	898*	18.02	1.24	0.77	3.96	4
2005UL6*	2.534	.615	.978	.3	272.0	84.2	356.2	880*	24.51	.06	1.50	1.66	4
2005UN157*	2.546	.855	.368	44.8	21.8	210.0	231.8	873*	18.48	1.00	2.64	0.39	8
2005UR	2.260	.882	.266	6.9	20.0	140.5	160.5	1044	21.6	.24	1.57	0.29	4
2005UY6	2.250	.872	.287	12.3	343.6	180.7	164.3	1052	17.9	1.29	4.21	0.29	4
2005WN3	2.697	.744	.682	.3	241.9	254.0	135.8	801	29.87	.01	4.75	0.69	4
2005XA	2.554	.656	.878	5.5	69.5	45.4	114.9	869	26.3	.03	0.99	2.70	4
2005YU3*	2.553	.841	.407	3.1	2.7	340.9	343.6	870*	19.85	.53	0.42	3.64	2
2005YY93	2.586	.883	.302	23.4	298.7	310.0	248.7	853	17.1	1.92	0.36	1.31	4
2006AL8*	3.340	.887	.379	35.9	312.3	65.6	17.9	581*	18.32	1.08	0.52	1.13	4
2006BB9	2.697	.667	.878	6.7	301.6	133.3	74.8	803	25.68	.04	2.76	1.02	4
2006BF56	2.355	.793	.487	1.0	124.6	103.1	227.7	982	29.58	.01	1.06	0.75	2
2006BM55	2.572	.741	.663	2.0	313.6	258.2	211.7	860	23.05	.12	1.28	0.94	4
2006BN6*	2.549	.707	.746	17.9	251.2	336.5	227.8	872*	17.4	1.65	0.77	3.63	4
2006CS	2.920	.696	.887	52.2	172.4	346.3	158.7	711	16.55	2.44	0.90	4.65	4
2006DR14*	2.491	.652	.867	5.8	334.1	135.8	109.9	902*	25.95	.03	2.69	0.98	4
2006DU63	2.814	.727	.767	14.5	153.8	68.3	222.1	752	22.53	.16	1.05	1.86	8
2006EC1	2.389	.755	.584	11.2	47.2	15.4	62.6	961	18.49	1.00	0.59	3.78	4
2006HY51	2.602	.969	.080	30.5	42.4	340.5	22.9	845	17.13	1.87	0.08	1.83	4
2006KB1*	2.458	.685	.774	.4	161.2	10.3	171.4	921*	24.4	.07	0.78	4.01	4
2006KD1*	2.484	.784	.536	30.7	169.0	338.2	147.2	907*	17.17	1.83	0.55	3.52	2
2006KK21	2.731	.875	.351	12.1	193.9	281.0	114.9	786	20.68	.36	0.54	0.72	4
2006KZ86	2.193	.862	.302	14.3	103.6	.0	103.6	1093	18.09	1.20	0.30	4.09	4
2006OS9	2.747	.902	.269	21.1	127.5	35.9	163.4	779	18.72	.90	0.29	1.91	4
2006PF1	2.197	.877	.267	14.5	125.4	335.1	100.5	1090	19.5	.63	0.27	2.48	4
2006QJ65	2.646	.684	.834	5.1	153.0	266.5	59.6	824	22.06	.19	1.46	1.34	4
2006QM111	2.591	.730	.700	1.4	155.8	256.6	52.4	851	27.6	.02	1.46	1.02	2
2006QZ57	2.564	.771	0.587	2.4	270.7	324.7	235.4	864	22.73	0.14	0.62	2.85	4
2006TA8	3.046	.700	0.915	21.8	208.1	217.9	66.0	667	20.9	0.33	3.49	1.00	8
2006TC8	2.153	.761	0.514	31.6	204.5	67.3	271.8	1123	20.03	0.49	0.71	1.29	8
2006TH7*	2.542	.832	0.428	16.9	163.6	335.7	139.3	876*	19.26	0.70	0.45	3.24	4
2006UD64	2.108	.791	0.441	29.7	205.9	303.8	149.8	1160	20.23	0.45	0.54	1.42	8
2006UF17*	2.481	.810	0.472	3.7	47.9	235.5	283.4	908*	21.55	0.24	1.58	0.58	4

Таблица 1 (продолжение)

Астероид	a a.e.	e	q a.e.	i°	Ω°	ω°	π°	n°	H	d км	R _a a.e.	R _d a.e.	N _i
2006UO	2.821	.668	0.936	2.3	26.3	77.6	103.9	749	21.03	0.31	1.34	1.80	4
2006VZ2*	2.488	.599	0.993	36.4	252.1	215.7	107.7	904*	19.71	0.57	3.11	1.07	4
2006WC30	2.596	.624	0.977	5.0	72.4	13.6	86.0	848	24.27	0.07	1.00	4.03	4
2006WP127*	2.532	.767	0.589	6.1	178.3	22.9	201.3	881*	18.43	1.03	0.61	3.55	4
2006WW	2.693	.864	0.367	33.0	88.6	197.5	286.1	803	16.24	2.80	3.91	0.38	4
2006WX29	2.332	.730	0.986	2.6	239.2	96.4	335.6	996	27.8	0.05	1.17	0.99	4
2006XK1*	2.498	.701	0.754	13.2	329.7	173.4	143.1	899*	19.22	0.71	4.18	0.75	4
2006XV4	2.591	.626	0.970	4.0	259.1	159.4	58.5	851	24.87	0.05	3.81	0.99	4
2006YD	2.622	.694	0.802	7.7	223.4	352.1	215.5	836	17.46	1.60	0.80	4.36	4
2006YP44*	2.543	.626	0.950	2.0	88.2	333.1	61.3	875*	23.63	0.09	0.99	3.49	2
2007AC2	2.419	.742	0.625	9.5	295.0	90.5	25.5	943	21.71	0.23	1.10	1.09	4
2007AS2	2.586	.624	0.972	3.8	308.4	121.5	69.9	853	22.08	0.19	2.34	1.18	4
2007BJ	3.067	.692	0.942	44.4	298.7	134.2	72.9	661	22.74	0.14	3.09	1.08	2
2007BJ29	2.182	.826	0.380	11.0	242.4	119.1	1.5	1101	18.83	0.85	1.17	0.49	4
2007CA19	2.787	.827	0.483	9.6	174.9	97.6	272.4	763	17.62	1.49	0.00	0.75	4
2007DL8	2.662	.766	0.623	18.8	157.5	132.8	290.3	817	17.35	1.69	2.30	0.72	4
2007DN41	2.877	.689	0.896	2.4	153.6	316.5	110.1	727	26.22	0.03	2.37	0.76	4
2007DZ40	2.850	.698	0.862	11.3	172.9	8.8	181.7	737	18.43	1.03	0.87	4.72	4
2007EE126	3.593	.902	0.350	8.5	169.9	249.2	59.1	521	25.56	0.04	0.96	0.49	4
2007EJ*	2.500	.630	0.925	8.3	61.8	3.7	65.5	898*	18.27	1.11	0.93	4.06	2
2007EJ88	2.331	.778	0.518	1.9	79.7	204.9	284.5	997	23.39	0.10	3.12	0.54	2
2007GT3	1.994	.939	0.121	25.5	15.7	341.9	357.6	1261	19.68	0.58	0.12	2.20	4
2007GV5	2.248	.811	0.418	20.6	15.4	307.9	323.3	1053	21.94	0.21	0.52	1.54	4
2007HA59*	2.510	.726	0.687	54.7	57.2	17.5	74.7	892*	15.15	4.65	0.70	3.86	4
2007HG44*	2.470	.720	0.692	8.4	64.8	33.0	97.8	914*	19.17	0.73	0.74	3.00	4
2007JD	2.833	.813	0.530	12.3	228.8	93.2	322.0	744	23.08	0.12	0.99	0.90	4
2007LS	2.695	.682	0.857	6.4	201.0	168.6	9.6	802	17.85	1.34	4.35	0.86	4
2007MQ*	2.442	.739	0.639	1.7	112.3	238.8	351.1	930*	23.65	0.09	1.80	0.80	4
2007NC5*	2.446	.887	0.277	19.3	165.8	20.5	186.3	927*	17.99	1.26	0.29	3.09	4
2007PA8	2.829	.662	0.958	2.0	143.0	291.9	74.9	746	16.17	2.91	1.27	2.11	4
2007PH25*	2.536	.815	0.468	53.2	150.4	331.8	122.2	878*	16.63	2.35	0.49	3.02	8
2007PP6	2.169	.833	0.362	18.6	77.3	12.8	90.1	1110	17.13	1.87	0.37	3.53	4
2007SR11	2.696	.644	0.959	1.5	219.8	98.1	317.9	802	22	0.20	1.72	1.43	2
2007TB14*	2.493	.638	0.904	6.0	200.8	124.4	325.2	901*	24.34	0.07	2.31	1.09	4
2007TS24	2.787	.651	0.973	5.4	22.3	32.3	54.6	762	24.42	0.07	1.04	3.60	4
2007VG3**	3.294	.694	1.008	11.0	215.4	174.9	30.3	594*	24.65	0.06	5.53	1.01	4
2007VG184	2.388	.670	0.788	16.1	147.0	155.8	302.8	961	17.35	1.69	3.38	0.81	4
2007VH189	2.609	.722	0.725	5.9	75.5	250.2	325.7	842	23.26	0.11	1.65	1.00	4
2007WT3	2.355	.722	0.656	5.2	227.2	102.7	329.8	982	24.17	0.07	1.20	0.98	4
2007WY3	2.793	.768	0.647	11.9	286.4	50.6	337.0	760	18.25	1.12	0.75	2.25	4
2007XB10	2.209	.600	0.884	41.4	261.2	37.2	298.4	1081	17.52	1.56	0.96	2.72	8
2007XP3	2.243	.888	0.252	13.3	95.0	213.9	309.0	1056	18.94	0.81	0.26	2.76	4
2007YN1	2.691	.718	0.758	3.9	84.8	294.5	19.2	804	25.01	0.05	1.00	1.83	4
2008AH4	2.289	.636	0.833	67.3	117.2	66.4	183.6	1025	21.59	0.24	1.09	1.83	4
2008AK33	2.219	.719	0.623	34.1	283.9	88.5	12.3	1073	20.52	0.39	1.05	1.10	4
2008AN33	2.574	.691	0.795	10.7	30.0	27.3	57.3	859	18.96	0.80	0.84	3.49	4
2008AS28	2.428	.732	0.652	20.0	86.5	248.1	334.6	938	19.45	0.64	1.55	.89	8
2008BE15*	2.494	.660	0.848	2.5	122.5	64.9	187.3	901*	24.67	0.06	1.10	1.96	4
2008BO16	2.434	.808	0.467	8.6	134.0	254.3	28.3	934	22.89	0.13	1.07	0.69	4
2008CG119	1.664	.477	0.870	41.3	302.1	148.6	90.7	1653	18.98	0.80	2.16	0.91	4
2008CH	2.332	.689	0.725	22.1	133.5	294.4	68.0	996	20.16	0.46	0.95	1.72	8
2008ED69	2.885	.750	0.722	36.3	149.9	172.7	322.6	724	16.98	2.00	4.93	0.72	4
2008ES	2.303	.754	0.568	9.0	134.5	164.4	298.9	1015	18.25	1.12	3.64	0.57	4
2008FF5	2.277	.965	0.079	2.6	15.3	19.9	35.2	1033	23.12	0.12	0.08	1.70	4
2008FP	2.595	.892	0.281	1.9	187.2	123.5	310.7	849	26.38	0.03	0.84	0.10	4
2008GV3	2.397	.605	0.947	72.9	208.7	73.0	281.7	956	18.43	1.03	1.30	1.84	4
2008HE	2.267	.950	0.113	9.8	215.3	185.4	40.6	1040	17.98	1.26	4.09	0.11	4
2008HE3	2.607	.719	0.733	31.0	210.5	130.6	341.2	843	19.03	0.78	2.36	0.87	8
2008HL	4.306	.801	0.848	45.8	95.1	225.1	320.1	397	17.55	1.39	3.54	0.98	4

Таблица 1 (Продолжение)

Астероид	a а.е.	e	q а.е.	i°	Ω°	ω°	π°	n°	H	d км	R _a а.е.	R _d а.е.	N _i
2008HW1	2.583	.961	0.102	10.6	129.3	248.9	18.1	855	17.44	1.62	0.22	0.14	4
2008JY30	2.373	.759	0.571	10.9	3.9	345.1	348.9	971	18.61	0.95	0.57	3.77	4
2008NO3	2.790	.673	0.913	11.7	36.4	206.8	243.2	762	18.61	0.95	3.84	0.94	4
2008NS1	2.410	.805	0.470	15.1	310.0	206.7	156.7	948	17.29	1.74	3.02	0.49	4
2008OB9**	3.218	.756	0.784	13.5	203.1	238.2	81.2	615*	17.44	1.60	2.29	0.98	4
2008ON13	2.220	.814	0.412	5.9	144.1	46.5	190.6	1073	19.92	0.52	0.48	1.70	4
2008PJ9*	2.546	.662	0.860	4.8	115.4	135.1	250.4	874*	21.88	0.21	2.69	0.97	4
2008RM98	2.566	.636	0.933	1.9	285.4	166.0	91.4	863	20.27	0.44	4.01	0.95	4
2008SH148	2.619	.637	0.950	3.4	203.3	199.4	42.7	837	26.1	0.03	3.92	0.97	4
2008SV11	2.615	.722	0.727	8.3	15.7	102.8	118.5	839	18.2	1.13	1.48	1.08	4
2008TB*	2.474	.604	0.980	27.4	188.1	209.1	37.2	912*	25.59	0.04	3.33	1.03	4
2008UM1*	2.501	.698	0.764	5.1	208.9	114.5	323.5	897*	31.75	0.00	1.81	0.99	4
2008UU95*	2.517	.677	0.813	1.2	297.8	23.9	321.8	889*	23.48	0.10	0.84	3.56	4
2008VL14	2.208	.817	0.403	1.9	40.0	243.8	283.8	1082	21.03	0.31	1.48	0.34	4
2008VU4	2.378	.771	0.545	12.0	291.1	23.2	314.3	968	17.55	1.53	1.84	0.65	4
2008XM1	2.353	.787	0.501	5.0	268.7	267.1	175.8	983	21.93	0.20	0.92	0.85	4
2008YA	2.646	.827	0.458	32.5	120.3	200.4	320.7	824	17.89	1.26	3.73	0.47	4
2008YE30	2.381	.735	0.632	14.2	285.9	288.5	214.4	966	20.95	0.29	0.89	1.43	4
Группа Амура													
2005VC2	2.765	.587	1.141	36.8	222.1	166.9	29.0	772	17.8	1.37	4.38	0.57	8
2007YM1*	2.459	.536	1.141	32.5	266.6	183.5	90.1	920*	20.73	0.36	3.77	1.14	4
2008WQ1	2.626	.599	1.052	34.8	230.6	160.0	30.6	834	21.38	0.26	3.85	1.07	8

Эти аргументы перигелия можно вычислить по формуле:

$$\cos \omega = \pm \left[a(1 - e^2) - 1 \right] / e. \quad (3)$$

Как видно из уравнения (3), при заданных a и e земная орбита может пересекаться орбитой ОЗО при четырех возможных значениях аргумента перигелия ω . На этом основано утверждение, что один метеороидный рой может породить 4 метеорных потока: два ночных и два дневных. В том случае, когда под возмущающим действием больших планет значительно изменяются e и i , а перигелийное расстояние орбиты роя принимает значения $q > 1$ а.е., метеороидный рой может породить восемь метеорных потоков.

Для установления генетической связи между астероидом (или кометой) и его возможным метеорным потоком необходимо вычислить теоретические координаты радиантов, скорости и даты активности этого потока. Для этого используется орбита родительского тела на моменты ее пересечения с орбитой Земли. Такие орбиты могут быть получены при исследовании эволюции орбит АСЗ под возмущающим действием притяжения больших планет.

В Институте астрофизики АН РТ для исследования эволюции орбит применяются два метода. Для 103 астероидов, перечисленных в табл.1, и не имеющих сильных резонансов с Юпитером, методом Альфана-Горячева [23] вычислялись вековые возмущения элементов орбит от всех больших планет. Вычисления выполнялись на интервале времени равном одному циклу изменения аргумента перигелия по программе, составленной Ю.В. Обрубковым. Возмущения орбит 34 АСЗ, движущихся в резонансе с Юпитером и отмеченных в табл.1 звездочками, вычислялись по методу Эверхарта [24] также на одном цикле изменения аргумента перигелия орбиты. Как правило, эти интервалы составляют от 3 тысяч до 20 тысяч лет. В результате было найдено, что за один цикл изменений аргу-

мента перигелия 115 астероидов пересекают орбиту Земли 4 раза, 14 астероидов – 8 раз, и 8 АСЗ – 2 раза. Следовательно, можно предположить, что из исследуемых 137 АСЗ, 115 астероидов порождают четыре, 14 – восемь, и 8 – два метеорных потоков. Всего 588 теоретических потоков.

Теоретические геоцентрические радианты и скорости метеорных потоков, связанных с исследуемыми АСЗ, являющимися кандидатами в угасшие кометы

Таким образом, в результате исследования эволюции орбит выбранных АСЗ определена кратность их пересечений с орбитой Земли (табл.1, последний столбец). Для каждого АСЗ и каждого пересечения определены элементы орбит. Если АСЗ является четырехкратным пересекателем орбиты Земли, то для него определены четыре набора орбитальных элементов, соответствующие пересечениям. Эти орбиты послужили исходными данными для вычисления теоретических геоцентрических радиантов, скоростей и дат активности 588 метеорных потоков, возможно связанных со 137 исследуемыми АСЗ, которые на данном этапе являются кандидатами в угасшие кометы.

Результаты вычислений теоретических параметров 588 метеорных потоков, связанных с исследуемыми АСЗ, представлены в табл.2. Здесь для каждого астероида по столбцам даны обозначения метеорных потоков, теоретически связанных с ним, причем N_N и N_S означают северную и южную ветви ночного потока, а D_N и D_S - северную и южную ветви дневного потока. Приведены также даты максимума активности потоков; долготы Солнца L^\odot (в градусах дуги), соответствующие этим датам; геоцентрические координаты радиантов (прямое восхождение α и склонение δ в градусах дуги); геоцентрические скорости V_g (км сек⁻¹), узлы (A_s – восходящий, D_s – нисходящий узел орбиты).

Поиск наблюдаемых потоков, соответствующих теоретически предсказанным (табл.2), в опубликованных каталогах явился очередным шагом в установлении связи астероидов, сближающихся с Землей, с метеорными потоками. В результате было показано, что для 110 АСЗ из 137 исследованных все теоретически предсказанные метеорные потоки отождествлены с наблюдаемыми потоками, метеорами или болидами. На этой основе сделан вывод, что эти 110 АСЗ, движущиеся по орбитам кометного типа и имеющие родственные наблюдаемые метеорные потоки, являются ядрами угасших комет или их осколками. Подготовлен Каталог 110 околоземных астероидов кометного происхождения, являющийся предметом следующей публикации.

Заключение

За период 01.01.2005 – 01.01.2009 гг. были открыты 1456 АСЗ групп Аполлона, Амура и Атона. Из групп Аполлона и Амура выделены 137 астероидов, которые согласно вычисленным для них значениям T_j двигаются по орбитам кометного типа. Моделирование эволюции их орбит показало, что из них 115 являются четырехкратными, 14–восьмикратными, и 8-двукратными пересекателями орбиты Земли. Учитывая дисперсию скоростей выброса метеороидов из ядер комет и влияние возмущающего действия планет на орбиты метеороидов, выброшенных из ядер комет, определены теоретические

Таблица 2

Теоретические геоцентрические координаты радиантов и скоростей метеорных потоков, связанных с АСЗ (2000.0)

Группа Аполлона													
поток	Дата	L _☉	α	δ	Vg	Узел	поток	Дата	L _☉	α	δ	Vg	Узел
2005EG94						2005GQ33							
N _N	07.VIII	134.3	293.4	12.9	12.5	Ds	N _N	14.X	200.7	18.8	9.2	22.1	As
N _S	15.VIII	142.6	311.3	-52.4	10.7	As	N _S	21.X	207.3	22.7	7.3	20.3	As
D _N	24.XI	242.8	262.3	9.1	12.2	Ds	D _N	03.IV	13.7	14.8	8.8	20.4	Ds
D _S	28.XI	246.0	257.2	-56.2	12.9	As	D _S	19.IV	19.8	18.6	6.6	22.1	Ds
2005EL70						2005JD46							
N _N	31.V	69.5	271.9	-17.6	36.4	Ds	N _N	27.IX	184.6	7.1	-15.4	25.3	Ds
N _S	31.VI	69.9	272.1	-28.4	36.2	As	N _S	24.IX	181.5	11.7	-10.0	25.7	As
D _N	07.III	346.3	324.7	-9.4	35.9	Ds	D _N	06.IV	16.6	4.8	17.0	25.8	Ds
D _S	07.III	346.2	327.4	-18.8	36.2	As	D _S	03.IV	13.2	14.8	-11.9	25.2	As
2005EM169						2005JQ81							
N _N	22.X	208.4	13.8	21.6	20.2	Ds	N _N	06.VI	76.0	260.6	-8.1	25.9	Ds
N _S	28.X	214.6	29.2	-7.4	19.1	As	N _S	06.VI	75.5	257.5	-36.3	25.8	As
D _N	11.III	350.7	353.2	18.3	18.9	Ds	D _N	18.XII	266.2	262.1	-9.5	25.8	Ds
D _S	19.III	358.4	11.0	-11.6	20.3	As	D _S	18.XII	266.4	260.0	-38.6	26.0	As
2005EO1						2005LV30							
N _N	06.X	193.3	182.2	-12.4	26.9	As	N _N	23.XI	241.5	57.3	30.4	22.2	As
N _S	14.IV	24.7	18/5.3	-23.1	19.1	As	N _S	22.XI	239.3	61.6	10.6	23.4	As
D _N	08.IX	165.3	180.3	18.9	20.1	Ds	D _N	27.V	66.3	59.7	30.5	23.4	Ds
D _S	22.IX	179.5	173.0	-9.5	24.8	Ds	D _S	24.V	63.2	62.9	11.1	22.2	Ds
2005ET70						2005MW9							
N _N	18.VI	115.5	308.6	-15.4	28.2	Ds	N _N	07.I	285.4	176.9	60.2	39.3	Ds
N _S	17.VI	114.3	309.2	-19.4	28.7	As	N _S	22.XI	240.5	87.6	53.4	40.0	Ds
D _N	06.III	345.4	334.7	-9.6	28.5	As	D _N	11.VII	109.4	81.9	-4.8	40.6	As
D _S	05.III	344.3	335.7	-13.5	28.1	Ds	D _S	25.V	64.9	45.8	-35.4	38.8	As
2005EY						2005NX39							
N _N	15.I	294.6	135.6	12.2	35.6	As	N _N	06.XI	223.6	52.7	25.1	30.2	Ds
N _S	28.I	307.0	144.9	18.0	31.9	Ds	N _S	08.XI	225.7	56.9	12.7	29.6	As
D _N	11.X	197.6	181.6	4.2	34.6	Ds	D _N	25.VI	93.6	80.7	30.1	29.8	Ds
D _S	06.X	193.2	176.1	-2.2	33.3	As	D _S	25.VI	93.1	81.4	17.4	29.5	As
2005FH						2005NX44							
N _N	26.II	336.5	320.7	39.0	21.8	Ds	N _N	19.X	205.1	44.5	29.8	37.4	Ds
N _N	03.III	342.8	328.5	35.7	21.8	Ds	N _S	22.X	208.2	55.0	4.0	37.1	As
N _S	16.II	326.7	15.5	-64.6	22.9	As	D _N	24.VII	121.6	97.9	37.1	37.5	Ds
N _S	10.III	349.6	11.5	-38.0	22.2	As	D _S	26.VII	123.3	98.6	11.9	37.4	As
D _N	15.XI	232.2	8.7	65.5	21.5	Ds	2005						
D _N	02.XI	219.8	11.1	51.6	21.5	Ds	N _N	15.IX	172.3	323.2	6.7	14.3	Ds
D _S	28.X	214.7	43.4	-24.5	22.1	As	N _S	18.IX	175.2	335.9	-26.2	13.5	As
D _S	28.II	238.7	69.5	-40.6	22.8	As	D _N	22.XII	270.2	295.2	-8.3	14.0	Ds
2005FL4						2005RJ							
N _N	01.III	340.4	161.5	14.4	22.5	Ds	D _S	24.XII	272.0	301.9	-41.1	14.8	As
N _S	28.II	338.8	154.7	-1.1	23.0	As	N _N	12.IX	169.0	318.7	4.8	13.8	Ds
D _N	21.VIII	148.2	156.1	21.5	23.0	Ds	N _S	10.IX	167.4	328.3	-24.8	13.7	As
D _S	19.VIII	146.5	149.4	5.9	22.4	As	D _N	17.XII	265.8	290.0	-10.4	14.2	Ds
2005FN4						2005RR6							
N _N	02.VI	71.6	271.4	40.2	28.8	Ds	D _S	13.XII	261.9	293.8	-41.8	13.9	As
N _N	17.IV	27.6	224.2	14.5	28.5	As	N _N	29.IX	215.9	4.8	20.0	15.2	Ds
N _S	22.IV	32.6	202.1	-45.1	26.8	As	N _S	09.XI	227.2	23.1	-16.7	13.5	As
N _S	29.V	67.0	222.2	-80.8	26.3	As	D _N	16.II	326.8	343.2	0.7	16.5	Ds
D _N	31.VIII	157.5	197.7	71.9	28.8	Ds	D _S	08.II	318.1	350.9	-25.5	15.4	As
D _N	14.X	200.3	206.4	24.8	26.9	Ds	2005SH19						
D _S	19.X	205.1	181.2	-33.7	28.5	Ds	N _N	31.X	217.3	57.2	28.7	36.8	Ds
D _S	08.IX	165.4	128.5	-44.9	27.3	As	N _S	03.XI	220.2	64.2	9.5	36.5	As
2005GL9						2005TF50							
N _N	05.VI	74.2	274.8	-17.2	34.6	Ds	D _N	07.VIII	134.3	114.5	32.1	36.8	Ds
N _S	06.VI	74.5	275.0	-28.4	34.2	As	D _S	10.VIII	137.1	114.3	14.3	37.1	As
D _N	02.III	341.3	321.8	-10.0	34.0	Ds	N _N	28.X	214.6	48.6	19.4	32.0	Ds
D _S	02.III	341.7	325.4	-20.0	34.2	As	N _S	31.X	217.8	52.0	15.2	31.2	As

Таблица 2 (продолжение)

поток	Дата	L _☉	α	δ	Vg	Узел	поток	Дата	L _☉	α	δ	Vg	Узел
2005TF50													
D _N	05.VII	103.5	87.7	26.7	31.5	Ds	N	20.V	59.2	244.5	-19.5	27.4	Ds
D _S	07.VII	105.8	89.0	22.4	32.3	As	D	21.XII	269.2	260.6	-25.1	27.8	As
2005TM173													
N _N	06.X	192.8	337.9	-0.4	12.6	Ds	N _N	28.I	307.7	151.6	26.2	35.5	Ds
N _S	21.X	207.6	340.2	-8.8	10.3	Ds	N _S	25.I	304.9	140.8	1.5	34.3	As
D _N	18.XII	266.5	308.8	-17.3	11.5	Ds	D _N	05.X	192.5	180.4	13.2	34.3	Ds
D _S	26.XII	274.9	312.0	-27.2	13.0	As	D _S	03.X	190.9	169.5	-9.2	33.8	As
2005UJ159													
N _N	16.XII	264.7	95.9	-12.0	30.6	Ds	N _N	01.XII	248.8	234.1	43.5	35.6	Ds
N _S	12.I	291.5	116.8	-32.6	30.9	As	N _S	31.I	310.1	289.9	1.9	34.7	Ds
D _N	21.V	60.4	9.0	63.6	30.4	Ds	D _N	17.VI	86.0	289.6	-46.7	34.9	As
D _S	19.VI	88.0	68.7	57.1	30.3	As	D _S	18.VIII	145.2	32.9	-53.0	34.0	As
2005UK1													
N _N	02.I	280.6	87.4	24.1	17.2	Ds	N _N	14.X	200.8	352.5	15.7	15.2	Ds
N _S	24.XII	272.6	83.7	17.8	18.8	As	N _S	22.X	208.1	7.5	-15.5	13.7	As
D _N	02.V	40.9	58.7	27.9	14.6	Ds	D _N	22.I	301.6	325.0	5.6	13.7	As
D _S	18.V	57.6	66.7	21.1	18.0	As	D _S	28.I	307.7	338.6	-29.4	15.3	Ds
2005UL6													
N _N	26.VII	123.7	281.2	-16.0	14.2	Ds	D _N	02.VIII	130.5	130.1	20.1	24.6	As
N _S	15.VIII	142.5	283.0	-24.5	10.8	As	D _S	18.VIII	145.5	144.5	15.9	25.1	Ds
D _N	19.X	205.1	248.0	-12.1	10.6	Ds	2006BM55						
D _S	10.XI	226.0	247.2	-28.1	14.1	As	N _N	05.II	315.4	132.2	19.1	20.6	Ds
2005UN157													
N _N	22.IV	32.6	257.0	44.5	35.8	Ds	N _S	04.II	314.4	128.7	12.2	20.4	As
N _N	05.I	283.1	130.1	32.9	35.9	Ds	D _N	10.VII	108.2	118.1	25.7	20.2	Ds
N _S	05.I	283.6	123.5	3.6	36.1	As	D _S	10.VII	108.8	116.6	19.9	20.5	As
N _S	20.IV	30.4	48.0	-87.8	35.2	As	2006BN6						
D _N	03.VI	72.8	318.2	59.6	35.6	Ds	N _N	23.II	333.2	154.2	26.4	20.4	Ds
D _N	21.IX	178.9	166.2	22.7	36.0	Ds	N _S	26.II	336.2	144.0	-6.5	20.1	As
D _S	24.IX	181.3	156.8	-5.1	36.2	As	D _N	19.VII	116.8	134.7	38.3	19.4	Ds
D _S	31.V	69.7	47.5	-59.2	34.5	As	D _S	23.VII	120.5	127.1	3.9	19.8	As
2005UR													
N _N	27.X	213.3	48.1	19.3	32.5	Ds	N _N	05.XI	222.4	51.1	28.0	31.5	Ds
N _S	29.X	215.7	50.6	14.8	31.6	As	N _S	03.XI	220.0	54.3	10.1	32.1	As
D _N	07.VII	105.7	89.2	26.7	32.0	Ds	D _N	29.VI	97.5	82.1	31.2	32.3	Ds
D _S	09.VII	107.9	90.4	22.4	32.8	As	D _S	26.VI	94.8	81.4	15.1	31.6	As
2005UY6													
N _N	30.X	216.6	51.6	20.0	32.5	Ds	N _N	20.XI	238.4	27.4	27.5	14.0	Ds
N _S	02.XI	219.4	54.3	16.0	31.7	As	N _S	04.XII	252.3	41.9	-6.8	11.9	As
D _N	12.VII	109.5	93.5	26.4	32.0	Ds	D _N	25.II	335.5	356.8	16.4	13.0	Ds
D _S	14.VII	111.5	94.2	22.5	32.9	As	D _S	24.II	333.9	11.0	-16.7	12.8	As
2005WN3													
N _N	11.XI	229.0	45.1	17.7	22.6	As	N _N	18.IV	28.7	231.6	64.8	19.4	Ds
N _S	19.XI	236.8	49.3	16.2	20.5	As	N _N	25.II	335.7	154.7	31.8	19.45	Ds
D _N	24.IV	34.5	37.3	16.8	20.4	Ds	N _S	09.VII	107.6	117.2	0.0	19.1	As
D _S	03.V	42.5	41.5	15.4	22.6	Ds	N _S	29.II	339.4	140.8	-13.9	19.6	As
2005VC2													
N _N	28.VIII	155.9	291.8	54.0	21.6	Ds	D _N	24.V	66.0	249.6	84.9	19.3	Ds
N _N	19.X	205.2	246.4	49.8	21.0	Ds	D _N	11.VII	109.6	127.7	42.6	19.9	Ds
N _S	21.X	207.3	147.3	-71.1	22.0	As	D _S	22.V	61.3	95.0	-47.4	18.5	As
N _S	02.IX	159.3	50.1	-72.9	21.1	As	D _S	07.IV	17.8	132.8	-54.9	19.4	As
D _N	09.VII	107.0	281.1	4.2	21.8	Ds	2006EC1						
D _N	03.XII	251.5	258.8	2.9	21.3	Ds	N _N	29.VIII	155.9	336.6	-1.3	23.3	As
D _S	10.VII	108.6	286.6	-47.6	21.0	As	N _S	31.VIII	157.2	342.8	-11.6	23.6	Ds
D _S	05.XII	253.2	252.3	-50.6	22.2	As	D _N	18.II	328.3	326.7	-8.9	23.7	As
2005XA													
N _N	19.XI	237.2	32.6	23.7	15.4	Ds	D _S	19.II	329.8	333.0	-19.4	23.3	Ds
N _S	01.XII	249.5	48.3	0.7	13.2	As	2006HY51						
D _N	19.III	358.8	10.3	10.6	16.5	As	N _N	11.V	50.3	257.8	-17.4	41.5	Ds
D _S	12.III	352.2	15.0	-5.5	15.2	Ds	N _S	08.V	47.5	254.5	-25.1	41.9	As
							D _N	17.III	356.3	331.3	-16.4	41.1	As
							D _S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Таблица 2 (продолжение)

поток	Дата	L ₀	<i>a</i>	<i>δ</i>	Vg	Узел	поток	Дата	L ₀	<i>a</i>	<i>δ</i>	Vg	Узел
2006KB1							2006UD64						
N _N	23.I	302.8	97.9	23.0	13.6	As	D _N	08.VI	77.9	60.1	28.4	30.9	Ds
N _S	21.XII	269.0	84.8	20.4	21.0	As	D _S	02.VI	71.2	59.9	13.5	29.0	As
D _N	01.VI	70.3	74.4	25.7	20.1	Ds	2006UD64						
D _S	17.V	56.2	68.1	22.4	17.0	Ds	N _N	09.VI	78.9	55.4	43.8	29.7	Ds
2006KD1							N _N	03.XI	220.8	45.9	41.0	29.1	Ds
N	11.XI	228.8	48.1	33.1	25.8	Ds	N _S	09.VI	78.3	66.2	-0.8	29.0	As
D	25.V	64.8	60.2	5.8	25.6	As	N _S	04.XI	221.2	59.9	-4.4	29.6	As
2006KK21							D _N	30.I	309.1	235.0	60.9	29.6	Ds
N _N	21.IX	178.1	14.2	-3.4	31.0	As	D _N	15.III	354.9	284.3	51.4	29.4	Ds
N _S	16.IX	174.0	5.9	9.1	32.0	Ds	D _S	29.I	308.5	131.8	-62.8	31.1	As
D _N	12.V	51.9	33.1	21.7	31.2	Ds	D _S	10.III	349.0	60.1	-81.6	30.6	As
D _S	09.V	48.5	37.0	4.4	30.3	As	2006UF17						
2006KZ86							N _N	03.IV	13.1	192.9	-2.8	23.0	As
N _N	02.IX	159.3	354.7	0.7	31.1	Ds	N _S	01.IV	11.9	190.1	-9.0	23.5	As
N _S	30.VIII	156.2	355.0	-4.2	32.1	As	D _N	04.X	191.9	191.9	-0.4	23.5	As
D _N	12.V	51.6	31.0	14.5	32.2	Ds	D _S	06.X	193.7	191.5	-7.7	23.0	Ds
D _S	09.V	48.1	30.6	9.8	31.2	As	2006UO						
2006OS9							N _N	17.XI	234.7	24.5	17.4	14.1	Ds
N _N	29.X	215.6	49.5	25.1	34.2	Ds	N _S	01.XII	249.1	31.8	1.1	11.6	As
N _S	26.X	212.6	51.2	13.4	35.2	As	D _N	28.II	338.7	359.1	1.3	15.2	Ds
D _N		0.0	0.0	0.0	0.0		D _S	20.II	330.6	1.8	-8.7	13.7	As
D _S	13.VII	110.5	92.7	18.3	34.4	As	2006VZ2						
2006PF1							N _N	16.II	326.3	299.3	48.8	23.2	Ds
N _N	27.VIII	154.5	350.2	1.4	31.8	Ds	N _S	18.II	357.5	16.8	-35.8	22.2	As
N _S	23.VIII	150.9	351.8	-8.0	32.7	As	D _N	27.XI	245.1	6.4	77.9	22.5	Ds
D _N	11.V	50.6	28.3	15.6	32.9	Ds	D _S	08.XI	225.2	52.7	-26.5	21.4	As
D _S	07.V	46.6	29.0	6.8	31.8	As	2006WC30						
2006QJ65							N _N	10.XI	227.9	6.2	15.9	11.7	Ds
N _N	28.IX	185.9	339.9	6.6	14.8	Ds	N _S	06.XI	223.0	12.1	1.7	12.3	As
N _S	23.IX	180.1	343.1	-13.2	15.8	As	D _N	29.I	308.9	340.0	-4.8	12.5	Ds
D _N	19.VI	298.9	316.9	-9.0	16.0	Ds	D _S	18.I	297.8	347.6	-23.5	11.0	As
D _S	20.VI	299.6	323.0	-27.9	16.4	As	2006WP127						
2006QM111							N _N	14.VII	111.2	112.8	20.2	23.2	As
N	01.IX	158.7	330.8	-9.3	18.8	Ds	N _S	12.VII	109.0	110.0	27.2	23.8	As
D	28.I	307.9	318.2	-17.1	19.5	As	D _N	12.I	291.7	113.6	23.3	23.3	As
2006QZ57							D _S	15.I	294.7	117.7	15.8	24.3	Ds
N _N	19.II	329.8	151.0	13.7	22.8	Ds	2006WW						
N _S	21.II	331.6	149.3	8.2	22.1	As	N _N	04.III	343.9	181.2	3.9	33.6	Ds
D _N	12.VIII	139.4	146.1	17.8	22.1	Ds	N _S	04.III	343.5	176.3	-6.2	33.5	As
D _S	14.VII	141.9	145.3	12.1	22.8	As	D _N	11.XI	228.4	212.8	-6.6	33.5	As
2006TA8							D _S	07.XI	224.6	205.0	-13.4	34.2	Ds
N _N	26.IX	183.9	340.6	21.2	18.9	Ds	2006WX29						
N _N	24.I	303.5	312.7	12.3	18.2	Ds	N _N	08.VI	77.5	251.0	-15.5	19.9	Ds
N _S	29.IX	186.3	2.9	-27.2	18.1	As	N _S	03.VI	72.7	246.9	-25.5	21.0	As
N _S	28.I	307.2	333.8	-41.8	19.2	As	D _N	22.XI	239.9	241.9	-17.1	21.2	Ds
D _N	22.X	208.1	334.8	47.4	17.6	Ds	D _S	16.XI	234.1	236.0	-26.7	20.1	As
D _N	27.XII	275.1	291.0	39.4	18.2	Ds	2006XK1						
D _S	07.XI	224.7	49.5	-56.9	18.7	As	N _N	10.XII	258.0	60.2	32.3	16.9	Ds
D _S	26.XII	274.3	2.9	-78.0	19.6	As	N _S	02.XII	250.3	62.0	8.7	18.9	As
2006TC8							D _N	20.IV	30.3	32.0	25.7	18.3	Ds
N _N	31.VII	128.0	298.4	88.2	30.1	Ds	D _S	05.IV	15.6	40.8	-0.5	14.4	As
N _N	09.III	348.7	193.0	23.4	29.4	Ds	2006XV4						
N _S	06.III	345.7	169.8	-24.2	30.5	As	N _N	17.X	203.9	338.1	11.2	11.3	Ds
N _S	31.VII	128.9	94.6	-45.4	27.9	As	N _S	21.X	207.8	349.2	-17.7	10.4	As
D _N	18.V	57.2	273.8	45.3	29.9	Ds	D _N	13.XII	261.7	311.1	-2.8	9.9	Ds
D _N	10.X	197.4	193.1	22.8	30.4	Ds	D _S	23.XII	271.6	319.6	-36.6	11.5	As
D _S	08.X	195.8	170.9	-24.4	29.7	As	2006YD						
D _S	13.V	52.8	159.0	-86.6	28.1	As	N _N	25.II	335.3	142.8	19.2	16.7	Ds
2006TH7							N _S	24.II	334.5	138.3	6.6	16.9	As
N _N	20.X	206.0	32.9	20.8	29.3	Ds	D _N	27.I	95.8	116.3	30.9	16.5	Ds
N _S	20.X	206.2	38.1	6.6	29.4	As	D _S	28.I	96.2	113.9	16.8	16.5	As

Таблица 2 (продолжение)

поток	Дата	L ₀	<i>a</i>	<i>δ</i>	Vg	Узел	поток	Дата	L ₀	<i>a</i>	<i>δ</i>	Vg	Узел
2006YP44							2007HG44						
N _N	16.X	202.9	344.6	2.2	11.3	Ds	N _S	05.XII	253.4	122.6	-56.8	34.3	As
N _S	26.XII	274.4	318.9	-23.1	10.9	As	D _N	12.IV	22.6	356.5	13.4	34.7	Ds
2007AC2							2007GV5						
N _N	24.VII	121.6	298.8	-3.9	21.2	Ds	N _N	20.IV	30.6	235.6	-14.0	38.3	Ds
N _S	25.VII	122.5	305.7	-33.5	21.5	As	N _S	20.IV	30.5	233.0	-22.5	38.1	As
D _N	08.I	128.5	290.2	-8.9	21.3	Ds	D _N	14.II	324.6	299.9	-17.6	37.7	Ds
D _S	10.I	289.0	295.4	-38.8	22.0	As	D _S	14.II	324.8	301.5	-25.6	37.9	As
2007AS2							2007HA59						
N _N	27.X	213.9	347.6	18.6	11.8	Ds	N _N	14.VIII	141.1	331.3	6.8	31.0	Ds
N _S	05.XI	222.5	3.6	-21.3	10.3	As	N _S	05.XII	253.4	122.6	-56.8	34.3	As
D _N	08.I	287.5	321.7	-3.5	11.8	Ds	D _N	12.IV	22.6	356.5	13.4	34.7	Ds
D _S	04.I	282.5	334.2	-37.8	11.7	As	D _S	25.III	4.5	359.7	-20.4	29.9	As
2007BJ							2007HA59						
N _N	02.IX	159.2	343.6	-10.0	23.6	Ds	N _N	14.VIII	141.1	331.3	6.8	31.0	Ds
N _S	25.VIII	152.2	336.7	-12.8	23.9	As	N _S	05.XII	253.4	122.6	-56.8	34.3	As
2007BJ29							2007HG44						
N _N	01.VI	70.6	261.6	-12.4	28.4	Ds	D _N	12.IV	22.6	356.5	13.4	34.7	Ds
N _S	31.V	69.8	259.2	-32.0	28.5	As	D _S	25.III	4.5	359.7	-20.4	29.9	As
D _N	14.VI	293.4	282.4	-13.8	28.3	Ds	2007HA59						
D _S	13.VI	292.4	283.3	-34.1	28.3	As	N _N	13.X	199.9	9.0	14.1	19.7	Ds
27CA19							2007JD						
N _N	15.III	354.4	181.8	7.0	26.8	Ds	N _S	02.X	189.4	10.1	-1.2	22.1	As
N _S	17.III	356.4	178.9	-5.0	26.9	As	D _N	22.III	1.5	2.1	6.9	21.0	Ds
D _N	03.X	190.3	189.1	6.8	26.9	Ds	D _S	01.III	340.2	1.2	-13.9	16.4	As
D _S	03.X	190.2	182.5	-8.6	26.8	As	2007LS						
2007DL8							2007MQ						
N _N	10.IV	20.3	209.2	6.1	23.8	Ds	N _N	28.VI	96.3	268.0	-21.1	19.4	Ds
N _S	14.IV	24.4	195.8	-25.7	24.1	As	N _S	27.VI	95.4	267.4	-22.3	19.3	Ds
D _N	09.X	196.6	201.8	9.8	24.1	Ds	D _N	28.XI	246.7	252.5	-24.2	19.5	As
D _S	08.V	195.1	187.3	-21.8	23.8	As	D _S	28.XI	246.6	252.4	-24.2	19.5	As
2007DN41							2007NC5						
N _N	29.XI	247.7	32.6	17.8	13.0	Ds	N _N	27.XI	245.5	79.3	27.5	31.7	Ds
N _S	21.XI	238.4	33.6	11.3	14.8	As	N _S	24.XI	242.7	78.4	16.9	32.4	As
D _N	01.III	340.7	3.4	4.7	14.5	Ds	D _N	03.VIII	130.7	117.6	27.0	32.8	Ds
D _S	14.III	353.5	9.3	0.7	17.1	As	D _S	27.VII	124.8	112.5	17.6	31.1	As
2007DZ40							2007PA8						
N	23.I	302.2	106.0	19.7	16.8	As	N _N	05.XI	222.4	356.6	7.3	11.0	Ds
D	20.V	59.6	77.2	26.8	16.1	Ds	N _S	23.XI	240.4	356.5	-2.1	9.0	As
2007EE126							2007PH25						
N _N	17.VIII	144.5	328.5	-9.4	26.5	Ds	N _N	04.I	282.2	220.1	60.4	36.5	Ds
N _S	11.VIII	138.4	328.4	-17.4	28.3	As	N _N	14.IX	171.5	6.8	18.8	35.9	Ds
D _N	28.II	339.9	334.2	-6.3	28.2	Ds	N _S	16.IX	173.5	20.5	-8.6	35.7	As
D _S	12.III	351.2	344.7	-13.9	30.9	As	N _S	02.I	280.1	133.0	-54.0	37.5	As
2007EJ							2007PP6						
N _N	29.II	339.2	337.9	-6.2	23.6	Ds	N _N	23.VIII	150.2	343.6	-0.5	29.9	Ds
N _S	22.II	332.2	331.6	-8.6	23.9	As	N _S	20.VIII	147.2	345.7	-10.5	30.7	As
2007EJ88							2007PP6						
N _N	03.IV	13.9	192.0	-6.7	22.9	Ds	D _N	28.IV	33.3	14.7	10.5	30.7	Ds
N _S	05.IV	15.3	193.3	-7.2	22.9	As	D _S	20.IV	30.2	16.6	0.9	29.9	As
2007GT3							2007PP6						
N _N	20.IV	30.6	235.6	-14.0	38.3	Ds	N _N	23.VIII	150.2	343.6	-0.5	29.9	Ds
N _S	20.IV	30.5	233.0	-22.5	38.1	As	N _S	20.VIII	147.2	345.7	-10.5	30.7	As
D _N	14.II	324.6	299.9	-17.6	37.7	Ds	D _N	28.IV	33.3	14.7	10.5	30.7	Ds
D _S	14.II	324.8	301.5	-25.6	37.9	As	D _S	20.IV	30.2	16.6	0.9	29.9	As
2007GV5							2007PP6						
N _N	24.IV	34.5	227.5	-1.9	28.9	Ds	N _N	23.VIII	150.2	343.6	-0.5	29.9	Ds
N _S	25.IV	35.6	218.9	-29.4	28.4	As	N _S	20.VIII	147.2	345.7	-10.5	30.7	As
D _N	03.XII	251.0	241.7	-6.9	28.2	Ds	D _N	28.IV	33.3	14.7	10.5	30.7	Ds
D _S	04.XII	252.2	234.8	-35.3	29.0	As	D _S	20.IV	30.2	16.6	0.9	29.9	As
2007HA59							2007PP6						
N _N	14.VIII	141.1	331.3	6.8	31.0	Ds	N _N	23.VIII	150.2	343.6	-0.5	29.9	Ds

Таблица 2 (продолжение)

поток	Дата	L ₀	<i>a</i>	<i>δ</i>	Vg	Узел	поток	Дата	L ₀	<i>a</i>	<i>δ</i>	Vg	Узел
2007SR11							2008AK33						
N _N	26.VII	123.1	238.1	0.9	9.3	Ds	N _N	6.XII	254.4	247.0	35.5	28.5	Ds
N _S	07.VIII	134.6	221.5	-31.9	8.6	As	N _S	28.XII	276.9	264.7	17.3	28.2	Ds
2007TB14							D _N	10.VII	108.6	317.1	-58.1	27.0	As
N _N	28.V	67.6	242.2	-9.2	20.6	Ds	D _S	4.VIII	132.0	7.5	-61.7	26.8	As
N _S	15.VI	84.6	244.6	-32.2	16.5	As	2008AN33						
D _N	13.X	200.6	225.2	-1.5	14.7	Ds	N _N	13.IX	170.6	334.1	6.3	17.7	Ds
D _S	01.XI	219.4	220.3	-28.7	20.0	As	N _S	12.IX	169.5	342.7	-17.6	17.6	As
2007VG3							D _N	25.I	304.9	316.3	-6.4	17.8	Ds
N _N	01.X	188.8	305.1	21.7	12.2	Ds	D _S	24.I	303.2	323.5	-32.0	17.9	As
N _S	21.IX	178.9	326.5	-37.4	12.2	As	2008AS28						
D _N	01.XI	218.5	286.1	17.2	11.2	Ds	N _N	7.IX	164.3	252.1	67.0	22.7	Ds
D _S	16.XI	233.3	288.8	-59.4	12.6	As	N _S	15.VIII	142.0	281.5	61.5	22.7	Ds
2007VG184							N _N	6.VI	75.5	255.3	2.0	22.3	Ds
N _N	23.V	62.9	230.3	2.4	16.7	Ds	N _S	6.VI	75.3	248.0	-45.8	22.2	As
N _S	19.V	56.8	216.2	-33.1	17.8	As	D _N	12.IX	169.3	118.4	-65.4	21.2	As
D _N	24.IX	181.6	187.4	-25.1	16.8	As	D _S	17.VIII	144.1	79.9	-72.7	21.2	As
D _S	01.X	188.7	204.9	8.6	18.3	Ds	D _N	17.XI	234.8	239.4	4.1	22.5	Ds
2007VH189							D _S	15.XI	232.6	223.8	-43.4	22.3	As
N _N	06.VI	75.5	245.1	-11.1	19.0	Ds	2008BE15*						
N _S	14.VI	84.1	245.0	-29.9	16.9	As	N _N	14.I	293.0	103.6	25.6	18.6	Ds
D _N	21.X	208.6	223.3	-7.6	17.4	Ds	N _S	1.II	311.6	112.7	15.6	15.2	As
D _S	13.X	200.0	214.4	-24.3	15.6	As	D _N	15.V	54.8	81.2	26.4	13.3	Ds
2007WT3							D _S	30.V	68.3	82.3	21.1	17.1	As
N _N	06.VI	75.9	248.2	-10.8	19.2	Ds	2008BO16						
N _S	31.V	70.7	242.1	-28.9	20.4	As	N _N	9.VII	106.9	293.3	-13.8	26.0	Ds
D _N	11.XI	229.1	233.7	-11.0	20.6	Ds	N _S	8.VII	106.3	295.1	-27.0	26.1	As
D _S	06.XI	224.5	226.2	-28.9	19.5	As	D _N	31.I	310.5	305.4	-13.7	26.0	Ds
2007WY3							D _S	30.I	309.5	307.9	-27.1	25.9	As
N _N	07.VI	77.2	253.7	-7.4	22.2	Ds	2008CG119						
N _S	10.VI	79.8	250.9	-34.4	21.3	As	N _N	30.III	9.5	342.3	27.8	25.1	Ds
D _N	16.XI	234.2	240.2	-7.8	21.5	Ds	N _S	29.III	8.7	10.1	-31.8	25.1	As
D _S	18.XI	236.2	234.0	-35.6	22.3	As	D _N	14.IX	171.9	350.7	31.9	25.3	Ds
2007XB10							D _S	15.IX	172.9	19.5	-27.1	25.0	As
N _N	24.IV	34.7	211.5	-42.0	27.5	Ds	2008CH						
N _N	13.IV	23.9	220.3	13.4	27.2	Ds	N _N	19.IX	176.7	339.2	28.8	20.8	Ds
N _S	23.IV	33.6	228.7	10.4	27.2	As	N _S	15.IX	171.9	3.0	-30.7	21.0	As
N _S	11.IV	21.9	198.3	-37.4	27.6	As	N _N	3.XI	220.8	315.6	69.4	20.9	Ds
D _N	23.VIII	150.9	213.6	78.2	27.6	Ds	N _S	12.XI	229.9	76.5	-58.7	22.0	As
D _N	26.VIII	87.1	283.3	49.3	27.4	Ds	D _N	12.II	322.8	317.7	15.2	21.1	Ds
D _S	26.VIII	153.1	111.8	-49.5	25.8	As	D _S	10.II	319.9	340.0	-46.0	21.3	As
D _S	14.VII	83.4	40.8	-84.3	25.7	As	D _N	22.XII	270.0	274.2	51.8	21.2	Ds
2007XP3							D _S	25.XII	273.7	82.3	-82.5	22.6	As
N _N	09.IX	166.1	3.2	5.2	32.3	Ds	2008ED69						
N _S	05.IX	162.7	3.9	-1.2	34.2	As	N _N	11.IV	41.6	226.3	-11.3	27.6	Ds
D _N	01.VII	70.8	47.2	20.1	34.4	Ds	N _S	20.XI	42.3	223.1	-24.1	27.6	As
D _S	29.V	67.3	46.8	14.3	33.3	As	D _N	10.I	242.7	236.5	-12.5	27.5	Ds
2007YM1							D _S	21.II	243.3	234.1	-25.1	27.6	As
N _N	11.X	197.4	358.6	33.9	21.1	Ds	2008ES						
N _S	18.X	204.3	28.2	-24.0	19.4	As	N _N	13.IV	23.5	201.3	-3.6	21.6	As
D _N	30.XI	248.4	303.6	75.8	21.4	Ds	N _S	18.IV	28.4	204.7	-15.4	22.9	Ds
D _S	05.III	344.5	2.0	-32.9	21.4	As	D _N	21.X	208.4	208.0	-6.4	22.9	As
2007YN1							D _S	27.X	213.9	212.3	-18.4	21.6	Ds
N _N	07.VIII	134.2	300.9	-12.9	17.5	Ds	2008FF5						
N _S	08.VIII	135.8	303.2	-21.5	17.0	As	N _N	24.V	63.3	270.6	-21.5	40.0	Ds
D _N	14.VII	262.8	277.9	-21.5	17.3	Ds	N _S	23.V	62.4	270.1	-23.6	40.3	As
D _S	16.VIII	264.8	279.4	-30.8	17.8	As	D _N	28.III	7.5	341.8	-9.6	39.6	As
2008AH4							D _S	21.III	0.0	0.0	0.0	0.0	Ds
N _N	28.V	67.1	346.3	55.8	37.8	Ds	2008FP						
N _S	26.VII	123.8	98.2	50.3	37.9	Ds	N _N	3.IV	13.1	204.5	-9.0	31.6	Ds
D _N	25.XI	243.2	91.8	-4.4	38.3	As	N _S	10.IV	20.8	209.6	-12.3	30.3	As
D _S	21.I	300.7	141.9	-44.2	38.5	As	D _N	2.XII	250.1	233.2	-18.3	32.7	Ds

поток	Дата	L ₀	α	δ	Vg	Узел	поток	Дата	L ₀	α	δ	Vg	Узел	
		2008FP												
D _S	30.XI	248.1	232.7	-20.1	31.4	As	N _S	12.XI	230.1	17.3	2.8	11.9	As	
		2008GV3						D _N	29.I	308.3	344.5	-1.7	11.3	Ds
N _N	7.IX	164.6	143.5	71.1	40.6	Ds	D _S	11.II	321.7	350.5	-12.4	13.8	As	
N _S	11.XI	229.0	205.9	15.9	41.5	Ds			2008SH148					
D _N	25.II	335.6	175.3	-25.7	41.3	As	N _N	6.X	193.4	324.3	1.8	10.4	Ds	
D _S	30.IV	40.0	272.0	-75.8	41.0	As	N _S	1.X	188.1	330.9	-14.9	10.9	As	
		2008HE						D _N	9.XII	257.2	296.6	-18.1	11.4	Ds
N _N	-	0.0	0.0	0.0	0.0	Ds	D _S	8.XII	256.6	299.5	-33.5	11.5	As	
N _S	29.III	8.5	344.3	-8.1	38.3	As			2008SV11					
D _N	3.VI	73.0	279.1	-21.7	38.5	Ds	N _N	3.XI	220.8	28.4	23.8	20.2	Ds	
D _S	6.VI	75.8	282.3	-23.1	38.5	As	N _S	11.XI	228.5	41.1	0.0	18.7	As	
		2008HE3						D _N	11.IV	21.4	19.7	17.1	21.4	Ds
N _N	27.V	66.2	253.5	7.7	25.9	As	D _S	5.IV	15.7	24.5	-2.3	20.1	As	
N _S	7.VI	76.2	262.2	6.7	25.9	Ds			2008TB*					
N _N	26.VII	123.0	293.7	47.7	25.7	Ds	N _N	20.XI	237.7	268.2	47.6	18.8	Ds	
N _S	27.VII	124.4	21.9	-74.9	24.3	As	N _S	1.XII	248.9	272.3	36.2	17.6	Ds	
D _N	26.XI	243.9	244.8	8.8	25.1	Ds	D _N	16.IX	173.1	0.5	-53.4	16.8	As	
D _S	16.X	202.5	148.4	-60.4	25.5	As	D _S	13.XII	261.1	286.9	-74.4	18.4	As	
D _N	7.X	194.1	227.6	59.0	26.0	Ds			2008UM1*					
D _S	9.VI	78.5	257.4	-52.1	24.8	As	N _N	29.V	68.1	240.9	-10.4	19.9	Ds	
		2008HL						N _S	6.VI	74.9	239.7	-29.7	18.2	As
N _N	27.VI	95.1	282.4	39.5	30.1	Ds	D _N	22.X	209.3	222.4	-6.1	17.8	Ds	
N _S	8.V	47.6	235.1	0.7	29.0	Ds	D _S	2.XI	220.0	220.7	-26.3	20.4	As	
D _N	15.XI	232.9	218.7	-36.4	29.0	As			2008UU95*					
D _S	23.IX	180.4	131.5	-51.2	30.2	As	N _N	27.V	66.5	237.6	-15.4	19.8	Ds	
		2008HW1						N _S	31.V	70.7	238.3	-22.0	19.0	As
N _N	11.V	50.0	254.7	-21.1	39.9	Ds	D _N	27.X	213.6	221.2	-14.1	19.2	Ds	
N _S	11.V	50.4	254.6	-25.4	39.9	Ds	D _S	26.X	213.1	218.9	-19.8	19.0	As	
D _N	4.III	343.7	322.2	-20.5	39.1	As			2008VL14					
D _S	-	0.0	0.0	0.0	0.0	As	N _N	14.II	324.1	153.2	11.8	26.3	Ds	
		2008JY30						N _S	12.II	322.0	150.4	8.3	26.8	As
N _N	11.VI	80.0	260.5	-16.4	23.3	As	D _N	16.IX	173.5	168.5	8.6	26.8	Ds	
N _S	13.VI	81.9	259.3	-27.3	22.1	As	D _S	14.IX	171.6	165.7	5.4	26.4	As	
D _N	7.XII	255.8	256.5	-18.5	22.1	Ds			2008VU4					
D _S	10.XII	257.9	255.2	-29.8	23.3	Ds	N _N	25.XI	242.9	65.2	32.0	25.6	Ds	
		2008NO3						N _S	28.XI	246.4	71.3	8.8	24.9	As
N _N	17.V	56.2	206.3	58.4	13.9	Ds	D _N	11.VI	80.0	72.3	35.5	24.9	Ds	
N _S	21.IV	31.9	159.7	-28.7	13.3	As	D _S	14.VI	83.1	77.2	13.0	25.6	As	
D _N	13.VI	82.5	171.2	64.2	13.6	Ds			2008XM1					
D _S	29.VI	67.6	130.1	-40.3	12.5	As	N _N	4.XII	252.3	77.7	27.6	26.1	Ds	
		2008NS1						N _S	7.XII	255.7	80.8	15.4	25.3	As
N _N	9.XI	226.4	52.8	25.6	28.3	Ds	D _N	27.VI	95.9	90.5	30.8	25.4	Ds	
N _S	12.XI	230.3	58.9	11.0	27.4	As	D _S	25.VI	93.6	89.6	17.8	24.7	As	
D _N	14.VI	83.8	72.4	31.2	27.6	Ds			2008YA					
D _S	19.VI	87.6	76.8	17.0	28.4	As	N _N	17.IV	27.8	219.2	-7.0	30.5	Ds	
		2008OB9*						N _S	17.IV	27.3	213.8	-22.7	30.9	As
N _N	29.X	216.1	353.0	39.0	16.8	Ds	D _N	6.XII	254.1	242.0	-12.5	30.7	Ds	
N _S	19.X	205.6	16.4	-19.4	17.3	As	D _S	5.XII	253.8	238.5	-28.0	30.5	As	
D _N	2.II	312.4	326.3	14.3	16.7	Ds			2008YE30					
D _S	26.I	305.6	350.4	-47.0	16.9	As	N _N	1.II	311.6	139.3	36.0	22.4	Ds	
		2008ON13						N _S	1.II	311.2	127.5	-3.8	22.8	As
N _N	13.XII	261.6	90.8	25.2	27.2	Ds	D _N	20.VII	117.3	125.3	41.8	22.6	Ds	
N _S	12.XII	260.0	90.1	19.6	27.8	As	D _S	20.VII	117.6	117.1	1.9	22.2	As	
D _N	24.VII	121.6	113.8	25.3	28.0	Ds			2008WQ1					
D _S	22.VII	119.4	111.7	20.3	27.4	As	N _N	19.XI	237.1	260.5	47.3	21.2	Ds	
		2008PJ9*						N _S	22.XI	240.1	152.2	-81.2	22.2	As
N _N	29.III	8.0	175.1	6.4	16.9	Ds	N _N	27.IX	184.0	305.3	59.7	21.8	Ds	
N _S	1.IV	11.7	171.5	-5.7	16.2	As	N _S	1.X	188.2	54.4	-64.4	21.3	As	
D _N	1.VIII	129.2	152.2	20.9	16.1	Ds	D _N	4.I	282.7	285.7	5.9	21.2	Ds	
D _S	16.VIII	144.0	153.6	7.7	19.2	As	D _S	5.I	283.6	294.3	-52.9	22.0	As	
		2008RM98						D _N	10.VIII	137.5	307.9	12.2	21.7	Ds
N _N	2.XI	220.0	12.4	12.3	13.9	Ds	D _S	11.VIII	138.3	325.7	-42.9	20.9	As	

геоцентрические радианты и скорости метеорных потоков возможно связанных с вышеуказанными 137 астероидами. Для 110 из них найдены наблюдаемые метеорные потоки, что доказывает кометную природу этих АСЗ.

Таким образом, с учетом результатов, полученных ранее по 3143 АСЗ, открытых до 01.01.2005 г. [5], можно заключить, что среди 4599 АСЗ, известных на 01.01.2009, 240 являются угасшими ядрами комет или угасшими фрагментами более крупных кометных тел. Данное число составляет 6% от общего количества АСЗ, открытых до 01.01.2009 г.

Отметим также, что вычисленные теоретические радианты, скорости и даты определяют и условия возможных столкновений данных объектов с Землей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brown P., Abstracts "Meteoroids 2013", 2013, Poznan, Poland, p.002.
2. Borovicka J, Spurny P., Abstracts "Meteoroids 2013", 2013, Poznan, Poland, p. 001.
3. Popova O. et al., Abstracts "Meteoroids 2013", 2013, Poznan, Poland, p.052.
4. Орпк Е.Д., Adv. Astron. Astrophys., 1963, v. 2, pp.219-262.
5. Бабаджанов П.Б., Кохилова Г.И., «Метеорные потоки астероидов, пересекающих орбиту Земли», 2009, Душанбе, «Дониш», 185 с.
6. Бабаджанов П.Б., Кохилова Г.И., Известия АН РТ. Отд. физ.-мат., хим. и геол. наук, 2006, № 1-2 (124), с.25-48.
7. Babadzhanov P.B., Astron. and Astrophys., 2001, v. 373, pp.329-335.
8. Babadzhanov P.B., Williams I.P., Kokhirova G.I., Astron. and Astrophys., 2008a, v. 479, pp.249-255.
9. Babadzhanov P.B., Williams I.P., Kokhirova G.I., Mon. Not. of the Royal Astron. Soc., 2008b, v. 386, issue 3, pp. 1436-1442.
10. Babadzhanov P.B., Williams I.P., Kokhirova G.I., Astron. and Astrophys., 2009b, v. 507, pp.1067-1072.
11. Бабаджанов П.Б., Кохилова Г.И., ДАН РТ, 2011, т.54, №6, с.457-464.
12. Sekanina Z., Icarus, 1976, v. 27, pp. 265-322.
13. Drummond J.D., Icarus, 1982, v. 49, pp.143-153.
14. Babadzhanov P.B., Proceedings "Asteroids, Comets, Meteors III", 1990, Uppsala Univ., pp.497-503.
15. Kresak L., Asteroids (eds. T.Gehlers), 1982, Arizona Univ. Press, pp.289-309.
16. Kosai H., Cel. Mech. and Dyn. Astron., 1992, v. 54, pp. 237.
17. Kresak L., Bull. Astr. Inst. Czech-Sl., 1969, v. 20, pp.177-188.
18. Jewitt D.C., Astron. J, 2012, v.143, p. 66.
19. <http://newton.dm.unipi.it/neodys/neodys.cat>.
20. Bowell E., Lumme K., Asteroids (ed. Gehrels T.), 1982, Univ. of Arizona Press, Tucson, pp.132-169.
21. Jewitt D.C., Comets in the Post-Halley Era (eds. R.L. Newburn et al.), 1992, Dordrecht: Kluwer, pp.19-65.
22. Babadzhanov P.B., Obrubov Yu.V., Cel. Mech. and Dyn. Astron., 1992, v. 54, pp. 111-127.
23. Горячев Н.Н. "Способ Halphen`а для вычисления вековых возмущений планет и его применение к Церере", 1937, Томск: Изд-во Кр. Знамя. 115 с.
24. Everhart E., Celestial Mechanics, 1974, v. 10, pp. 219-261.

П.Б.БОБОЧОНОВ, Г.И.ҚОҲИРОВА, Ю.В.ОБРУБОВ*

**РАДИАНТ ВА СУРЪАТҲОИ НАЗАРИЯВИИ СЕЛҲОИ МЕТЕОРИЕ, КИ
БО АСТЕРОИДҲОИ БА ЗАМИН НАЗДИКШАВАНДАИ ДАР СС.2005-2008
КАШФ КАРДА ШУДА АЛОҚАМАНДАНД**

Институти астрофизикаи АИ Ҷумҳурии Тоҷикистон,

**Донишгоҳи давлатии техникӣ Москва ба номи Н.Э.Бауман, филиали Калуга*

Дар давоми сс. 2005-2008 1456 астероидҳои ба Замин наздикшавандаи (АЗН) нав кашф карда шуданд (NeoDys, 1.01. с.2009). Аз ин миқдор 137 АЗН мувофиқи доимии собитаи Тиссеран аз рӯи мадорҳои кометамонанд ҳаракат мекунанд ва мадори Заминро буррида мегузаранд. Тадқиқи таҳаввули мадорҳои ин АЗН-ҳо нишон медиҳанд, ки дар зери таъсири ҷозибаи сайёраҳои калон аз ин астероидҳо 115-тояшон чоркарата, 14-тояшон ҳашткарата ва 8 - дукарата мадори Заминро буррида мегузаранд. Пас агар ин АЗН-ҳо ядроҳои кометаҳои хомушшуда бошанд, онҳо мувофиқи назарияи ташаккулёбӣ ва таҳаввули сели метеороҳаҳар яке онҳо қисми волидайнӣ тудай метеороидӣ шуда метавонанд, ки ин туда ду, чор ё ҳашт селҳои метеорӣ ба вучуд меоранд. Дар мақолаи мазкур натиҷаҳои муайян кардани радиантҳо ва суръатҳои назариявии 588 селҳои метеорие оварда шудаанд, ки бо ин 137 АЗН-ҳо алоқаманданд. Аз 137 АЗН-ҳо 110-тояшон селҳои метеорӣ фаъол доранд, яъне ядроҳои кометаҳои хомушшуда мебошанд.

Калимаҳои калидӣ: астероид – тудай метеороидӣ – сели метеорӣ – кометай хомушшуда – радиант – мадор – таҳаввул.

P.B.BABADZHANOV, G.I.KOKHIROVA, YU.V.OBRUBOV*

**THEORETICAL RADIANTS AND VELOCITIES OF THE METEOR
SHOWERS ASSOCIATED THE NEAR EARTH ASTEROIDS DISCOVERED
DURING 2005-2008**

Institute of Astrophysics, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

**Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch*

In the data base "Near-Earth Objects Dynamic Site" the orbits of 1456 near Earth asteroids (NEAs) were listed on January 1 2009 that were discovered during 1.01.2005-1.01.2009. According to the Tisserand invariant being a dynamical criterion distinguishing the objects orbits on asteroidal and cometary types as well as requiring the fulfillment of Earth crossing condition it was established that 137 NEAs are moving on comet-like orbits. Investigation of the orbital evolution of these NEAs under the planetary perturbations shows that during one cycle of the argument of perihelion variation 115 asteroids are quadruple, 14-eightuple, and 8-double crossers of the Earth orbit. Consequently, if these NEAs are the nuclei of extinct comets in reali-

ty then, according to the theory of formation and evolution of meteoroid streams, each of them can be a parent body of the meteoroid stream producing two, four or eight meteor showers. The results of calculations of theoretical geocentric radiants, velocities, and maximum activity dates of 588 meteor showers, possible associated with 137 NEAs, are given in the paper. It is shown that out of 137 NEAs 110 objects have observable meteor showers and, hence, are the nuclei of extinct comets.

Since the parent bodies are members of its meteoroid streams, then the theoretical radiants of meteor showers define the directions, velocities, and dates of possible impacts of these bodies with the Earth.

Key words: asteroid – meteoroid stream – meteor shower – extinct comet – radiant – orbit – evolution.

УДК 541.65+539.196

Н.У.МУЛЛОЕВ, Б.Н.НАРЗИЕВ, М.Б.КАРИМОВ, Дж.ЮСУПОВА, С.А.РАСУЛОВ

**ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕННЫХ РАДИКАЛОВ НА ИК-СПЕКТРЫ
ПРОИЗВОДНЫХ 1,3-ДИОКСОЛАНОВ**

Таджикский национальный университет

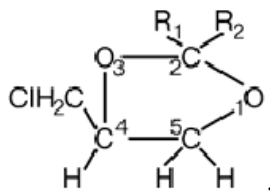
Поступила в редакцию 25.04.2013 г.

Исследованы спектроскопические характеристики гетероциклических соединений производных диоксоланов. По параметрам ИК-полос поглощения и их изменениям при вариации электронной и геометрической структуры молекулы проведены молекулярно-структурный и спектральный анализы исследованных соединений.

Ключевые слова: 1,3-диоксолан – ИК-спектры – замещение – индукционный эффект.

Глицерин и его производные являются биологически активными веществами, что позволяет синтезировать многочисленные гетероциклические соединения на их основе. Среди этих гетероциклических соединений особое место занимают 1,3-диоксоланы, которые используются в качестве реагентов тонкого органического синтеза [1] и для получения биологически активных соединений [2], обладающих гипотензивной, противосудорожной активностью. Поэтому исследования новых гетероциклических соединений на основе производных глицерина являются актуальными.

В работе [3] изучено влияние изменений электронной и геометрической структуры молекул на протонноакцепторную способность кислородсодержащих гетероциклических соединений ряда диоксоланов (4-хлорметил-1,3-диоксолан и его 2-замещение), синтезированных авторами работ [4, 5], которые имеют следующую структуру:



Адрес для корреспонденции: Муллоев Нурулло Урунбойевич. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E:mail:voruch@eml.ru

радикалы R₁ и R₂ приведены в таблице.

Таблица

Спектроскопические характеристики ряда аналитических полос поглощения исследованных соединений

R ₁ =H, R ₂ =H (1)		R ₁ =H, R ₂ =C ₆ H ₅ (2)		R ₁ , R ₂ = C ₃ H ₅ (3)		R ₁ = CH ₃ , R ₂ = C ₂ H ₅ (4)		Отнесение
ν	$\alpha \cdot 10^3$	ν	$\alpha \cdot 10^3$	ν	$\alpha \cdot 10^3$	ν	$\alpha \cdot 10^3$	
3005	0.3	3080	1.38	3090	0.66	2970	1.06	ν_{CH}
2950	0.6	2844	0.98	2925	0.99	2930	0.89	ν_{CH}
2860	0.90	2816	1.06	2846	0.71	2873	0.80	ν_{CH}
1290	0.3	1267	-	1278	-	1284	-	ν_{COC}
1253	0.45	1244	0.39	1246	0.45	1244	0.83	ν_{COC}
1188	0.2	1198	0.8	1216пл.	0.28	1190	1.07	ν_{COC}
1152	1.06	1140	0.43	1144	0.62	1150	0.80	ν_{COC}
1096	1.16	1094	0.3	1112пл.	0.59	1130	1.85	ν_{COC}
1064	0.78	1094	-	1094	0.79	1037	0.97	ν_{COC}
1022	0.97	1022	0.13	1044	0.26	1037	0.88	ν_{COC}
938	1.17	920	-	932 пл.	0.54	920	0.56	ν_{COC}
926 пл.	-	-	-	926	0.50	-	-	
906 пл.	-	-	-	908 пл.	0.27	-	-	
840	0.36	826	0.25	826	-	876	0.55	ν_{COC}
824	0.37	-	-	-	-	864	0.53	
						852	0.4	
748	0.80	744	0.71	772		752	0.46	ν_{CC}
722 пл.	0.3	712	0.20	752	0.23	740	0.52	
702 пл.		686			0.16	710		

Протоноакцепторная способность оценивалась по изменениям полосы валентного колебания ν_{OH} алифатических спиртов. Однако представляет интерес выяснение влияния введённых в положение 2 новых структурных элементов на спектральные характеристики указанных диоксоланов. В литературе данные о спектроскопических свойствах этих соединений отсутствуют.

Целью настоящей работы является сравнительный анализ параметров ИК-спектров ряда диоксоланов при изменении их электронной и геометрической структуры путём введения в цикл новых структурных элементов разной природы.

ИК-спектры регистрировались на спектрофотометре SPECORD-75 IR. На рисунке представлены ИК-спектры поглощения исследованных соединений в диапазоне частот 3200 - 600 см⁻¹. Из рисунка видно, что в исходном соединении (кривая 1) наблюдаются интенсивные полосы поглощения (2950, 2860 и 2750 см⁻¹) и слабый выступ при 3005 см⁻¹, обусловленные валентными колебаниями С-Н-связи метиленовых групп. Полосы в обла-

сти 1480-1340 см^{-1} связаны с симметричными и асимметричными деформационными колебаниями С-Н-связей. Поглощение же в области 900-1250 см^{-1} относится к колебаниям кольцевой группы С-О-С [6].

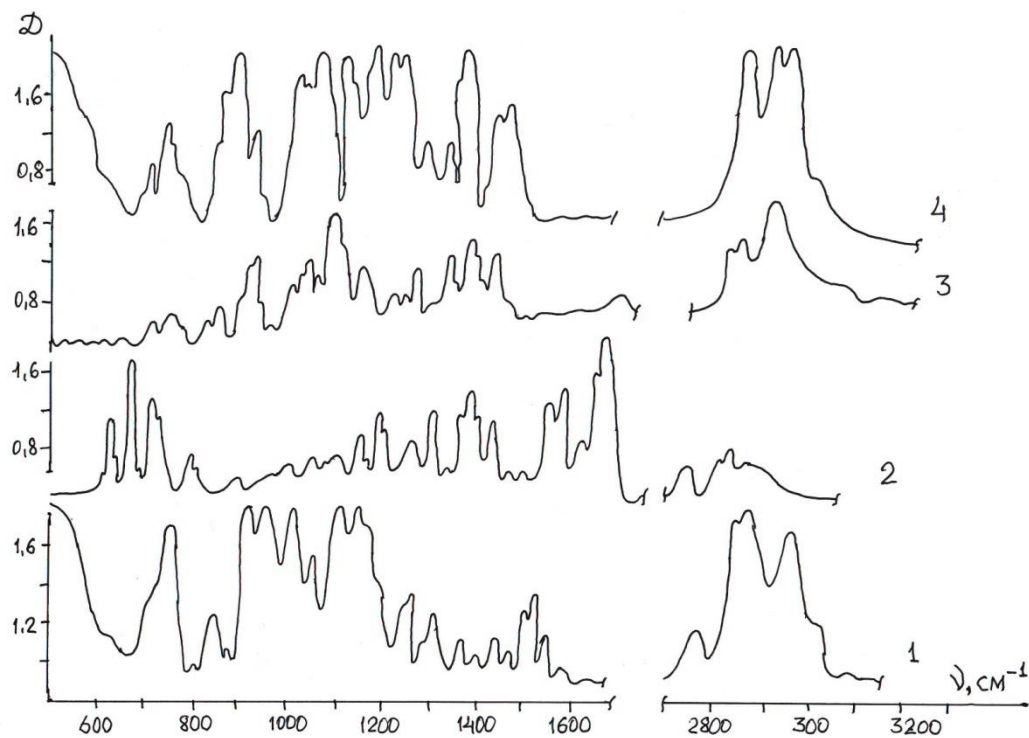


Рис. ИК-спектры поглощения производных 1,3-диоксоланов.

В таблице приведены параметры некоторых полос поглощения исследованных соединений. Из анализа спектров исследованных соединений видно, что некоторые из полос являются наиболее чувствительными к изменению электронного строения и окружения молекул, что связано с влиянием замещения той или иной группировки, приводящем к изменению спектроскопических свойств молекул. При этом изменяется электронное строение данной группы, что должно влиять на динамические параметры колеблющейся группы.

Как видно из рисунка (кривые 2 и 3), в результате замещения атома водорода в производной 1,3-диоксолана на бензольное кольцо и циклогексан в соединениях 2 и 3 происходит перекрытие полосы 3005 см^{-1} с полосой С-Н-связей заместителя и образуются слабоинтенсивные полосы с максимумами при 3080 и 3090 см^{-1} соответственно. Полоса 2950 см^{-1} смещается в низкочастотную область и проявляется при 2844 и 2930 см^{-1} , при этом интенсивность полосы соединения 2 уменьшается значительно. Максимум полосы 2860 см^{-1} смещается на 44 и 14 см^{-1} в соединениях 2 и 3 и проявляется при 2816 и 2846 см^{-1} соответственно.

В соединении 4 (кривая 4) слабый пик 3005 см^{-1} сливается с полосой С-Н-групп введённых структурных элементов (заместителей), в результате чего проявляется интенсивная полоса при 2970 см^{-1} . Полоса 2950 см^{-1} смещается в низкочастотную область спектра и проявляется при 2930 см^{-1} , а полоса при 2860 см^{-1} смещается в область высоких частот (2873 см^{-1}). Изменение частоты колебания обусловлено, по-видимому, индукционным влиянием введённых структурных фрагментов на электронную конфигурацию С-Н-групп.

Поляризующее влияние заместителей проявляется также в области кольцевых колебаний С-О-С-групп. В результате присоединения бензольного кольца в положение 2 (кривая 2) происходит изменение максимума полос поглощения. Полоса 1290 см^{-1} смещается на 23 см^{-1} и лежит при 1267 см^{-1} , а полоса 1253 см^{-1} смещается в низкочастотную область спектра и проявляется при 1244 см^{-1} , при этом уменьшается интенсивность полосы. Слабая полоса 1152 см^{-1} смещается в сторону низких частот на 12 см^{-1} и проявляется при 1140 см^{-1} . Полоса с максимумами при 938 и 926 см^{-1} и слабый пик при 906 см^{-1} сдвигаются в низкочастотную область спектра и сливаются в единую полосу с максимумом при 920 см^{-1} , а интенсивность становится очень слабой. Полоса с двумя чётко разрешёнными максимумами при 840 и 824 см^{-1} сливается в единую и проявляется при 826 см^{-1} .

При замещении атомов водорода в положении 2 кольца на циклогексан (кривая 3) параметры полосы группы С-О-С также изменяются. Полоса 1290 см^{-1} смещается в низкочастотную область и лежит при 1278 см^{-1} , а полоса 1253 см^{-1} проявляется при 1246 см^{-1} , при этом интенсивность полос уменьшается значительно. Слабая полоса 1188 см^{-1} сдвигается в высокочастотную область и наблюдается слабое плечо при 1216 см^{-1} . Полоса 1096 см^{-1} проявляется при 1112 см^{-1} и становится чёткой. Положение полос при 938 и 926 см^{-1} и слабый пик при 906 см^{-1} сдвигаются в низкочастотную область спектра, наблюдается интенсивная полоса при 926 см^{-1} с плечом при 932 и 908 см^{-1} и происходит изменение формы полосы. Полоса с максимумами при 840 и 824 см^{-1} также сливаются в единую и приобретают максимум при 826 см^{-1} .

Замещение атомов водорода в производных 1,3-диоксолана на радикалы CH_3 и C_2H_5 (кривая 4) оказывает меньшее влияние на спектральные параметры С-О-С-групп. Полоса 1290 см^{-1} смещается в область низких частот и лежит при 1284 см^{-1} . Полоса 1188 см^{-1} сдвигается в высокочастотную область и лежит при 1190 см^{-1} , её интенсивность растёт, а положение полосы 1096 см^{-1} смещается в область высоких частот и проявляется при 1130 см^{-1} . Полосы при 938 и 926 см^{-1} со слабым пиком при 906 см^{-1} сдвигаются в низкочастотную область спектра и становятся бесструктурными с максимумом при 920 см^{-1} , а интенсивность становится очень слабой. Дублетная полоса с максимумами при 840 и 824 см^{-1} становятся более интенсивной и проявляется при 876 см^{-1} со слабыми пиками при 864 и 852 см^{-1} .

Интенсивная полоса 748 см^{-1} с пиками при 722 и 702 см^{-1} , обусловленная валентным колебанием С-С-групп, в соединении 2, лежит при 744 , 712 и 686 см^{-1} . В соединении

3 полоса проявляется при 772 и 752 см^{-1} , при этом полоса расширяется и интенсивность полосы уменьшается. В соединении 4 эта полоса расщепляется на два пика с максимумами при 750 и 740 см^{-1} .

Из приведённых выше данных следует, что влияние заместителей на колебания группы оказывается диаметрально противоположным – в одном случае заместитель понижает частоту, а в другом приводит к её повышению. При смещении электронного облака к гетероатому, или при деформации орбитали неподелённой пары электронов атома кислорода, увеличиваются силовые константы колеблющейся группы (упрочнение ковалентной связи, повышение частоты колебаний), и наоборот, из-за смещения орбиталей неподелённых пар электронов кислорода к заместителю происходит ослабление колеблющейся группы (уменьшение силовых констант, понижение частоты колебаний).

Полученные экспериментальные результаты показывают, что изменение структуры молекул путём введения новых структурных элементов приводит к изменению её спектроскопических параметров. Причина изменений спектральных параметров исследованных соединений, по-видимому, связана с изменением электронного окружения колеблющейся группы, которое зависит от природы заместителей. Это связано с изменением конфигурации электронного облака группы при введении радикалов, вследствие которого изменяется силовая константа связи и, следовательно, частота колебания. Этим же фактором обусловлено поляризующее влияние заместителей на равновесное распределение электронов колеблющейся группы [7]. Из введённых структурных элементов наибольшее влияние на равновесную электронную конфигурацию колеблющейся группы оказывают π -электроны бензольного кольца в соединении 2, меньшую – циклогексан и CH_3 , C_2H_5 в соединениях 3 и 4.

Таким образом, на основании спектроскопических результатов можно определить влияние заместителей на перераспределение электронных облаков цикла в целом и его фрагментов в частности. Причина изменений спектральных характеристик исследованных соединений, по-видимому, связана с изменением электронной плотности колеблющейся группы, вызванным изменением электронного и геометрического строения молекул, под действием заместителей разной природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мак Оми Д. Защитные группы в органической химии. – М.: Мир, 1976, 391 с.
2. Яновская Л.А., Юфит С.С., Кучеров В.Ф. Химия ацеталей. – М.: Наука, 1975, 275 с.
3. Нарзиев Б.Н., Муллоев Н.У. – Журнал структурной химии, 2001, т. 42, № 6, с. 1228-1230.
4. Кимсанов Б.Х., Каримов М.Б. Органический синтез на основе глицерина. – Душанбе: Маориф, 1998, с. 198-204.
5. Кимсанов Б.Х., Рахмонкулов Д.Л., Чанышев Р.Р., Хайдаров К.Л., Расулов С.А. Биологические активные производные глицерина. – М.: Химия, 2003, 94 с.
6. Беллами Л. Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул. – М.: Мир, 1971, 318 с.
7. Нарзиев Б.Н. Водородные связи и строение растворов гетероциклических соединений по данным ИК-спектроскопии: Автореф. дисс. докт. физ. мат. н. – Душанбе, 1994, 39 с.

Н.У.МУЛЛОЕВ, Б.Н.НАРЗИЕВ, М.Б.КАРИМОВ, Ч.ЮСУПОВА, С.А.РАСУЛОВ

**ТАЪСИРИ ИВАЗКУНАНДАҶО БА СПЕКТРИ ИНФРАСУРҶИ (ИС)
ҲОСИЛАҶОИ 1,3–ДИОКСОЛАНҶО**

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Характеристикаҳои спектроскопии пайвастагиҳои гетеросиклии ҳосилаҳои 1,3-диоксоланҳо таҳқиқ карда шудааст. Аз рӯи параметрҳои тасмаҳои аналитикӣ ва тағйирёбии онҳо ҳангоми тағйирёбии сохти электронӣ ва геометрии молекулаҳо, таҳлили сохторӣ ва спектралӣ моддаҳои таҳқиқшаванда, гузаронида шудааст.

Калимаҳои калидӣ: 1,3-диоксолан – спектри ИС – ҳосила – эффекти индуксионӣ.

N.U.MULLOEV, B.N.NARZIEV, M.B. KARIMOV, J.USUPOVA, S.A.RASULOV

REPLACEMENT INFLUENCE ON IR-SPECTRA 1,3-DIOKSOLANES

Tajik National University

Spectroscopic characteristics of heterocyclic connections of derivatives dioksolanes are investigated. On parametres of analytical strips and their changes at a variation of electronic and geometrical structure of a molecule, the molecular structural and spectral analysis of the investigated connections is carried out.

Key words: 1,3-dioksolan – IR-spectra – replacement – induction effect.

УДК 542.61:547.775

А.А.АМИНДЖАНОВ, М.И.ДЕГТЕВ*, А.А.ЮМИНОВА*, О.Н.ПОПОВА*

**ДИАНТИПИРИЛАЛКАНЫ – ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕАГЕНТЫ
В РАССЛАИВАЮЩИХСЯ СИСТЕМАХ С БЕНЗОЙНОЙ И
САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТАМИ**

Таджикский национальный университет,

**Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия*

Поступила в редакцию 25.02.2014 г.

Исследована способность диантипирилалканов в присутствии бензойной или салициловой кислоты, а также хлороводородной кислоты и воды образовывать расслаивающиеся системы. Определены оптимальные границы и объёмы расслаивания. Установлен механизм распределения органических и хлороводородной кислот, а также ионов галлия (III) и таллия (III). Согласно составу извлекаемых комплексов, рассчитаны их константы распределения и экстракции. Предложен вариант разделения макроколичеств таллия и галлия.

Ключевые слова: диантипирилалканы – экстракция – бензойная (салициловая) кислота – ионы Ga(III), Tl (III) – константа распределения (экстракции).

Диантипирилметан (ДАМ) и его алкильные гомологи – диантипирилалканы (ДАА) – широкоизвестные экстрагенты [1-4]. Они в равной степени применяются как для выделения и разделения химических элементов, так и для их количественного определения [2,4].

Однокислотные соли ДАА, извлекая металлокомплексные анионы, способствуют расслаиванию хлороформного экстракта на две фазы при добавлении неполярного растворителя [1, 4].

Однако способность таких систем концентрировать микропримеси ионов металлов имеет существенный недостаток – применение летучих и токсичных органических растворителей [1].

Адрес для корреспонденции: Аминджанов Азимджон Алимович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: azimjon51@mail.ru; Дёгтев Михаил Иванович. 614990, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15. E-mail: anchem@psu.ru

В данной работе использовано свойство ДАА образовывать расслаивающиеся системы в присутствии бензойной, салициловой и хлороводородной кислот без органического растворителя.

Экспериментальная часть

В работе применяли ДАМ, пропил- (ПДАМ), бутил- (БДАМ) и гексилдиантипириметан (ГДАМ), которые синтезировали по методу [3]. Бензойную кислоту (БК), салициловую кислоту (СК), а также хлороводородную и серную кислоты, соли KCl , NH_4Cl , $MgCl_2$, $CaCl_2$ использовали марки «чда». Оптимальной концентрацией компонентов (ДАМ, его гомологи, БК и СК), обеспечивающей расслаивание и объём органической фазы (ОФ) 1.8-2.0 мл, оказалась 0.125 моль/л каждого в объёме системы 20 мл.

Расслаивание в системе ДАА — БК (СК) — HCl — H_2O , распределение макроколичеств ионов металлов между фазами проводили в градуированных пробирках на 20 мл с притёртыми пробками. Содержимое пробирок термостатировали на водяной бане при 347-353 К в течение 10 мин, встряхивая по 30 с не менее 4-х раз. После отстаивания фиксировали объём ОФ, рафинат сливали и осуществляли контроль за содержанием ионов металлов комплексонометрически в водной и ОФ отдельно [5].

Изотермы растворимости всех систем исследованы методом сечений при температуре 343 К согласно методике, описанной в работах [6, 7].

Результаты и их обсуждение

Исследования, проведенные ранее [8, 9], показали, что в четырехкомпонентной системе ДАМ — БК — HCl — H_2O область расслаивания находится в разрезах при концентрации хлороводородной кислоты от 3.0 до 4.9 масс.%. При более высоких концентрациях HCl (20.0 и 24.0 масс.%) расслаивание отсутствует. Повышение температуры приводит к увеличению области жидкого двухфазного равновесия. Максимальная область расслаивания (1.4 мл) достигается при концентрации HCl , равной 4.9%, при температуре 353 К.

По аналогии с БК авторами работы [9] рассмотрены разрезы ДАМ — СК при концентрации HCl от 2.0 до 24.0 масс.%.

При концентрации 4.9% HCl область расслаивания значительно шире, чем в случае 2 и 3% HCl , что связано с лучшей растворимостью ДАМ в растворе HCl более высокой концентрации и, как следствие, с повышенной растворимостью СК в хлороводородных растворах ДАМ. При понижении температуры до 298 К область расслаивания уменьшается во всех случаях.

На рис. 1 обозначены фазовые области, которые получены в системе ДАМ — СК — HCl — H_2O .

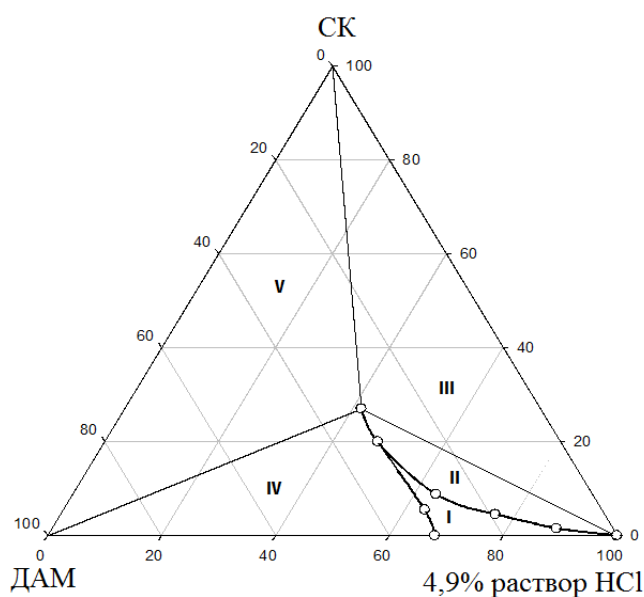


Рис. 1. Изотерма растворимости в системе ДАМ – СК – 4,9% раствор НСІ при 323 К (фазовые области: I – гомогенная, II – равновесия двух жидких фаз (расслаивание), III – равновесия двух жидких и одной твёрдой фазы (монотектика), IV – область кристаллизации ДАМ, V – область кристаллизации твёрдых фаз).

При концентрации НСІ >20.0% разделение фаз не происходит, в тоже время введение в солянокислые растворы ДАМ салициловой кислоты ~ 1 масс.% приводит к образованию гетерогенных растворов с твёрдой фазой.

Таким образом, разделение фаз обнаружено при концентрации хлороводородной кислоты от 3.0 до 4.9 масс.% НСІ. Для обеих органических кислот (ОК) объём нижней «органической фазы» расширяется с ростом температуры. В большинстве случаев ОФ представляет собой вязкую окрашенную жидкость, показатель преломления которой невозможно измерить даже при повышенной температуре.

Если в рассмотренных системах ДАМ заменить на его алкильные гомологи, то область расслаивания увеличивается, начиная с 3%-ного раствора НСІ, в ряду ГДАМ > БДАМ > ПДАМ > ДАМ. При этом БДАМ и, особенно, ГДАМ эффективны и при концентрациях НСІ > 20%, поскольку их двухкислотные соли $R \cdot 2HCl \leftrightarrow R \cdot HCl$ по-прежнему образуют жидкую органическую фазу объёмом 1.8-2.2 мл.

Принимая во внимание значительное влияние НСІ на расслаивание и на объём ОФ, изучено распределение кислот НСІ – БК; НСІ – СК при их совместном присутствии. В качестве органических оснований исследованы ДАМ и его гомолог ГДАМ, обеспечивающий лучшее расслаивание и больший объём ОФ (1.8-2.0 мл). Такая закономерность характерна для систем с бензойной и салициловой кислотами.

В табл. 1 приведены сведения о распределении БК и СК в присутствии 0.5 моль/л НСІ.

Таблица 1

Распределение ОК и HCl в органическую фазу в зависимости от соотношения

R : ОК, моль/л: $C_R = 0.125$; $C_{HCl} = 0.5$; $V_{общ} = 20$ мл

Расслаивающаяся система	$n_R : n_{OK}$	C_{OK} , моль/л	C_{HCl} , моль/л	C_R^* , моль/л
ДАМ – БК – HCl	1 : 1	0.060	0.062	0.003
	1 : 2	0.062	0.062	0.002
	1 : 3	0.064	0.064	0.001
ДАМ – СК – HCl	1 : 1	0.062	0.064	0.001
	1 : 2	0.063	0.062	0.001
	1 : 3	0.066	0.060	0.001
ГДАМ – БК – HCl	1 : 1	0.066	0.064	< 0.001
	1 : 2	0.068	0.063	< 0.001
	1 : 3	0.067	0.064	< 0.001
ГДАМ – СК – HCl	1 : 1	0.068	0.062	< 0.001
	1 : 2	0.070	0.066	< 0.001
	1 : 3	0.070	0.063	< 0.001

* - остаточная концентрация реагента в водной фазе.

Как следует из приведенных данных, вместе с солью $R \cdot HCl$ в органическую фазу извлекаются бензоат и салицилат диантипирилметания или его гомолога – ГДАМ. При этом, чем выше значение pK_{OK} , тем большее её количество переходит в органическую фазу.

Значения $pK_{БК}$ и $pK_{СК}$ равны соответственно 4.21 и 2.97 [5], что и объясняет лучшую экстракцию салициловой кислоты по сравнению с БК. Действительно, приведенные данные табл. 1 подтвердили такую зависимость для ДАМ и ГДАМ. Постоянная концентрация HCl, равная 0.5 моль/л, исследована по той причине, что в этих условиях ДАМ не образует двукислотных солей реагентов $R \cdot 2HCl$.

Экстракция HCl практически одинакова для ДАМ и ГДАМ. Следует отметить, что с увеличением концентрации HCl в водной фазе до 3 моль/л извлечение хлороводородной кислоты в ОФ возрастает в полтора и более раз. При этом экстракция ОК остается без изменения. Приведённые данные дают основание предположить, что в ОФ извлекаются однокислотные соли $R \cdot HCl$ и $R \cdot HOOC C_6H_5$, $R \cdot HOOC C_6H_4OH$. Нельзя также отрицать и образование более сложных соединений, например, $(RH)Cl \cdots (HR)OOC C_6H_5$ и $(RH)Cl \cdots (HR)OOC C_6H_4OH$ за счёт межмолекулярной водородной связи, а также большую экстракцию органических кислот за счёт их физического распределения «подобное растворяется в подобном». Об этом свидетельствуют данные об экстракции кислот из водных растворов HCl, равных 1.0; 2.0 и 3.0 моль/л.

Полученные данные были использованы при изучении распределения ионов галлия (III) и таллия (III) в системах с ДАМ и его гомологами в присутствии растворов HCl и органических кислот (БК, СК). При нагревании до 353 К в исследуемых системах в широком диапазоне концентрации HCl происходит расслаивание водной фазы на две – ОФ и

водную фазу – рафинат. Гомологи ДАМ, например ПДАМ и ГДАМ, образуют ОФ большего объёма, вследствие их большей основности и лучшей протонизации. Зависимость распределения ионов галлия (III) и таллия (III) в системах R – СК – HCl – H₂O (где R – ДАМ, ПДАМ, ГДАМ) приведена на рис. 2.

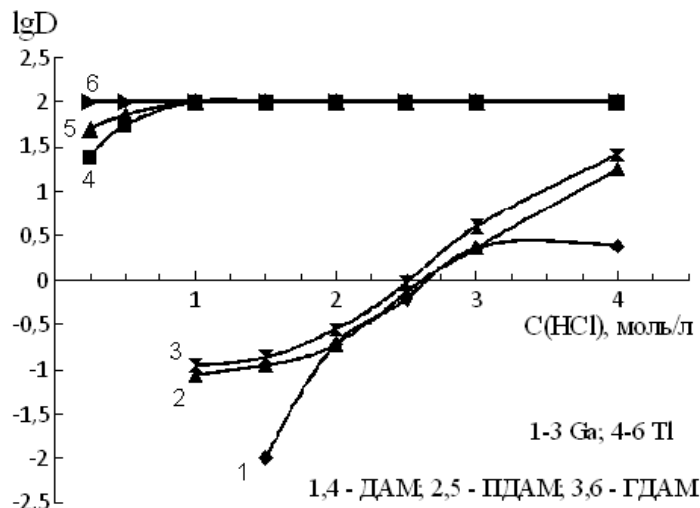


Рис. 2. Зависимость коэффициента распределения ионов Ga³⁺ и Tl³⁺ из растворов HCl в системе ДАА – СК – H₂O (C_{СК} = C_{ДАА} = 0.1 моль/л; C_{Ga(Tl)} = 0.01 моль/л; V_{общ} = 20 мл).

Как следует из рис. 2, экстракция галлия (III) возрастает с увеличением концентрации HCl и достигает максимального значения при C_{HCl} = 3 моль/л. При этом извлечение Ga (III) ДАМ не превышает 70%, для ПДАМ – 92% и ГДАМ – 94%, что коррелирует с данными об экстракции кислот реагентами группы ДАМ.

Экстракция таллия (III) практически количественна при концентрации HCl ≥ 0.20 моль/л, что согласуется с константой нестойкости его хлоридного комплексного иона [TlCl₄]⁻ [5].

Сведения об экстракции ионов галлия (III) и таллия (III) в системе ДАА – БК – HCl – H₂O практически идентичны результатам с СК, что также коррелирует с константой нестойкости его комплексного аниона [GaCl₄]⁻. При этом реагенты большей основности из группы ДАМ обеспечивают максимальный коэффициент распределения ионов металлов, что совпадает с данными об экстракции одноокислотных солей реагентов R·HCl, R·HOOC₆H₅, R·HOOC₆H₄OH.

Из данных рис. 2 следует, что при кислотности HCl, равной 0.25 моль/л, возможно разделение ионов Ga и Tl с коэффициентом разделения S (Tl/Ga) ≥ 99. Следует отметить количественное извлечение ионов таллия (III) в системе ГДАМ – БК – H₂SO₄ – H₂O, содержащих 0.1 моль/л хлорид-ионов, что позволяет считать такую систему ещё более избирательной по сравнению с предыдущими для выделения таллия (III).

Таким образом, молекулы реагентов с алкильными радикалами C₃H₇ (C₆H₁₃) ведут себя одинаково при концентрации HCl, равной 0.25 – 4.0 моль/л. При более высоком со-

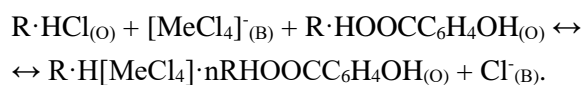
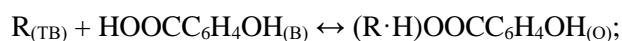
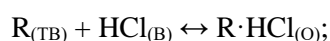
держании HCl наблюдается потеря ПДАМ в связи с переходом в водную фазу его двукислотной соли. ГДАМ в этих условиях преимущественно остается в жидкой ОФ.

Известно, что ацидокомплексы металлов с ДАА не растворимы в воде [1], однако при большом избытке реагента выделение осадков в расслаивающихся системах не наблюдается, то есть комплексы Ga (III) и Tl (III) растворяются в фазе, образованной бензоатной или салицилатной солью реагента. Таким образом, роль бензойной и салициловой кислот в процессах комплексообразования сводится к образованию соли с органическим основанием, которая выполняет роль сольватирующего реагента по отношению к хлоридным ацидокомплексам ионов галлия и таллия. По этой причине и наблюдается сильная зависимость экстракции ионов металлов от концентрации HCl.

Для определения состава распределяемых в ОФ хлоридных комплексов галлия и таллия применяли метод насыщения и химический анализ экстракта на все компоненты. Полученная зависимость $E_{Me, \%} - C_{ГДАМ}$ и результаты химического анализа насыщенного ионом металла реагента показали, что отношение $ГДАМ : Н : Тl : Cl^- = 1 : 1 : 1 : 4$. Такое же соотношение подтверждено и для ионов галлия (III), что свидетельствует об экстракции ацидокомплексов состава $R \cdot H[MeCl_4]$, где R – ГДАМ, Me – Ga, Tl. Предполагаемый состав подтверждён изучением зависимости степени извлечения Ga (III) и Tl (III) от концентрации СК. Действительно, при постепенном насыщении реагента ионом металла содержание СК уменьшается в ОФ на удвоенное количество в молярном отношении перешедшего иона металла в органическую фазу. При этом последняя становится вязкой и наконец переходит в твёрдое состояние при соотношении $R : Me = 1.0-1.2 : 1.0$.

При наличии твёрдой ОФ содержание СК в последней практически отсутствует, что подтверждает её сольватирующую роль в процессе извлечения ацидокомплексов Ga (III) и Tl (III).

Можно предположить, что при комплексообразовании протекают следующие реакции:



Согласно работе [10], были вычислены приближенные значения констант экстракции K_e и констант распределения P хлоридных ацидокомплексов Ga (III) и Tl (III). Расчёты проводились по значениям концентрации хлорид-ионов, обеспечивающей извлечение ионов металлов на 50%, следовательно, константа экстракции может быть вычислена по формуле $K_e = 1/([Cl^-]_{1/2})^n$, а константа распределения по уравнению $P = K_e \cdot K_d$, где K_d – константа диссоциации комплексов галлия и таллия в водной фазе.

Результаты расчёта значений K_e , lgP и величин $[Cl^-]_{1/2}$, $[ГДАМ]_{1/2}$ для комплексов галлия (III) и таллия (III) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сведения о константах экстракции, распределения, значениях $[Cl^-]_{1/2}$, $[ГДАМ]_{1/2}$ и составе извлекаемых ацидокомплексов Ga (III) и Tl (III) в присутствии БК

Определяемый показатель	Комплексный ион	
	$[GaCl_4]$	$[TlCl_4]$
C(ГДАМ), моль/л	0.125	0.100
C(Me^{3+}), моль/л	0.120	0.099
C(H^+), моль/л	0.126	0.110
C(Cl^-), моль/л	0.50	0.44
$[Cl^-]_{1/2}$	0.104	0.014
$[ГДАМ]_{1/2}$	0.017	0.010
K_e	3600	1200
lgP	0.28	6.80

Необходимо подчеркнуть, что определённые таким образом константы имеют приближенный характер, так как не учитывается сольватирующая составляющая соли реагента. Вместе с тем можно утверждать, что устойчивость комплексов зависит от прочности связи между компонентами реакции и константами распределения комплексов. Последняя зависимость имеет большое значение и объясняет, например, высокую степень экстракции хлоридного комплекса таллия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диантипирилметан и его гомологи как аналитические реагенты – Ученые записки Перм. ун-та. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1974, №324, 280 с.
2. Петров Б.И. – Журн. аналит. химии, 1983, т. 38, №11, с. 2051-2077.
3. Дегтев М.И., Аликина Е.Н. Физико-химические свойства антипирина и его производных – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2009, 174 с.
4. Дегтев М.И., Попова О.Н. Экстракция ионов металлов диантипирилметаном и его аналогами – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2012, 273 с.
5. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии – М.: Химия, 1967, 390 с.
6. Журавлев Е.Ф. – Учен. зап. Молотовск. ун-та, 1954, т.8, с. 3-14.
7. Крупаткин И.Л. – Журн. общ. химии, 1957, т. 27, с. 567-573.
8. Порошина Н.В. Изучение закономерностей жидкофазных и экстракционных равновесий в системах вода – производное антипирина – бензойная кислота: Автореф. дисс. ... к. х. н. – Пермь, 2006, 20 с.
9. Дегтев М.И., Рогожников С.И., Попова О.Н. Экстракция в расслаивающихся системах антипирина и его производных. Антипирин и диантипирилалканы как экстракционные реагенты – Германия: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2013, 115 с.
10. Бабко А.К., Шевчук А.К., Дегтяренко Л.И. – Труды Комис. по аналит. химии АН СССР, 1963, т. 14, с. 148-153.

А.А.АМИНҶОНОВ, М.И.ДЕГТЕВ*, А.А.ЮМИНОВА*, О.Н.ПОПОВА*
**ДИАНТИПИРИЛАЛКАНҲО – РЕАГЕНТҲОИ САМАРӢ ДАР СИСТЕ-
МАҲОИ БАҚАБАТҶУДОШАВӢ БО КИСЛОТАҲОИ БЕНЗОАТ ВА СА-
ЛИТСИЛАТ.**

*Донишгоҳи миллии Тоҷикистон,
Донишгоҳи давлатии миллии таҳқиқотии Перм, Россия

Қобилияти дар ҳузури тезоби салитсил, инчунин тезоби хлороҳидроген ва об ҳосил кардани системаҳои бақабатҳо тақсимшаванда аз ҷониби диантипирилалканҳо таҳқиқ шудааст. Ҳудудҳои оптималӣ ва ҳаҷми бақабатҷудошавӣ муайян карда шудаанд. Механизми тақсимшавии тезобҳои органикӣ, тезоби хлороҳидроген, инчунин ионҳои галлий (III) ва таллий (III) муқаррар карда шудааст. Мувофиқи таркиби комплексҳои ҷудокардамешуда соbitаҳои тақсимшавӣ ва экстраксияи онҳо ҳисоб карда шудаанд. Тариқи ҷудокунии макромикдорҳои таллий ва галлий пешниҳод гардид.

Калимаҳои калидӣ: диантипирилалканҳо – экстраксия – кислотаи бензоат (салисил) – ионҳои Ga(III), Tl (III) – соbitаи тақсимшавӣ (экстраксия).

A.A.AMINJANOV , M.I.DEGTEV* , A.A.YUMINOVA* , O.N.POPOVA*
**DIANTIPYRILALKANES AS EFFECTIVE REAGENTS
IN THE SEGREGATING SYSTEMS CONTAINING BENZOIC ACID AND
SALYCILIC ACID**

*Tajik National University,
Perm State National Research University

The ability of diantipyrilalkanes to form the segregating systems in the presence of benzoic or salicylic acid, hydrochloric acid and water was investigated. The optimal limits and volumes of delamination were determined. The distribution mechanism of organic acids and hydrochloric acid as well as gallium (III) ions and thallium (III) ions was found. According to the composition of the extracted complexes partition and extraction constants were calculated. The method of the separation of macro-quantities of thallium and gallium ions was suggested.

Key words: diantipyrilalkanes – extraction – benzoic (salicylic) acid – Ga(III), Tl (III) ions – partition (extraction) constant.

УДК 521.633

У.М.МИРСАИДОВ, П.М.ЯТИМОВ, Э.Д.МАМАТОВ, З.В.КОБУЛИЕВ, А.КУРБОНБЕКОВ

ХЛОРИРОВАНИЕ КОНЦЕНТРАТА ДАНБУРИТА

Институт химии им.В.И.Никитина АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 02.10.2013 г.

В статье приведены результаты хлорирования концентрата данбурита и предложены оптимальные параметры переработки руд.

Ключевые слова: концентрат данбурита – переработка – хлорирование.

В работах [1-3] подробно описано хлорное разложение минерального сырья. Метод хлорирования можно применять для концентрата данбурита Ак-Архарского месторождения Таджикистана.

Целью данной работы является изучение процесса хлорирования концентрата данбурита и установление оптимальных параметров процесса.

Процесс хлорирования проводили по методике работы [4] и средний расход хлора составлял 65-80 мл/мин. Продукт хлорирования поглощали водой и в растворе определяли содержание бора, алюминия, железа и кальция [5].

Результаты рентгенофазового анализа концентрата данбурита приведены на рис.1 и 2.

Влияние температуры на степень хлорирования оксидов, входящих в состав концентрата данбурита, исследовали в пределах 500-800°C при длительности процесса 1 ч (рис.2а). Содержание восстановителя в шихте составляло 0.30%, крупность породы и угля одинаковая – не более 0.1 мм. При температуре 800°C степень хлорирования оксидов составила (мас%): Fe₂O₃ – 72.54, В₂O₃ – 38.4 и СаО – 18.25 соответственно.

Адрес для корреспонденции: Маматов Эргаш Джумаевич. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: ergash76@mail.ru.

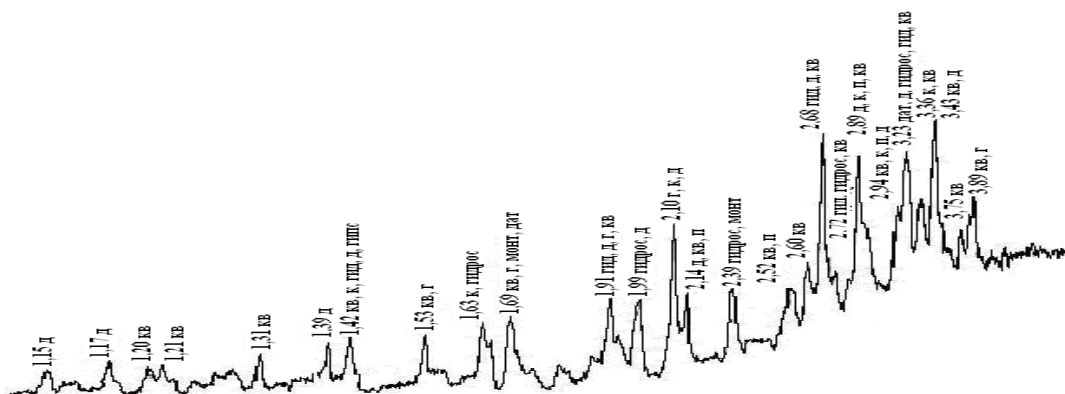


Рис.1. Рентгенограмма концентрата данбурита: кв – кварц, к – кальцит, г – гранат, д – данбурит, дат – датолит, а – аксинит, п – пироксены, гидрос – гидрослюда, гид – гидроборацит, монт – монтмориллонит.

Продолжительность процесса. Результаты влияния продолжительности процесса на хлорирование оксидов (Fe_2O_3 , B_2O_3 , Al_2O_3 и CaO), входящих в состав концентрата данбурита, приведены на рис.2б. Интервал времени менялся от 15 до 120 мин. Постоянными параметрами были: размер частиц – 0.1 мм, температура – 750-800°C и содержание восстановителя – 20-30%. Как показывают результаты опытов, через 30 мин после начала хлорирования степень извлечения оксидов составляет (в %): Fe_2O_3 – 42.05; B_2O_3 – 17.36; CaO – 12.02 и Al_2O_3 – 7.8. Максимальное извлечение оксидов наблюдается при продолжительности хлорирования 60 мин и составляет (в %): Fe_2O_3 – 70.54, B_2O_3 – 36.8, CaO – 18.52 и Al_2O_3 – 15.8.

Влияние дозировки угля в шихте на хлорирование концентрата данбурита изучали при 800°C в течение 1 ч. Содержание угля изменялось от 10 до 50%. При увеличении количества активированного угля до 30% степень хлорирования оксидов железа, бора, алюминия и кальция резко повышается, достигая (в %): Fe_2O_3 – 72.4, B_2O_3 – 38.5, CaO – 18.22 и Al_2O_3 – 16.78 (рис.2в). Установлено, что количество угля в шихте оказывает существенное влияние на степень хлорирования оксидов. При увеличении содержания угля в шихте от 30% и выше степень хлорирования оксидов изменяется незначительно.

Таким образом, в результате проведенных исследований для хлорирования данбурита можно рекомендовать следующие условия: температура хлорирования – 650-700°C, продолжительность процесса – 60 мин, содержание восстановителя – 25-30% и размер частиц – 0.1 мм.

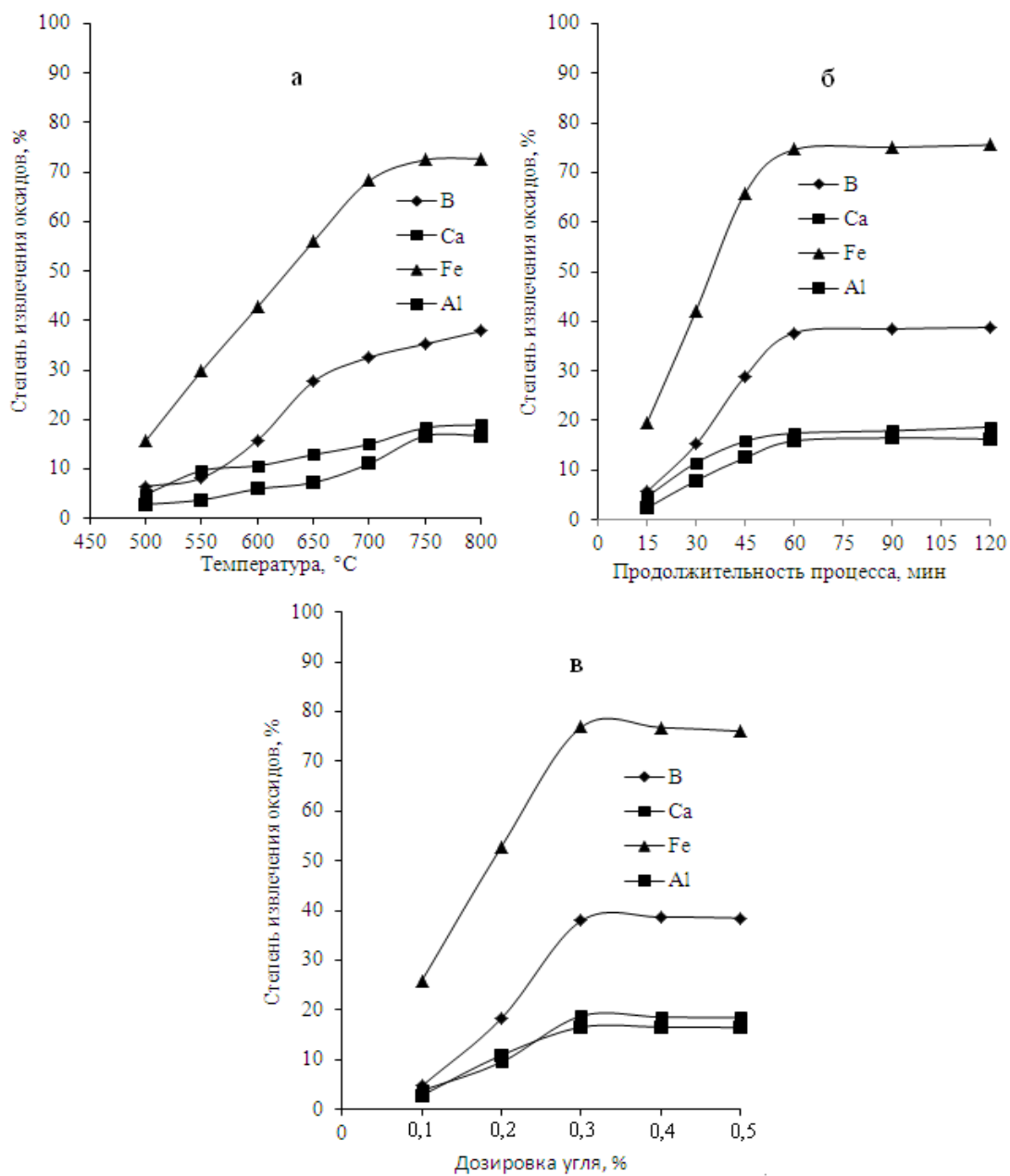


Рис. 2. Зависимость степени извлечения оксидов (B_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и CaO) от температуры (а), продолжительности процесса (б) и концентрации восстановителя (в) при хлорировании концентрата данбурита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирсаидов У.М., Сафиев Х.С. Комплексная переработка низкокачественного алюминийсодержащего сырья. – Душанбе: Дониш, 1998, 238 с.
2. Морозов И.С. Применение хлора в металлургии редких и цветных металлов. – М.: Наука, 1966, 253 с.
3. Фурман А.А., Рабовский Б.Г. Основы химии и технологии безводных хлоридов. – М.: Химия, 1970, 256 с.

4. Маматов Э.Д., Ашуров Н.А., Курбонов А.С., Ятимов П., Мирсаидов У.М. Солянокислотное разложение данбурита месторождения Ак-Архар. – ДАН РТ, 2008, т.51, №6, с.423.
5. Гиллебранд В.Ф., Лендель Г.Э., Брайт Г.Ф., Гофман Д.И. Практическое руководство по неорганическому анализу. – М.:Госхимиздат, 1957, 110 с.

Ў.М.МИРСАИДОВ, П.М.ЯТИМОВ, Э.Д.МАМАТОВ, З.В.КОБУЛИЕВ,
А.ҚУРБОНБЕКОВ

ХЛОРОНИДАНИ КОНСЕНТРАТИ ДАНБУРИТ

Институту химияи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола натиҷаҳои хлоронидани концентрати данбурит ва параметрҳои муносиби коркарди маъданҳо пешниҳод карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: концентрати данбурит – коркард – хлоронидан.

U.M.MIRSAIDOV, P.M.YATIMOV, E.D.MAMATOV, Z.V.KOBULIEV, A.KURBONBEKOV

CHLORINATION OF DANBURITE CONCENTRATE

V.I.Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

The results of chlorination of danburite concentrate are presented in this work. The optimal parameters of ores reprocessing are proposed.

Key words: danburite concentrate – reprocessing – chlorination.

УДК 547.841

Э.Х.ПУЛАТОВ, М.Д.ИСОБАЕВ, Б.Г.МАВЛОНОВ, И.У.ФАЙЗИЛОВ*

**АМИНОНИТРИЛЫ В ПОСТРОЕНИИ ТИАЗОЛИДИНОВЫХ
ГЕТЕРОЦИКЛОВ**

*Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан,
*Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино
Поступила в редакцию 05.03.2014 г.*

Последовательным взаимодействием метилэтилкетона, α -оксикетонов и этоксиэфира α -оксикетонов с синильной кислотой и аммиаком получены амино- и этоксиаминонитрилы и циклические оксетанаминоимины. Полученные соединения при взаимодействии с сероуглеродом образуют иминотиазолидинтионы и аминооксетантиазолидинтионы.

Ключевые слова: метилэтилкетон – оксикетоны – этоксикетоны –аминонитрилы – этоксиаминонитрилы – аминооксетанимины – иминотиазолидинтионы – сероуглерод – аминооксетантиазолидинтионы.

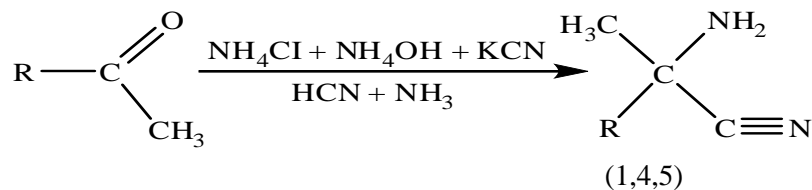
Полученные в наших предыдущих работах пятичленные гетероциклы - фенилиминотиазолидины и тиазолидинтионы являются интересными объектами для исследования реакционной способности эндоциклического атома азота [1] тиокарбонильного углеродного центра [2], а также экзоциклической метиленовой части тиазолидинового гетероцикла [3]. Было также показано, что расширение пятичленного цикла до шестичленного возможно при взаимодействии тиазолидинтионов с гидразингидратом [2,3].

Данные тиазолидинтионы синтезируются многостадийно, начиная с ацетиленовых спиртов и по методу Хинниона-Тича [4,5] через промежуточную стадию получения хлорпроизводных ацетиленовых спиртов, ацетиленовых аминов и взаимодействие с сероуглеродом. Основная проблема использования данной схемы реакции состоит в малом выходе продуктов на стадии получения аминокпроизводных ацетиленовых спиртов.

В данной работе предпринята попытка разработать альтернативный вариант синтеза аналогов тиазолидинтионов исходя из метилэтилкетона, α -оксикетонов и этоксиэфи-

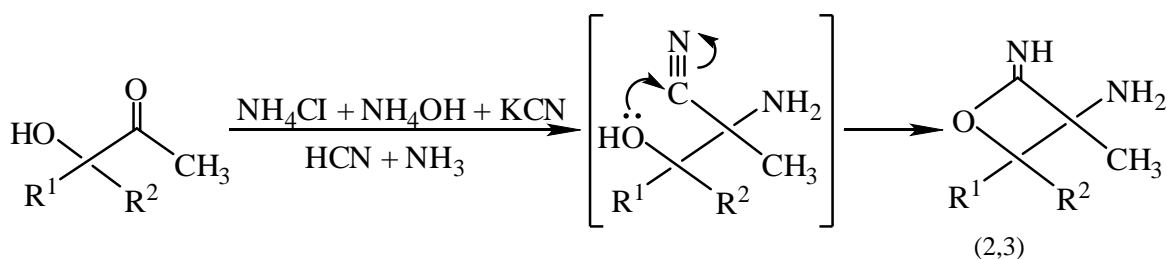
Адрес для корреспонденции: Исобаев Музафар Джумаевич. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: coordin@yandex.ru

ра α -оксикетонов, путём вовлечения их во взаимодействие с синильной кислотой и аммиаком и дальнейшим взаимодействием их с сероуглеродом.



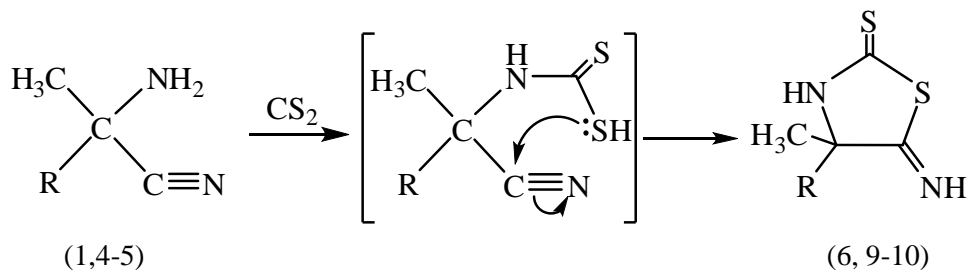
R = -C₂H₅ (1); -C(CH₃)₂-OC₂H₅ (4); -(CH₃)C(C₂H₅)-OC₂H₅ (5).

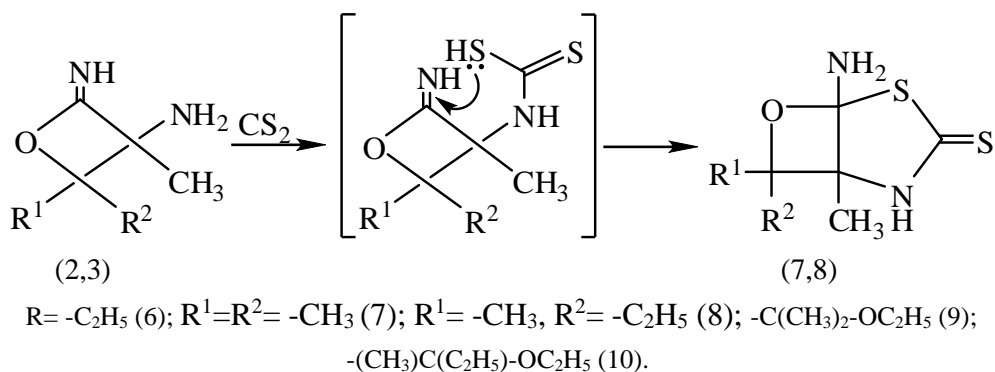
Исходные α -окси- и этоксикетоны получены путём гидратации по Кучерову ацетиленовых спиртов [6] и их этоксиэфиров [7]. Полученные amino- и этоксиаминонитрилы (1,4,5) характеризуются наличием в ИК-спектре полос поглощения в области 3500, 2990-2910, 2240 см⁻¹, соответствующих NH₂-, C₂H₅O- и CN- группам. В случае α -оксикетонов в ИК-спектре полосы поглощения при 3600 и 2240 см⁻¹, соответствующие OH и CN группам, отсутствуют, а проявляются полосы поглощения в области 1137-1121, 1062 и 3400, 1688 см⁻¹, отнесённые к эндоциклической C-O-C и экзоциклической C=NH связям, образующим новые циклические соединения аминоксетаниминов (2,3), как указано на схеме:



R¹=R²= -CH₃ (2); R¹= -CH₃, R²= -C₂H₅ (3).

Указанные аминоксетанимины образуются из оксиаминонитрилов путём внутримолекулярного взаимодействия атома кислорода гидроксильной группы с углеродом нитрильной группы по аналогичному с [8] механизму. Выход amino- и этоксиаминонитрилов (1,4,5) и аминоксетаниминов (2,3) составляет от 60 до 95%, все они прозрачные жидкости. Некоторые из них обладают слабым запахом синильной кислоты. Полученные соединения выделены путём экстрагирования эфиром из реакционной среды. На основе выделенных эфиров amino- и этоксиаминонитрилов (1,4,5) и циклических аминоксетаниминов (2,3), путём взаимодействия с сероуглеродом получены иминотиазолидинтионы (6,9,10) и аминоксетантиазолидинтионы (7,8) в соответствии со схемой:





Полученные иминотиазолидинтионы (6,9,10) и аминоксетан-тиазолидинтионы (7,8) являются кристаллическими веществами жёлтого цвета. Для реакции циклических аминоксетаниминов с сероуглеродом требуется каталитическое количество пиридина, так как эндоциклический иминокарбонильный атом углерода по электрофильности уступает нитрильному и требует некоторой активации переходного состояния за счёт пиридина.

В ИК-спектрах соединений (6,9,10) наблюдается исчезновение интенсивных полос поглощения в области 2240, 1690, 3500 см⁻¹, отнесённых к CN, C=N и NH₂ группам для аминонитрилов (1,4,5) и циклическим аминоксетаниминам (2,3) и появление новых полос поглощения в области 1236-1213, 3154-3046, 2914-2842, 1137-1039, 2993-2934 см⁻¹, которые отнесены к валентным колебаниям C=S, NH, NH₂ и C-O-C, C=NH связей. Спектральные характеристики отдельных групп для соединений (1-10) подробно описаны в экспериментальной части.

Экспериментальная часть

ИК-спектры записаны на спектрометре «Perkin-Elmer Spectrum-65», температура плавления определялась на столике типа «Voetius», элементный анализ на приборе «Perkin-Elmer 2400». Способ получения и основные физико-химические характеристики соединений (1-10) приведены ниже.

2-амино-2-цианобутан (1). В коническую колбу ёмкостью 500 мл, погружённую в водяную баню, снабжённую магнитной мешалкой и обратным холодильником, помещали 100 мл концентрированного раствора аммиака, 29.42 г (550 ммоль) NH₄Cl и насыщенный раствор из 36 г (550 ммоль) KCN и при перемешивании прикапывали 39.6 г (550 ммоль) метилэтилкетона. Нагревали 5 часов при 50-60°C. После охлаждения аминонитрил экстрагировали дважды диэтиловым эфиром и высушивали над поташом. После отделения эфира, путём вакуумной разгонки получали соединение (1). Т. к. в. =80°C/10 мм, n_D²⁰=1.4241. Выход 35.03 г (65%). R_f= 0.54 (сп). C₅H₁₀N₂.

ИК-спектры ν, см⁻¹ 1135 и 1388-1366 см⁻¹ C-C; 3200 см⁻¹ NH₂; 2235 см⁻¹ CN.

2-имино-3-амино-3,4,4-триметил-2,4-дигидрооксетан (2). Получен из 56.1 г (550 ммоля) 3-метил-3-гидроксибутанона-2 аналогично (1). Т. к. в. =70°C/5 мм. $n_D^{20}=1.4350$. Выход 42.24 г (60%). Rf=0.68(сп). $C_6H_{12}N_2O$.

ИК-спектры $\nu, \text{см}^{-1}$ 1135, 1354-1336 см^{-1} C-C; 1137-1062 см^{-1} C-O-C цикл; 3200 и 2970 см^{-1} NH_2 и C=N.

2-имино-3-амино-3,4-диметил-4-этил-2,4-дигидрооксетан (3). Получен из 63.8 г (550 ммоля) 3-метил-3-гидроксибутанона-2 аналогично (1). Т. к. в. =70°C/5 мм. $n_D^{20}=1.4350$. Выход 42.24 г (60%). Rf=0.64 (сп). $C_7H_{14}N_2O$.

ИК-спектры $\nu, \text{см}^{-1}$ 1136, 1352-1316 см^{-1} C-C; 1139-1064 см^{-1} C-O-C цикл; 3150 и 2975 см^{-1} NH_2 и C=N.

2-амино-2-циано-3-метил-3-этоксипентан (4). Получен из 71.5 г (550 ммоля) 3-метил-3-этоксипентанона-2 аналогично (1). Т. к. в. =60°C/5 мм. $n_D^{20}=1.4250$. Выход 77.22 г (90%). Rf=0.58 (сп). $C_8H_{16}N_2O$.

ИК-спектры $\nu, \text{см}^{-1}$ 1388-1367 см^{-1} C-C; 2990 см^{-1} C-O; 3200 см^{-1} NH_2 ; 2240 см^{-1} CN.

2-амино-2-циано-3-метил-3-этоксипентан (5). Получен из 79.2 г (550 ммоля) 3-метил-3-этоксипентанона-2 аналогично (1). Т. к. в. =55°C/5 мм. $n_D^{20}=1.4260$. Выход 88.82 г (95%). Rf=0.59 (сп). $C_9H_{18}N_2O$.

ИК-спектры $\nu, \text{см}^{-1}$ 1382-1357 и 2368-2354 см^{-1} C-C; 2870 см^{-1} C-O; 3180 см^{-1} NH_2 ; 2236 см^{-1} CN.

4-метил-4-этил-5-иминогиазолидин-2-тион (6). В круглодонную колбу вместимостью 250 мл поместили 0.98 г (10.0 ммоль) 2-амино-2-цианобутана (1) и каталитическое количество пиридина. Реакционную смесь растворяли в 100 мл 96%-ного спирта и прибавляли по каплям спиртовой раствор сероуглерода из расчёта 0.76 г (10.0 ммоля) и кипятили 6 ч. Продукт осаждали 20 мл ледяной воды, отфильтровали и перекристаллизовывали из ДМСО. Выход 1.29 г (74%), т. пл. 140°C.

Найдено, %: C 41.31; H 5.69; N 16.02; S 36.71. $C_6H_{10}N_2S_2$.

Вычислено, %: C 41.38; H 5.75; N 16.09; S 36.78.

ИК-спектры $\nu, \text{см}^{-1}$ 1134, 1387-1364 см^{-1} C-C; 1272-1236 см^{-1} C=S; 3098 и 1426 см^{-1} NH; 1541 см^{-1} N-C(S); 2934 см^{-1} C=N; 753 см^{-1} C-S.

5'-амино-4,4,4'-триметил-3,4,4',5'-тетрагидрооксетано-[4,5d]-гиазолидин-2-тион (7). Получен из 1.28 г (10.0 ммоля) 3-амино-4-имино-2,2,3-триметил-2,4-дигидрооксетана (2) аналогично (6). Выход 1.26 г (62%), т. пл. 264°C.

Найдено, %: C 41.12; H 5.82; N 13.66; S 31.31. $C_7H_{12}N_2S_2O$.

Вычислено, %: C 41.18; H 5.88; N 13.72; S 31.37.

ИК-спектры $\nu, \text{см}^{-1}$ 1134 и 1356-1320 см^{-1} C-C; 1265-1216 см^{-1} C=S; 3054 и 1426 см^{-1} NH; 3160 см^{-1} NH_2 ; 1542 см^{-1} N-C(S); 1064-1038 см^{-1} C-O-C цикл; 2912-2838 см^{-1} O-C-N; 716 см^{-1} C-S;

5'-амино-4,4'-диметил-4-этил-3,4,4',5'-тетрагидрооксетано-[4,5d]-тиазолидин-2-тион (8). Получен из 1.42 г (10.0 ммоль) 3-амино-4-имино-2,3-диметил-2-этил-2,4-дигидрооксетана (3) аналогично (6). Выход 1.57 г (72%), т. пл. 258°C.

Найдено, %: С 41.12; Н 5.82; N 13.66; S 31.31. $C_8H_{14}N_2S_2O$.

Вычислено, %: С 41.18; Н 5.88; N 13.72; S 31.37.

ИК-спектры ν , cm^{-1} 1137 и 1354-1318 cm^{-1} C-C; 1285-1236 cm^{-1} C=S; 3058 и 1420 cm^{-1} NH; 3154 cm^{-1} NH₂; 1541 cm^{-1} N-C(S); 1062-1039 cm^{-1} C-O-C цикл; 2914-2842 cm^{-1} O-C-N; 700 cm^{-1} C-S;

4-метил-4-(2-этокси)пропил-5-иминотиазолидин-2-тион (9). Получен из 1.56 г (10.0 ммоль) 2-амино-2-циано-3-метил-3-этоксипентана (4) аналогично (6). Выход 1.97 г (85%), т. пл. 254°C.

Найдено, %: С 46.49; Н 6.78; N 12; S 27.49. $C_9H_{16}N_2S_2O$.

Вычислено, %: С 46.55; Н 6.89; N 12.06; S 27.58.

ИК-спектры ν , cm^{-1} 1135 и 1386-1365 cm^{-1} C-C; 1215-1186 cm^{-1} C=S; 3070 и 1421 cm^{-1} NH; 1546 cm^{-1} N-C(S); 2862 cm^{-1} C-O; 2960 cm^{-1} C=N; 770 cm^{-1} C-S;

4-метил-4-(2-этокси)бутил-5-иминотиазолидин-2-тион (10).

Получен из 1.60 г (10.0 ммоль) 2-амино-2-циано-3-метил-3-этоксипентана (5) аналогично (6). Выход 2.16 г (88%), т. пл. 262°C.

Найдено, %: С 48.71; Н 7.24; N 11.31; S 25.94. $C_{10}H_{18}N_2S_2O$.

Вычислено, %: С 48.78; Н 7.31; N 11.38; S 26.01.

ИК-спектры ν , cm^{-1} 1384-1357 и 2369-2355 cm^{-1} C-C; 1213-1183 cm^{-1} C=S; 3075 и 1420 cm^{-1} NH; 1604 cm^{-1} N-C(S); 2868 cm^{-1} C-O; 2993 cm^{-1} C=N; 776 cm^{-1} C-S;

ЛИТЕРАТУРА

1. Исобаев М.Д., Пулатов Э.Х. – Изв. РАН, 1996, №12, с.2968-2970.
2. Пулатов Э.Х., Исобаев М.Д. – ДАН РТ, 2007, т.50, №5, с. 442-445.
3. Safarov S., Pulatov E.Kh., Kukaniev M.A., H. Kolshorn and H. Meier – J.Heterocyclic Chem., 2009, v.46, pp.552-554.
4. Hennion G.F., Boisseffe A.P. – J.Org.Chem., 1961, v.26, №3, p.725.
5. Hennion G.F., Teach E.G. – J.Am.Chem.Soc., 1953, v.75, pp.1653-1658.
6. Scheibler H., Fischer A. – Ber. 1922, v.55, p.2903.
7. Hennion G.F., Boisseffe A.P. – J.Org.Chem., 1961, v. 26, №8, p.2677.
8. Скворцов Ю.М., Малькина А.Г. и др. – ЖОрХ, 1981, т.17, №4, с. 884-885.

Э.Х.ПУЛАТОВ, М.Д.ИСОБАЕВ, Б.Г.МАВЛОНОВ, И.У.ФАЙЗИЛОВ*

АМИНОНИТРИЛҶО ДАР СОХТАНИ ГЕТЕРОСИКЛҶОИ ТИАЗОЛИДИНИ

Институти химияи ба номи В.И.Никитини

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,

**Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абӯалӣ ибни Сино*

Пайдарпай боҳамтаъсиркунии метилэтилкетон, α -оксикетонҳо ва этоксиэфирҳои α -оксикетонҳо бо кислотаи синили ва аммиак амина- ва этоксиаминонитрилҳо ва оксетанаминоиминҳои халқагӣ ҳосил карда шуд. Пайвастагиҳои ҳосилшуда ҳангоми боҳамтаъсиркунии бо карбосульфид иминотиазолидинтионҳо ва аминооксетантиазолидинтионҳо ҳосил менамояд.

Калимаҳои калидӣ: метилэтилкетон – оксикетонҳо – этоксикетанҳо – аминонитрилҳо – карбосульфид – аминооксетаниминҳо – иминотиазолидинтионҳо – оксетанаминотиазолидинтионҳо.

E.KH.PULATOV, M.J.ISOBAEV, B.G.MAVLONOV, I.U.FAYZILOV*

AMINONITRILES IN THE CONSTRUCTING OF THIAZOLIDINES HETEROCYCLE

V.I.Nikitin Institute of Chemistre, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

**Abuali ibn Sino Tajik State Medical University*

By interaction of methyl ethyl ketone, α -hydroxy ketones and ethoxyether of α -hydroxy ketones with hydrocyanic acid and ammonia derived amino and ethoxyaminonitrile and cyclic aminoxytaneimine. The compounds were obtained by reaction of received product with carbon disulfide to form iminothiazolidinthiones and aminoxythanethiazolidinthiones.

Key words: methylethylketone – oxyketones – ethoxyketones – aminonitriles – carbondisulfite – aminooxetanamines – iminothiazolidinthiones – anaminoxethanthiazolidine thiones.

УДК 551.21

Ф.А.МУХИДИНОВ

ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА
СТРОИТЕЛЬСТВА ТУННЕЛЯ «ЧОРМАГЗАК»

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 14.06.2013 г.

В работе рассматриваются основные разрывные нарушения и некоторые важные тектонические структуры территории района строительства туннеля «Чормагзак».

Ключевые слова: неотектоника – тектоника – туннель – структура – синклираль – антиклираль – надвиг.

Рассматриваемая территория является частью Таджикской депрессии. Большинство исследователей она классифицируется как эпиплатформенная органическая область. Окончательное формирование характеризуемой структуры связано с четвертичными тектоническими движениями.

Согласно схеме тектонического районирования [1], здесь выделяются Яванский и Яхсуйский синклинории, разграниченные Вахшским антиклинорием. Эти крупные структурные элементы объединяют большую серию сложно построенных линейных антиклинальных и синклинальных складок, надвинутых друг на друга по крупным разрывным нарушениям.

Вахшский антиклинорий имеет чёткое геоморфологическое выражение в рельефе. Характеризуемая структура вытянута в меридиональном направлении и орографически соответствует хребтам: Сурхку, Тианскому, Каратау, Санглаку, Сарсаряку и др. Структура погружается в юго-западном направлении. Северной его границей является Илякский надвиг. С востока от Яхсуйского и с запада от Яванского синклинориев он ограничен Вахш-Джалантауским и Каратаускими разрывами. Северной части антиклинория харак-

Адрес для корреспонденции: Мухидинов Файзали Абдукаримович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет.
E-mail: saidov-mirzo@mail.ru

терно очень сложное складчато-чешуйчатое строение с выходами глинисто-гипсовых отложений.

В пределах Вахшского антиклинория выделяются две группы и четыре линии структур. Первая группа складок находится на границе трёх тектонических зон: Яванско-го синклинория, Кафирниганского антиклинория и Гиссарской долины. Эта группа объединяет Найдариинскую, Чагатайскую, Сангпарскую, Чапсолинскую, Ширбибинскую, Тианскую, Кавдонскую гомоклинали и Богимоимскую синклинали, часто именуемых Сангпарским узлом складчатости [2].

Разрывные нарушения территории района туннеля «Чормагзак» разграничивают и осложняют складчатые формы. В генетическом отношении они имеют много общих черт с более крупными разрывными элементами, такими как Илякский, Вахшский, Гулизинданский, Ионахшский и некоторыми др. Морфология разрывных нарушений зависит от характера складчатых форм, их ориентировка находится в соответствии с основным направлением структурных элементов. В пределах района разрывы по морфологии представлены надвигами, взбросами, сбросами и сдвигами. Сместители этих разрывов падают к юго-востоку, а в других на северо-запад. Часто сдвиговые перемещения происходят в северо-западном направлении. Наклоны разрывов, как правило, самые различные - от 30° до 50-60° и более. Некоторые из разрывов в приповерхностных частях имеют в поперечном сечении козырьковую форму. По разрывам устанавливаются вертикальные и горизонтальные движения. Ниже остановимся на наиболее представительных разрывных нарушениях характеризуемого района.

Илякский разлом прослеживается вдоль северной части хребтов Тиана и Сурхку и состоит из серии разрывов, простирания которых совпадают с главным направлением нарушения. Сместитель разрыва у поверхности полого (25-30°) падает на юго-восток, а угол падения разлома по геофизическим данным с глубиной увеличивается до 75-85°. Подобная картина наблюдается в глубоких саях, прорезающих северо-западный склон Сурхку и северо-восточный склон Тианского хребта. Морфологическая квалификация характеризуемого разлома в приповерхностной части и на глубине не одинакова. Если рассмотреть нарушение по положению палеозойского фундамента, то устанавливается сброс южного крыла с амплитудой величиной первых километров. По верхним горизонтам осадочного чехла наблюдается обратная картина взброса южного (депрессионного) крыла [3,4]. Разлом на большей части перекрыт под чехлом четвертичных образований. В ряде случаев вдоль разлома наблюдаются крупные перемещения коренных пород мезозоя. Перемещения крупных блоков коренных пород на большом протяжении свидетельствует об активности зоны Илякского нарушения. Перемещение пород происходило неоднократно и в настоящее время эти образования наложены друг на друга.

Чормагзакский взбросо-надвиг прослеживается на контакте известняков бухарского возраста с сузакскими глинами палеоцена. Разлом имеет северо-восточное и юго-западное простирание, почти совпадает с направлением простирания выше-указанных

пород. Вдоль разлома карбонатные породы, залегающие в основании палеогенового разреза, сильно раздроблены и превращены в тектоническую брекчию. Породы сильно трещиноваты и кавернозны. Трещины имеют различную ориентировку. Представления о природе этих пород имеют дискуссионный характер. Некоторые исследователи их относят к олистостромам, то есть к некоренным образованиям. Глины сузакского возраста вдоль трассы разлома на участке образуют опрокинутые складки, являющиеся северным крылом Богимоимской синклинали. Падение пород в северном крыле - южное ($50-60^\circ$). В подминаемой толще палеогена часто развивается опрокинутая синклиналь, обращённая к северу. Сместитель разлома наклонен к северу под углом $55-60^\circ$. Амплитуда надвига составляет несколько сотен метров. Местами происходит ответвление более мелких разрывов, отчлениющихся от главного разлома. Эти разрывы осложняют структуры Ширбибинской гомоклинали.

Кавданский взбросо-надвиг срезает породы одноименной антиклинали. Амплитуда смещения по данному разлому составляет первые километры. Он прослеживается в пределах синклинали Сурхку на расстоянии 11 км и причленяется на севере к Илякскому надвигу. По взбросу с крутой плоскостью падения на востоке района отложения верхней юры и мела южного и юго-восточного крыла складки надвинуты на нижне-меловые отложения северного и северо-западного крыла Богимоимской синклинали. Кавдонский взбросо-надвиг имеет северо-восточное и юго-западное простирание. По указанному разрыву приведены в соприкосновение верхнеюрские гипсоносные отложения с породами миоцена. На северо-востоке он срезает разновозрастные слои палеогенового возраста, участвующие в строении Богимоимской синклинали. Вдоль трассы тоннеля «Чормагзак» на участке широкого развития четвертичных отложений (бывший кишлак Намозга) местами из-под лессового покрова обнажаются эоцен-верхне олигоценые отложения, сменяющиеся вверх по разрезу миоценовыми образованиями. Выходы указанных пород приурочены к наиболее пониженным участкам Богимоимской синклинали. По названному разрывному нарушению приведены в соприкосновение породы неогена с верхней юры. Судя по выходам юрских отложений вдоль трассы разлома, эффект надвигания увеличивается в северо-восточном направлении. Амплитуда горизонтальных перемещений достигает более 1,5 км. По Кавдонскому разлбму верхнеюрские породы надвинуты на образования бальджуанской свиты, затем на северо-востоке по данному нарушению происходит надвигание гипсоносной толщи юры на разновозрастные слои палеогена. К зоне разлома приурочены выходы источников, и в этой связи отмечается широкое проявление в данном районе гравитационных образований. От основного разлома ответвляется более мелкие разрывные нарушения. Некоторые разрывы установлены по геоморфологическим признакам, а другие выявлены на основе дешифрирования космофотоматериалов. Все разрывы - молодые, а проявляют свою активность в современную эпоху. Неслучайно данный район является наиболее активным участком в неотектоническом отношении. Поэтому проявления и локализации крупных гравитационных образований обусловлены преж-

де всего неотектоническими и гидрогеологическими факторами. Разрыв на всем своем протяжении падет на юг и юго-восток. В юго-западной части он перекрыт под покровом четвертичных отложений.

Севернее названного нарушения отмечается Ширбибинский взброс, о котором упоминалось выше при описании Богимоимской синклинали.

Зардолинская система разрывов взбросово-надвигового характера протягивается субпараллельно друг другу и прослеживается в северной части района. С ними связаны выходы терри генно-гипсоносные образования гаурдакской свиты. Среди характеризующей системы разрывов выделяются следующие нарушения: Северо-Зардолинский, Центральнo-Зардолинский и Южно-Зардолинский.

Имеются мелкие разрывные нарушения, осложняющие структуру окраинной части Сангпарского тектонического узла.

Северо-Зардолинский разрыв прослеживается в северной части одноимённого кишлака. Он чётко выражен на контакте малиново-красных песчаников. На местности он выражен седловидными понижениями и к зоне разрыва приурочены многочисленные выходы источников, а также в целом он отличается прямолинейным характером трассы разлома. Северное крыло разрыва сложено глинисто-гипсоносными образованиями верхней юры. Они занимают огромные площади и одевают северную часть склона Тианского хребта в виде покрова. Нам представляется, что они как бы «плавают», или «растекаются» по всей площади. Углы падения пород разные, поскольку иногда описанные породы находятся не в коренном залегании.

В одних случаях они полого (12-15°) дислоцированы, в других падение пород достигает более 50°. В зоне контакта красновато-малиновые породы сильно раздроблены и разбиты на мелкие трещины разной ориентировки.

Наблюдается неоднократное надвигание глинисто-гипсоносных образований юрского возраста друг на друга. Подобная картина отмечается и в отложениях нижнего мела. Не исключено, что некоторые пластины имеют гравитационное происхождение. Сместитель разлома падает на юг и юго-запад, под углом от 15-20° до 50°. Судя по выходам отложения гаурдакской свиты и контакту с верхнемеловыми образованиями, амплитуда горизонтального перемещения равна мощности нижнего мела, то есть около 1 км.

Центральнo-Зардолинский разлом прослеживается вдоль левого борта одноимённого сая. Разрыв имеет субширотное (северо-восток-юго-западное) простирание и прослеживается на контакте нижне- и верхне-яванской подсвиты. Падение сместителя нарушения - южное, в зоне нарушения юрские отложения, слагающие северо-западного крыла надвинуты на отложения нижнего мела северного крыла. Нерасчленённые толщи нижне-верхне-яванской подсвиты на большей части территории перекрыты лёссовыми образованиями. Выходы гипсоносной толщи верхнеюрского возраста отмечаются восточнее сая Зардолу за пределами северного портала. Сая Зардолу приспособлен к данному нарушению. Сместитель разлома падает на юг.

Южно-Зардолинский разрыв прослеживается к югу от одноимённого кишлака. По данному разрыву приведены в соприкосновение породы нижней и верхней части яванской подсвиты южного дрыла с гипсоносными толщами гаурдакской свиты. Падение смесителя разрыва юго-восточное под углом до $70-75^\circ$. В южном крыле часто породы яванской свиты образуют опрокинутые складки, либо ниже горизонты яванской подсвиты срезаются под острым углом этим разрывом. Юрская гипсоносная толща, как правило, зажата между разрывами. Надвигание юрских пород происходит на север и на юг. Степень дислоцированности пород зависит иногда от расстояния между **разрывами**. В этом районе обособляются линейные структуры, зажатые между разрывами, причём в одних местах эти зоны сужаются, а в других – расширяются, на участках, где разломы близко подходят друг другу, степень и раздробленности пород резко возрастает. Юрские породы вдоль данного нарушения имеют фрагментарные выходы различной ориентировки, иногда они незакономерно распределены по площади.

В большинстве участков характеризуемой территории во фронтальной части дизъюнктивных нарушений часто возникают зоны трещиноватости и раздробленности. В зоне строительства трассы туннеля и в прилегающей территории установлен ряд поперечных разрывных нарушений, имеющих северо-западное и юго-восточное простирание. Здесь также отмечаются непротяженные разрывы северо-восточного направления. Осадки мела и палеогена срезаются несколькими линиями сдвиговых перемещений северо-западного простирания с амплитудами смещения 20-50 м.

Одним из этих разрывов поперечного направления проходит восточнее телевизионной станции и был именован «Восточным». Восточный поперечный разрыв в рельефе выражен очень чётко. К нему приспособлен первый глубокий сай, находящийся восточнее телестанции, выработанной в породах палеогена, южнее он срезает мезозойско-неогеновые отложения. На местности он трассируется прямолинейным характером линейной нарушения. Разрыв по морфологии представляет левосторонний сдвиг. Амплитуда горизонтального перемещения по нему составляет в пределах 15-25 м. Смещение на местности выражено неотчётливо. Это связано со значительными величинами глубинной эрозии, причём глубинная эрозия опережает амплитуды сдвига. Поэтому выявление сдвиговых перемещений на местности геологическими методами представляется достаточно трудоёмкой задачей. Кроме вышеописанных разрывных нарушений, в районе имеют место более мелкие дислокации, которые являются опережающими от главных разрывов.

Таким образом, мы выявили, что в районе достаточно много тектонических трещин и разрывных нарушений, простирающихся вкрест простирания оси туннеля. Они достаточно активны и в наше время, все они либо начинаются непосредственно на участке строительства туннеля либо непосредственно контактируют с ним.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров С.А. Тектоническое районирование и структурная схема Таджикской депрессии. – Тр. Ин-т геол., 1962, т.5: Геология, с. 4-72.
2. Захаров С.А. О характерных чертах неотектоники Таджикской депрессии. – Новейшая тектоника и сейсмоструктура Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1969, с. 3-19.
3. Бурмакин А.В., Старшинин Л.А. Объяснительная записка к геологической карте СССР – 1:200 000. – М.: Недра, 1967, 105 с.
4. Кулагин В.К. Кулагина М.В., Топор Е.Г. О глубинном строении зон сочленения Таджикской депрессии с Южным Тянь-Шанем и Памиром. Вопросы сейсмического районирования территории Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1976, с. 84-107.

Ф.А.МУҲИДИНОВ

ТАВСИФИ СОҲТОРИ ГЕОЛОГИИ МИНТАҚАИ СОҲТАШАВАНДАИ НАҚБИ «ЧОРМАҒЗАК»

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақолаи мазкур соҳтори геологи ва шикастагиҳои асосии маҳали соҳтмони нақби «Чормағзак» мавриди омӯзиш ва баррасӣ қарор гирифтааст.

Калимаҳои калидӣ: неотектоника – тектоника – нақб – соҳтор – синклинал – антиклинал – рӯғеч.

F.A.MOOHIDINOV

GEOLOGY-STRUCTURES CHARACTERIZATION OF TUNNEL "CHORMAGZAK"

National university of Tajikistan

In this paper are considered the disjunctives and some important tectonic structures of territory building of the tunnel «Chormagzak».

Key words: neotectonic – tectonic – tunnel – structures – synclinal – anticlinal.

УДК 528

М.С.САИДОВ, Н.Ш.САРАБЕКОВ, Х.К.ХУДЖАМУЛЛОЕВ, Ф.САЛИХОВ

**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НАБЛЮДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ
ДВИЖЕНИЙ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ЧАСТЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ
ФАЙЗАБАДСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА**

Научно-исследовательский центр

Государственного комитета по земельному управлению и геодезии

Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 15.01.2014 г.

В работе проводится интерпретация современных движений приповерхностных частей земной коры на примере Файзабадского геодинамического полигона. С помощью высокоточных геодезических измерений выясняется, характерны ли сдвиго-надвиговые явления для данной территории, каковы их количественные характеристики, как распределяются параметры поля деформаций в пределах разновозрастных структур.

Ключевые слова: неотектоника – тектоника – реконструкция – полигон – геотектоника – интерпретация – надвиг.

Геодезические измерения на Файзабадском геодинамическом полигоне были частью комплекса геологических и геофизических исследований по прогнозу землетрясений, выполненных Опытно-методической экспедицией Института физики Земли АН СССР в 1980-1982 гг.

В 1988 г. геодезические измерения на геодинамическом полигоне были выполнены как часть комплексных исследований по программе «Тянь-Шань, Интеркосмос-88». Необходимость выполнения измерений была вызвана, во-первых, недостатками и противоречиями имеющихся данных о современных движениях земной коры, полученных в результате подобных исследований на соседних полигонах, расположенных в той же тектонической зоне; во-вторых, попыткой определения корреляционных связей между со-

Адрес для корреспонденции: Саидов Мирзо Сибгатуллоевич. 734033, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Абая, 4/1, Научно-исследовательский центр Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан. E-mail: saidov-mirzo@mail.ru

временными движениями земной коры, другими геологическими и геофизическими параметрами и сейсмическим режимом территории полигона.

В данном случае под геодинамическим полигоном Файзабад понимается территория, ограниченная с запада меридианом города Вахдат, с севера - гребнем Каратегинского хребта, с юга - гребнем Тианского хребта. Восточная граница полигона в 1980-1981 гг. проходила примерно по меридиану кишлака Бунгакион, юго-восточная – по гребню хр. Сурхкух. В 1988 г. территория геодинамического полигона была расширена на востоке и юго-востоке на 10-15 км. Основную часть полигона занимают густонаселенные районы долины р. Иляк, в 20 км к западу расположен город Душанбе.

Не останавливаясь на подробностях геологического строения, тектонического развития и сейсмического режима изучаемой территории, отметим лишь основные характерные моменты, которые необходимы для понимания дальнейшего изложения.

Территория полигона охватывает части трех крупных тектонических зон: Таджикской депрессии, Передовой зоны Южного Тянь-Шаня и Южного Тянь-Шаня, разделяемых двумя крупнейшими в Центральной Азии разрывными нарушениями - Гиссаро-Кокшаальским и Илякско-Вахшским. В пределах территории полигона находится эпицентральная зона катастрофического Файзабадского землетрясения 1943 г.

Согласно модели, предлагаемой рядом тектонистов, В.К.Кучай [7, 8], И.Е.Губин [2], С.А.Захаров [3-6] и др., в результате сближения горных масс Памира и Южного Тянь-Шаня мезокайнозойские осадки Таджикской депрессии мощностью 10-15 км, имеющие малую вязкость, выдавливаются к западу. При этом сдвиговой линией является Вахшский надвиг и продолжающий его к западу Илякский разлом. Кроме того, по Илякскому разлому, имеющему вид козырькового надвига мезокайнозойские осадки надвигаются на Передовую зону Южного Тянь-Шаня.

С помощью высокоточных геодезических измерений предстояло выяснить, характерны ли сдвиго-надвиговые явления для территории Файзабадского полигона, каковы их количественные характеристики, как распределяются параметры поля деформаций в пределах разновозрастных структур. Исследования проводились дважды, в 1980-1982 гг. и в 1989 г.

Согласно методике, предложенной Ю.Д.Буланже, А.К.Певневым [1], повторные высокоточные геодезические измерения, целью которых является прогноз сейсмических событий, должны выполняться непосредственно в зонах тектонических нарушений. Исходя из этого, на Файзабадском полигоне построены четыре малые сети. Это так называемые деформационные площадки: Ходжа-Якубская на северо-востоке полигона в зоне Гиссаро-Кокшаальского разлома; Файзабадская в центральной части полигона в зоне Илякского разлома; Турсобская в юго-восточной части полигона в тыловой части Илякского разлома на пересечении двух разломов ее низких порядков; Джондодинская в северной части полигона, непосредственно в эпицентральной зоне Файзабадского землетрясения 1943 года.

Для определения величины вертикальных смещений земной поверхности на Файзабадском геодинамическом полигоне проложено несколько линий нивелирования. В центральной и восточной части полигона эти линии образуют ряд замкнутых полигонов. Нивелировка проходит по гребню Каратегинского хребта с высотами от 300 до 2400 м, спускается в долину р. Иляк, где высоты местности намного ниже (900-850 м), поднимается на гребень Тианского хребта с высотами 2000 м и вновь спускается в долину р. Иляк.

В западной части полигона проложены две линии нивелирования. Первая поднимается из долины р. Иляк к западным отрогам Каратегинского хребта, потом спускается в долину р. Кафирниган, западнее города Вахдат. Вторая – южнее, поднимается из долины р. Иляк на гребень Тианского хребта. В первом случае линия нивелирования замыкается на линию нивелирования I класса Душанбе - Рашт, во втором случае - ход разомкнутый. Нивелирные линии проходят через все пункты Большой линейно-угловой сети и через пункты деформационных площадок. При этом нивелировались арки, установленные в верхней части марки, установленные на гравиметрических площадках и марки в сейсмологических колодцах. Кроме того, линии нивелирования закреплены стандартными грунтовыми реперами и скальными марками. Созданная система наблюдений позволяет судить как о горизонтальных, так и о вертикальных движениях в пределах исследуемой территории и со значительно большей деятельностью о тех же движениях в зонах активных тектонических нарушений.

Первый цикл измерений на Большой сети, как линейно-угловых, так и нивелирования, был выполнен в 1981 г. В период с 1980 по 1982 гг. на деформационных площадках было выполнено 3 цикла линейно-угловых измерений и от 3 до 8 циклов нивелирования по закрепленным нивелирным трассам. В результате сопоставления результатов измерения 1981 г. на Большой линейно-угловой сети с результатами измерений более ранних лет обнаружены следующие закономерности: линии, пересекающие Илякский разлом по направлению с юго-востока на северо-запад, уменьшили свою длину, а линии, пересекающие Илякский разлом по направлению с юго-запада на северо-восток, ее увеличили. При этом изменения в длинах линий составляли десятки сантиметров при расстоянии 10-20 км, что существенно превышало точность определений; пункты смещаются к западу со скоростью от 0.5 до 2.0 см/год.

По результатам среднегодовых измерений длин линий рассчитаны величины компонент тензоров деформаций по методике американских исследователей, изложенной в книге В.К.Кучая [7]. Полученные значения, свидетельствует о различном характере деформирования в южной и северной частях полигона. В южной части поле мозаично с преобладанием деформаций укорочения по направлению с юго-востока на северо-запад ($1.0-1.5 \times 10^{-6}$) при удлинении в перпендикулярном направлении $0-3 \times 10^{-6}$. В северной части полигона деформации укорочения субмеридиональны, имеют размерность $1.5-2.0 \times 10^{-6}$ при незначительном субширотном удлинении.

Деформации здесь отличаются пространственной стабильностью. Характер деформаций коррелируется с литологическим составом приповерхностных частей земной коры: в южной части преобладают осадочные породы мезозой-кайнозойского возраста, обладающие низкой вязкостью, в северной - консолидированные породы палеозойского возраста.

Данные о вертикальной компоненте современных тектонических движений территории полигона были получены для небольших фрагментов первоклассных линий в центральной и юго-западной частях полигона. В центральной части отмечено взаимное изменение высот реперов со скоростью 1.4 мм/год. В юго-западной - опускание гребня Тянь-Шанского хребта относительно Передовой зоны Южного Тянь-Шаня со скоростью около 4 мм/год в период с 1972 по 1980 гг.

В зонах тектонических нарушений на деформационных площадках выполнялись повторные линейно-угловые измерения и повторное нивелирование. Трехкратное нивелирование на Файзабадской деформационной площадке, выполненное в 1981-1982 гг., показывало постепенное поднятие реперов, находящихся в Южном крыле Илякского разлома относительно реперов, находящихся в Передовой зоне Южного Тянь-Шаня. Восемь циклов повторного нивелирования выполнены на Ходжа-Якубской деформационной площадке в период с августа 1981 по декабрь 1982 гг.

По данным повторного нивелирования построены графики измерения высот реперов во времени. Поднятие реперов, находящихся в северной части площадки (в Южном Тянь-Шане), относительно реперов, находящихся в Передовой зоне Южного Тянь-Шаня, отмечено дважды: в сентябре 1981 и в октябре 1982 г. В обоих случаях поднятие по времени примерно совпадало с сейсмическими событиями II класса (26 августа 1981 г. и 5 октября 1982 г.), произошедшими в радиусе 30 км от площадки. После поднятия следовало резкое опускание северных реперов. Не исключена связь колебательных движений земной поверхности с сейсмическими событиями.

Анализ повторных плановых измерений на площадках показывает значительные по величине горизонтальные деформации (в четвертом или даже третьем знаке на коротких линиях), имеющие колебательный характер. По результатам измерений 1980-1982 годов можно вывести следующие выводы: выбор места исследований является правильным, полученные данные представляют интерес как для фундаментальных исследований, так для практических целей (сейсмический прогноз, тематическое картографирование); в целом подтверждается правильность предложений тектонистов о западном смещении мезокайнозойских осадков Таджикской депрессии при одновременном надвиге, на Южный Тянь-Шань [4]; определены особенности деформирования земной коры для территории Файзабадского полигона; деформации в зонах тектонических нарушений имеют пульсирующий, знакопеременный характер, их амплитуда на порядок или два может превышать амплитуду среднегодовых деформаций на всей территории полигона. Не исключена связь этих деформаций с сейсмичностью.

В 1988 г. геодезические работы на Файзабадском полигоне выполнялись в рамках исследований по международной программе «Тянь-Шань, Интеркосмос, 1988». Эти работы являлись логическим продолжением и развитием ранее выполненных исследований. В работах принимали участие экспедиция № 228 и Научно-исследовательский центр НПО «Таджикаэрокосмогеодезия».

Задачи работ были следующими: выполнить второй цикл нивелирования II класса по всем линиям большой сети Файзабадского полигона; выполнить повторные измерения в восточной части полигона, на пунктах старой триангуляции, которые расположены во фронтальной, осевой и тыловой частях Илякского надвига (в районе хр. Сурхкух); выполнить повторные измерения (угловые, линейные, а также нивелирование) на деформационных площадках Файзабадского полигона.

В результате измерений и последующей обработки были получены следующие материалы: карта современных вертикальных движений приповерхностных частей земной коры Файзабадского полигона; схемы компонент тензоров горизонтальной деформации приповерхностных частей земной коры района хр. Сурхкух; таблицы измерений длин линий на деформационных площадках Файзабада.

Карта современных вертикальных движений была построена для западной части Файзабадского полигона по материалам повторных нивелировок I класса на Душанбинском геодинамическом полигоне за 1980 и 1987 гг. и II класса на Файзабадском геодинамическом полигоне за 1981 и 1988 гг. В восточной части карта современных вертикальных движений построена целиком по данным нивелировок II класса на Файзабадском полигоне за 1981 и 1988 гг. Такая ситуация не дала возможность составить единую карту скоростей современных вертикальных движений, и поэтому представленная карта состоит из двух несвязанных между собой участков.

Карта свидетельствует о преобладании опускания почти на всей восточной части полигона. При этом скорости составляет 3-6 мм/год на гребне Каратегинского хребта и значительно больше (до 15 мм/год) на гребне Тианского хребта; в восточной части (в районе р. Чинаро) отмечается незначительное поднятие со скоростью около 2 мм/год.

В западной части отмечается поднятие в районе перевала Зардолу со скоростью около 4.6 мм/год; еще западнее опять отмечено опускание гребня хребта, но очень незначительное – 0.4 м/год. Особенностью вертикальных движений для этого участка является поднятие гребня хребта относительно подножья, где опускание значительно интенсивнее. Вместе с тем, анализируя карту современных вертикальных движений, следует отметить неравномерность их проявления по всей площади.

В тыловой части хребта Сурхкух, а также в северо-восточной его части преобладают деформации субширотного удлинения с незначительным укорочением или удлинением в перпендикулярном направлении. Значение скоростей деформаций $2-3 \times 10^{-6}$ год⁻¹, свидетельствуют о зональном распределении деформаций. Во фронтальной части хребта

Сурхкух субширотное укорочение и положительные значения в тыловой - отрицательные значения и субширотное удлинение.

В районе сочленения осевых частей хребтов Сурхкух и Тианского характер и ориентировка деформаций резко меняется, здесь преобладают деформации удлинения по направлению с юго-запада на северо-восток и отрицательные значения. Горизонтальные значения почти на всей исследуемой территории положительны, что свидетельствует о преобладании правосдвиговых деформаций. Максимальные значения при этом сосредоточены во фронтальной части хребта Сурхкух. В районе сочленения осевых частей Тианского и Сурхкухского хребтов отмечены левосдвиговые деформации.

Результаты анализа представленного материала позволяют сделать следующие выводы:

1. Надвигание Таджикской депрессии на Передовую зону Южного Тянь-Шаня происходит с юго-востока на северо-запад. Надвиг осуществляется не по одной, а по нескольким плоскостям. Одновременно имеют место сдвиговые смещения, главным образом правые. Сдвиги осуществляются также по нескольким плоскостям. Несомненен правый сдвиг по Илякскому разлому на всем протяжении Вахдат - Калаидашт.

2. Помимо надвигания Таджикской депрессии на Южный Тянь-Шань, отмечается и общее надвигание восточных частей территории на запад примерно по линии: населенного пункта Чукурак. В тылу надвигающихся масс происходит удлинение длин линий, опускание местности и отмечаются положительные значения дилатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланже Ю.Д., Певнев А.К. Геодезия и прогноз землетрясений. – Современные движения и деформация земной коры на геодинамических полигонах. – М., 1983, с. 7-10.
2. Губин И.Е. Геологическая граница между Памиром и Алаем. – М.: Гос. изд-во геол. лит-ры, 1940, 46 с.
3. Захаров С.А. Спорные вопросы тектогенеза на примере тектоники Таджикской депрессии. – Геотектоника, 1967, №3, с. 55-62.
4. Захаров С.А. Развитие тектонических представлений в Таджикистане и гипотеза зонного тектогенеза. – Душанбе: Дониш, 1970, 308 с.
5. Захаров С.А. Проблемы тектоники Средней Азии. – Тектоника Тянь-Шаня и Памира. – М.: Наука, 1983, с. 4-8.
6. Захаров С.А. Тектоническое районирование и структурная схема Таджикской депрессии. – Тр. АН ТаджССР. Ин-т геол., 1962, т.5, с.4-72.
7. Кучай В.К. Зонный орогенез и сейсмичность. – М.: Наука, 1981, 160 с.
8. Кучай В.К. Современная динамика Земли и орогенез Памиро-Тянь-Шаня. – М.: Наука, 1983, 208 с.

М.С.САИДОВ, Н.Ш.САРАБЕКОВ, Ҳ.Қ.ХУЧАМУЛЛОЕВ, Ф.САЛИХОВ

**ШАРҲИ ТАҒЙИРОТҲОИ МУШОҲИДАВИИ ҲАРАКАТҲОИ МУОСИРИ
ҚИСМҲОИ НАЗДИ САТҲИИ ҚИШРИ ЗАМИНИ МАЙДОНИ
ГЕОДИНАМИКИИ ФАЙЗОБОД**

Кумитаи давлатии идораи замин ва геодезии Ҷумҳурии Тоҷикистон

Шарҳи ченкуниҳои ҳаракатҳои муосири қабати болоии қишри замин дар мисоли майдони геодинамикии “Файзобод” оварда шудааст. Бо ёрии ченкуниҳои геодезии дақиқ маълум мегардад, ки оё зухуроти ғечишу чунбиш барои ҳудуди мазкур хос аст, тавсифи миқдории онҳо чӣ гуна мебошад ва параметрҳои майдонҳои деформатсия дар ҳудуди сохторҳои сини солашон гуногун чӣ хел тақсим мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: неотектоника – тектоника – реконструксия – полигон – геотектоника – шарҳ – ғеча.

M.C.SAIDOV, N.SH.SARABEKOV, H.K.KHUDZHAMULLOEV, F.SALIHOV

**THE INTERPRETATION OF OBSERVABLE CHANGES OF MODERN
MOVEMENTS OF THE EARTH CRUST SUBSURFACE PARTS
OF FAYZABAD GEODYNAMIC TESTING AREA**

State committee for land-management and geodesy of the Republic of Tajikistan

The interpretation of modern movement of the Earth crust subsurface parts demonstrated on the example of Fayzabad geodynamic testing area which is provided in this paper. By means of high accuracy geodesic measurements, it is found out whether thrust fault phenomena common for this area and what quantity indicators as well as manner of deformation field parameters within heterochronous structures divided.

Key words: neotectonics – tectonics – reconstruction – testing area – geotectonic – interpretation – thrust.

УДК 563.12:551.73

А.А.САБИРОВ

ДВА НОВЫХ РОДА ПРИМИТИВНЫХ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ФОРАМИНИФЕР

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии

АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 10.02.2014 г.

На основе анализа мировой литературы и изучения авторского материала в составе семейства Parathuramminidae выделены и впервые описываются два новых рода примитивных фораминифер.

Ключевые слова: фораминиферы – паратурамминиды – систематика – палеозой.

Семейство Parathuramminidae, которое объединяло как одно-двухкамерные фораминиферы с устьями или без них, так и биморфные однорядные двух- и псевдомногокамерные формы, было установлено Е.В.Быковой [1] в 1955 г. В «Основах палеонтологии» [2] ранг таксона был повышен до надсемейства. В составе собственно семейства Parathuramminidae, в узком смысле, в настоящее время рассматриваются лишь однокамерные формы с устьями [3, 4].

В работе [3] предложена новая систематика этого семейства, в составе которого выделены новые подсемейства Dagmarellinae и Cushmanellinae, в которые объединены только однокамерные формы, сообщающиеся с внешней средой посредством устьев. В данной систематике, основанной на опубликованной ранее работе этих авторов [5], в которой они среди паратураммин выделяли 9 групп, радикально пересмотрен ранг рода *Parathurammina Suleimanov*, 1945. Диагноз семейства Parathuramminidae, измененный Б.И.Чувашовым [6] и О.В.Юфревым [3] совпадает с диагнозом рода *Parathurammina*. Выделенные в его составе новые подсемейства объединяют 10 родов и подродов, общий объём которых соответствует объёму рода *Parathurammina* по первоначальному диагнозу И.С.Сулейманова [7]. В этой классификации не выдерживается единый принцип выделения таксономических единиц, поэтому часто близкие по строению раковины родственные

Адрес для корреспонденции: Сабиров Абдувахид Абдухамидович. 734063, Республика Таджикистан, Душанбе, ул. Айни, 267, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ. E-mail: svakhid@mail.ru

таксоны попадают в разные роды и подсемейства, в результате чего границы между ними расплывчаты.

В опубликованной позднее работе [8] В.М.Задорожный несколько уточнил эту систематику, поместив выделенные ранее в [3] новые роды *Cushmanella* и *Polygonella* в синонимику родов *Parathuramminites* и *Salpingothurammina*, тем самым восстановив статус этих родов.

В работе [9] автор включил новые роды паратурамминид, выделенные в [3] в синонимику родов *Parathurammina*, *Parathuramminites* и *Saltovskajina* в связи с тем, что для их выделения авторы не придерживались единого принципа систематики. Главным таксономическим признаком служили то наличие или отсутствие и форма устьевых возвышений, то толщина стенки или количество её слоев, то форма раковины. Некоторые виды, включённые в них, не всегда соответствовали диагнозам этих новых родов и, таким образом, эти роды были сборными. По этой же причине автор отказался от выделения в составе паратурамминид вышеуказанных новых подсемейств.

В настоящее время, учитывая большое количество известных видов паратурамминид (около 100), общую тенденцию повышения таксономического ранга фораминифер, накопление многочисленных новых данных по морфологии и стратиграфическому распространению различных видов паратурамминид, автор пришел к выводу о необходимости выделения в их составе новых родов. В связи с этим, в новой систематике семейства восстановлены роды *Kolongella* и *Suleimanovella* из выделенных в работе [3] восьми новых родов и подродов, однако полностью пересмотрен их видовой состав, а также выделены новые роды, описание которых приводится ниже. При этом в основу систематики положена строгая соподчиненность ранга принятых таксономических признаков.

КЛАСС FORAMINIFERA D'ORBIGNY, 1826

(nom. correct. Eichwald, 1830 pro ordo Foraminiferes d'Orbigny)

Надотряд Parathuramminoida Mikhalevich, 1980

(nom transl. Sabirov, 1993 ex Parathuramminida Mikhalevich, 1980)

Отряд Parathuramminida Mikhalevich, 1980

Надсемейство Parathuramminacea E. Bykova, 1955

(nom. transl. Fursenko, 1959 ex Parathuramminidae E. Bykova, 1955)

(nom. correct. Sabirov, 1987 ex Parathuramminidea E. Bykova, 1955)

Семейство Parathuramminidae E. Bykova, 1955, emend. Sabrov, 1987

Род *Spinosella* Sabirov, gen. nov.

Parathurammina (part.): auctt.; *Salpingothurammina* (part.): Задорожный, 1987, с. 29.

Т и п о в о й в и д – *Spinosella spinosa* Lipina, 1950 из верхнефаменского подъяруса Восточно-Европейской платформы [10].

Д и а г н о з. Раковины округлой, округло-угловатой или угловатой формы. Внутренняя полость более правильная, чаще сферическая или субсферическая. Устьевые каналы цилиндрической формы, расположены на концах трубчовидных или узкоконических возвышений. Стенка неравномерной толщины, шероховатая на поверхности и более гладкая во внутренней полости, толстая между устьями и постепенно утоняющаяся и даже выклинивающаяся в сторону устьевых возвышений.

С р а в н е н и е. Род *Spinosella* по строению устьевых возвышений и форме устьевых каналов близок к роду *Salpingothuramma*, от которого отличается строением стенки. У последнего стенка тонкая, гладкая, равномерной толщины, внутренний контур повторяет внешний, а у *Spinosella* – более толстая, неравномерная, внутренняя полость более правильная по форме и гладкая, внешняя поверхность неровная, шероховатая.

Таблица 1

Сравнение видов рода *Spinosella*

Вид	Форма раковины	Форма внутренней полости	Размеры раковины, мм	Размеры внутренней полости, мм	Высота устьевых возвышений, мм	Диаметр устьевых каналов, мм	Кол-во устьев в сечении	Толщина стенки, мм (неравномерная)
<i>S. spinosa spinosa</i> (Lipina)	угловато-округлая	субсферическая	0.15-0.20	0.12-0.16	0.07-0.09	0.007	3-6	0.012-0.025
<i>S. spinosa kakvensis</i> (Petrova)	угловато-округлая		0.12-0.15	0.09-0.11	0.03-0.075	0.015-0.018	4-5	0.015-0.030
<i>S. radiata</i> (Antropov)	угловатая		0.080-0.15	0.05-0.09	0.125-0.145	0.01-0.015	2-3	0.016-0.035
<i>S. elegans</i> (Pojarokov)	угловато-сферическая	сферическая	0.15-0.228	0.09-0.193	0.04-0.126	0.015-0.030	2-4	0.013-0.030
<i>S. ivdelensis</i> (Pronina)	неправильно-округлая		0.255-0.300	0.22-0.25	0.015-0.030	0.015	4-5	0.015-0.052
<i>S. paulis</i> (Bykova)	субсферическая	сферическая	0.05-0.09	0.04-0.06	менее 0.030	0.005-0.009	3-5	0.009-0.018
<i>S. paratuberculata</i> (Zadorozh. et Juferev)	округло-угловатая	субсферическая	0.14-0.21	0.10-0.14	0.026-0.060	0.014-0.024	2-3	0.010-0.036
<i>S. ramosa</i> (Reitlinger)	угловато-округлая		0.27-0.37	0.021-0.034	0.027-0.047	0.023-0.042	3	0.020-0.040
<i>S. shishkatica</i> (Sabirov)	четырёхугольно-округлая		0.012-0.016	0.095-0.13	0.012-0.025	0.005-0.01	4	0.012-0.03
<i>S. stellata</i> (Lipina)	угловато-округлая		0.08-0.24	0.05-0.1	0.03-0.1	0.022-0.06	2-3	0.02-0.05
<i>S. subvasta</i> (Bykova)	неправильно-угловатая		0.13-0.28	0.102-0.23	0.065-0.11	0.012-0.032	4-5	0.014-0.027
<i>S. totaensis</i> (Petrova)	сферическая		0.08-0.12	0.05-0.08	0.03-0.06	0.01-0.015	2-4	0.015-0.030
<i>S. yuraica</i> (Sabirov)	многогранно-звездчатая		0.12-0.20	0.1-0.16	0.02-0.5	0.006-0.014	6-7	0.01-0.022

Примечание: здесь и в табл.2, кроме характеристик, приведённых в таблице, виды отличаются различным стратиграфическим распространением и некоторыми другими признаками, приведёнными авторами при описании видов.

По строению стенки *Spinosella* напоминает род *Suleimanovella*, от которого отличается наличием длинных трубчатых устьевых возвышений и относительно менее тол-

стой стенкой. У *Suleimanovella* устьевые возвышения конической формы, от мелких конических бугорков до длинных конусовидных, и очень толстая стенка.

З а м е ч а н и я. Подвид *Parathurammia praetuberculata ramosa* Reitlinger, 1962 [11] отличается от типового подвида наличием хорошо развитых трубчатых устьевых возвышений и цилиндрических каналов, к тому же расширяющихся на конце (у *P. praetuberculata praetuberculata* Reitlinger, 1962 устьевые каналы конические и быстро сужаются к концу) и поэтому он возведен в ранг вида и отнесён к роду *Spinosella*. По строению стенки и наличию цилиндрических устьевых каналов и устьевых возвышений он близок к остальным видам этого рода, отличаясь отмечаемым иногда расширением на конце этих каналов.

С о с т а в. В состав рода включены *S. spinosa spinosa* (Lipina), 1950; *S. spinosa kakvensis* (Petrova), 1981; *S. radiata* (Antropov), 1950; *S. elegans* (Pojarikov), 1969; *S. ivdellensis* (Pronina), 1970; *S. paulis* (Е. Выкова), 1952; *S. paratuberculata* (Zadorozhnyi et Juferev), 1981; *S. ramosa* (Reitlinger), 1962; *S. shishkatica* (Sabirov), 1978; *S. stellata* (Lipina), 1950; *S. subvasta* (Е.Выкова), 1955; *S. totaensis* (Petrova), 1981; *S. yuraica* (Sabirov), 2007.

В о з р а с т и р а с п р о с т р а н е н и е. Представители рода широко распространены в девонских отложениях Евразии и Северной Америки. В Тянь-Шане – в средне-верхнедевонских и турнейских отложениях.

Род *Tchuvashovella* Sabirov, gen. nov.

Parathurammia (part): auctt.

Т и п о в о й в и д – *Tchuvashovella tchuvashovi* (Sabirov), 2007 (= *Parathurammia tchuvashevi* Sabirov, 2007) [12] из верхнефаменских и нижнетурнейских отложений Центрального и Северного Таджикистана.

Д а г н о з. Раковины многоугольной или округло-многоугольной формы. Во всех случаях форма раковины соответствует форме внутренней полости, которая зависит от числа устьевых возвышений в данном сечении. Она может быть субтреугольной, субчетырёхугольной, субпятиугольной или субшестиугольной. Устьевые каналы конические, расположены внутри устьевых возвышений конической формы. Стенка известковая, микрогранулярная, средней толщины. Внутренняя поверхность её более гладкая, внешняя шероховатая, неровная, в результате чего толщина стенки неравномерная.

С р а в н е н и е. Строением устьевых каналов и возвышений, многоугольной формой и коррелятивной связью формы раковины с числом конических устьевых возвышений отличается от всех родов паратурамминид.

З а м е ч а н и я. Диаметр устья в пределах одной и той же раковины у некоторых видов рода может колебаться в широких пределах, при этом диаметр устьевых каналов всех видов у внутренней стенки превышает диаметр на поверхности раковины. В таблице сравнения видов приведены размеры и оснований и окончаний устьевых каналов.

У вида *T. papillaeformis* (Pojarkov), 1969 указываются сосочковидные устьевые возвышения, на основании чего он отнесен автором вида к роду *Parathuramina* [13]. Однако на изображении голотипа чётко видны конические устьевые возвышения. Опыт изучения паратурамминид показывает, что сосочковидные устьевые возвышения образуются лишь у форм с гладкой и тонкой стенкой, в результате оттягивания стенки раковины наружу в местах расположения устьев. У форм с негладкими стенками средней толщины такие устьевые возвышения не наблюдаются.

Таблица 2

Сравнение видов рода *Tchuvashovella*

Вид	Форма раковины в сечении	Наибольший размер раковины, мм	Высота устьевых возвышений, мм	Диаметр основания устьевых каналов, мм	Диаметр окончания устьевых каналов, мм	Число устьев в сечении	Толщина стенки, мм	
<i>T. tchuvashovi</i> (Sabirov)	субтреугольная	0.08-0.16	0.04-0.07	0.018-0.035	0.005-0.006	3-4	неравномерная	
<i>T. karamazarica</i> (Sabirov)	многоугольная	0.18-0.31	0.01-0.028	0.02-0.03	0.012-0.022	5-8		
<i>T. papillaeformis papillaeformis</i> (Pojarkov)	угловато-округлая	0.09-0.25	0.012-0.021	—	0.008-0.01	2-4		
<i>T. papillaeformis minima</i> (Sabirov)		0.12-0.16	0.02-0.03	0.28-0.04	0.016-0.02	2-3		
<i>T. postsubvasta</i> (Sabirov)	субтреугольная, субпрямоугольная	0.23-0.28	0.03-0.07	0.025-0.065	0.01-0.02	3-4		0.011-0.022
<i>T. subquadrata</i> (Sabirov)	субквадратная	0.16-0.20	0.015-0.05	0.02-0.03	0.015-0.02	2-5		0.01-0.025
<i>T. triangula</i> (Brazhnikova et Vdovenko)	треугольная	0.14-0.23	—	—	тонкий	3	? 0.010-0.015	
<i>T. stellaeformis</i> (Grozdilova et Lebedeva)	четырёхугольно-звездчатая	0.18-0.28	—	—	тонкий	4	неравномерная	
<i>T. talassica</i> (Sabirov et Gushchin)	угловато-округлая	0.29-0.33	0.03-0.09	0.04-0.075	0.008-0.04	3-4		0.018-0.02
<i>T. quadrata</i> (Brazhnikova et Vdovenko)	субквадратная	0.10-0.14	—	—	очень тонкий	4		0.010-0.012
<i>T. ufaensis</i> (Pronina)	угловато-округлая	0.08-0.19	0.045-0.075	0.01-0.015	0.002-0.007	3-7		0.006-0.015

С о с т а в. К данному роду относятся: *T. tchuvashovi* (Sabirov), 2007; *T. karamazarica* (Sabirov), 1992; *T. papillaeformis papillaeformis* (Pojarkov), 1969; *T. papillaeformis minima* (Sabirov), 2006; *T. postsubvasta* (Sabirov), 1992; *T. subquadrata* (Sabirov), 1978; *T. triangula* Brazhnikova et Vdovenko, 1971; *T. stellaeformis* Grozdilova et Lebedeva, 1954; *T. talassica* (Sabirov et Gushchin), 2006, *T. ufaensis* (Pronina), 1972.

В о з р а с т и р а с п р о с т р а н е н и е. Первые представители рода найдены в нижнеордовикских отложениях Таласского хребта (Срединный Тянь-Шань). Известны они также из лудловских и нижнедевонских отложений Урала. Широко представлены в

верхнедевонских и турнейских отложениях Тянь-Шаня, в верхнем девоне Урала, в нижнем турне Донбасса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быкова Е.В. Фораминиферы и радиолярии девона Волго-Уральской области и Центрального девонского поля и их значение для стратиграфии. - Тр. ВНИГРИ. Нов. сер., 1955, вып. 87, с. 5-190.
2. Основы палеонтологии. Т. 1. Общая часть. Простейшие. - М.: АН СССР, 1959, 482 с.
3. Задорожный В.М., Юферев О.В. Foraminifera. - Палеозой юго-востока Западно-Сибирской плиты. - Новосибирск: Наука, 1984, с. 70-113.
4. Сабиров А.А. О систематике и таксономическом ранге паратурамминидей (фораминиферы). - Вопр. микропалеонтологии. - М.: Наука, 1987, вып. 29, с. 60-70.
5. Задорожный В.М., Юферев О.В. К вопросу о систематике паратураммин. - Палеозой Западно-Сибирской низменности и её складчатого обрамления. - Новосибирск: Наука, 1981, с. 119-121.
6. Чувашов Б.И. Фораминиферы и водоросли из верхнедевонских отложений западного склона Среднего и Южного Урала. - Фораминиферы девона и перми Урала. - Свердловск: УФАН СССР, 1965, вып. 74, с.3-154.
7. Сулейманов И.С. Новые виды мелких фораминифер из турнейского яруса Ишимбаевского нефтеносного района. - ДАН СССР, 1945, т.48, № 2, с.130-134.
8. Задорожный В.М. Фораминиферы и биостратиграфия девона Западно-Сибирской плиты и её складчатого обрамления. Новосибирск: Наука, 1987. 117 с.
9. Сабиров А.А. Надотряд Parathuramminoida Mikhalevich, 1980. - Справочник по систематике мелких фораминифер палеозоя. - М.: Наука, 1993, с. 26-45, табл. V-VIII.
10. Липина О.А. Фораминиферы верхнего девона Русской платформы. - Тр. ИГН АН СССР, 1950, вып. 119, с.110-133.
11. Варсановьева В.А., Рейтлингер Е.А. К характеристике верхнедевонских и турнейских отложений Малой Печоры. - Бюлл. МОИП. Отд. геол., 1962, т. 37, № 5, с.36-60.
12. Сабиров А.А. Новые позднефаменские и каменноугольные фораминиферы Таджикистана. - Тр. Института геологии. Нов. сер., вып. 6, Душанбе, 2007, с.18-31.
13. Поярков Б.В. Стратиграфия и фораминиферы девонских отложений Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1969, 169 с.

А.А.СОБИРОВ

ДУ ЗОТИ НАВИ ФОРАМИНИФЕРАҶОИ СУСТАФЗОИШЁФТАИ ОҶАКӢИ ПАЛЕОЗОӢ

Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар асоси таҳлили адабиёти ҷаҳонӣ ва маълумотҳои муаллиф дар дохили оилаи Parathuramminidae ду зоти нави фораминифераҳо муайян карда шуда аввалин бор маънидод карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: фораминифераҳо – паратурамминидҳо – таснифот – палеозой.

A.A.SABIROV

**TWO NEW GENERA OF PRIMITIVE CALCAREOUS PALEOZOIC
FORAMINIFERA**

*Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

In the article on the basis of analysis of the world literature and author's research in the composition of Parathuramminidae family two new genera of primitive foraminifera have been established and described.

Key words: foraminifera – parathuramminides – taxonomy – Paleozoic.

УДК 539.21:537.31

Х.С.КАРИМОВ, Х.М.АХМЕДОВ, МУДЖАХИД ХУСЕЙН*

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ
(ARCO SOLAR-ASI-16-2300-20) В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ И
МОДЕЛИРОВАНИЕМ**

*Центр инновационного развития науки и новых технологий
АН Республики Таджикистан,*

**Институт технологии и прикладных наук им. Гулам Исхак Хана, Пакистан*

Поступила в редакцию 04.02.2014 г.

Исследованы свойства фотоэлектрического модуля (ARCO Solar-ASI-16-2300-20) в естественных условиях и моделированием. При моделировании предполагалось, что последовательное и параллельное сопротивления в эквивалентной схеме модуля зависят от интенсивности света и температуры, а в качестве подгоночного параметра использовался коэффициент идеальности вольт-амперной характеристики модуля. Сравнение экспериментальных результатов и данных, полученных моделированием, показало их хорошее совпадение.

Ключевые слова: естественные условия – фотоэлектрический модуль – моделирование – последовательное и параллельное сопротивления – эквивалентная схема – модуль – интенсивность света – вольтамперная характеристика.

Как известно, фотоэлектрические системы (ФЭС) являются наиболее экологически безопасными в сравнении с другими системами возобновляемых источников энергии [1]. В то же время ФЭС имеют высокую

стоимость оборудования, что делает высокой стоимость выработки электроэнергии, и необходимость использования больших площадей для установки модулей. Указанные проблемы, по существу, связаны с одной особенностью солнечной энергии, заключающейся в низкой её плотности на поверхности Земли. В настоящее время Китай и Германия являются лидерами по общей мощности установленных ФЭС: 12 и 3.3 ГВт соответственно.

Адрес для корреспонденции: Ахмедов Хаким Мунавварович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/3а, Центр инновационного развития науки и новых технологий АН РТ.
E-mail: khakim48@mail.ru

Фотоэлектрические модули (ФЭМ) являются основным элементом ФЭС. Поэтому ряд статей посвящён экспериментальным исследованиям и моделированию свойств ФЭМ [2-4]. Обычно производители ФЭМ предоставляют несколько параметров модулей, полученных в процессе их испытаний в стандартных условиях: интенсивности солнечного излучения, равной 1000 Вт/м^2 ; спектре АМ 1.5 при температуре 25°C [1,2]. Выходная мощность ФЭС зависит не только от параметров среды, таких как: интенсивность солнечного излучения, времени дня, сезона в году, широты и высоты места установки модулей, климатических условий, угла наклона модулей к горизонтальной поверхности и ряда других факторов [1,2,5], но и от внутренних параметров модулей, например последовательного R_s и параллельного R_p сопротивлений, приведённых на эквивалентной электрической схеме фотоэлектрического модуля (рис.1) [2].

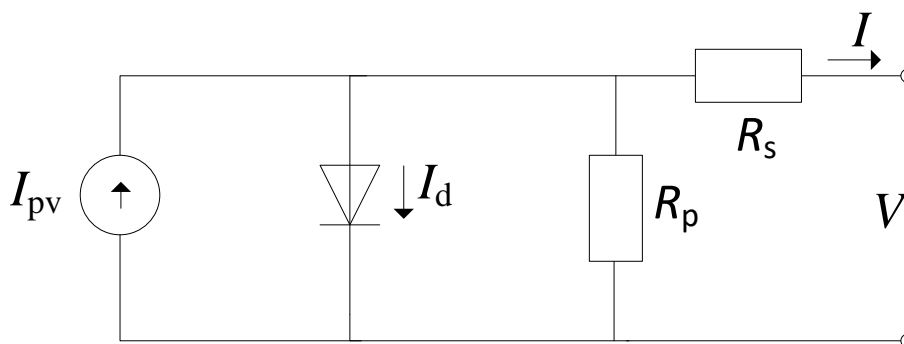


Рис.1. Эквивалентная схема фотоэлектрического модуля: R_s и R_p последовательное и параллельное сопротивления

Последовательное сопротивление состоит из нескольких составляющих, таких как: контактные сопротивления между полупроводником и металлами, сопротивления p - и n - областей солнечного элемента, параллельное сопротивление обусловлено токами утечки в p - n переходе [2,6]. Для проектирования, моделирования и практического использования ФЭС необходимо иметь больше данных, которые также могли бы быть использованы при проведении исследований и в обучении специалистов. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований в естественных условиях и моделирования свойств фотоэлектрического модуля ARCO Solar-ASI-16-2300-20, который на практике используется в ряде стран (таблица).

Таблица

Параметры фотоэлектрического модуля ARCO Solar-ASI-16-2300-20
в стандартных условиях

Параметры	Значения
Напряжение холостого хода, В	20.8
Ток короткого замыкания, А	2.5
Ток при максимальной мощности, А	2.3
Напряжение при максимальной мощности, В	16.1
Максимальная мощность, Вт	37,03

Параметры	Значения
Количество солнечных элементов	35
Длина модуля, см	90
Ширина модуля, см	30
Нормальная температура солнечного элемента (NOCT), °C	43-47
Температурный коэффициент напряжения модуля	-0.079 В/°C
Температурный коэффициент тока модуля	0.0017 А/°C

При экспериментальных исследованиях модуль устанавливался лицевой стороной к югу в 12-00 полудня. Угол наклона модуля к горизонтальной поверхности был равен 34°.

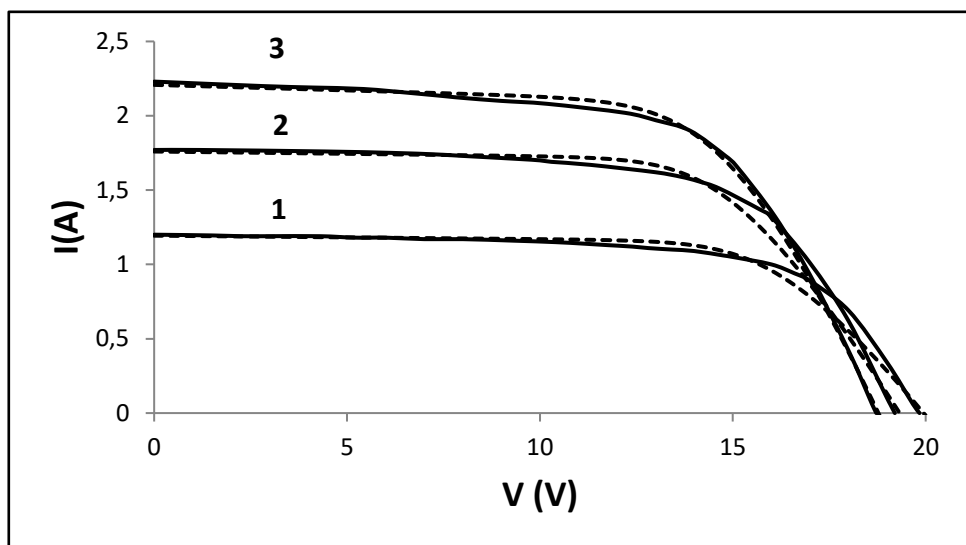


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики, измеренные в естественных условиях при различных интенсивностях солнечного излучения и температурах модуля (сплошные линии) и полученные моделированием (штриховые линии): 1 – 500 Вт/м², T=22°C, 2 – 710 Вт/м², T=29°C и 3 – 870 Вт/м², T=32°C.

Как видно из рис. 2, при возрастании интенсивности солнечного излучения возрастают ток короткого замыкания модуля и его температура, а напряжение холостого хода уменьшается, по-видимому, из-за увеличения температуры модуля при воздействии солнечного излучения. Если бы при росте интенсивности солнечного излучения температура модуля была постоянной, то наблюдалось бы возрастание как тока, так и напряжения [1,2]. Соответственно, если бы температура модулей возрастала при постоянной солнечной радиации, то ток возрастал бы немного, а напряжение уменьшилось бы существенно.

В отличие от работы [2], для моделирования параметров ФЭС мы полагаем, что последовательное R_s и параллельное R_p сопротивления, приведённые на рис.1, зависят от интенсивности освещения модуля и его температуры. Для описания вольт-амперных (В-А) характеристик модуля использовалось модифицированное уравнение Шокли [2,7]:

$$I = I_{pv} - I_0 \left[\exp \left\{ \frac{(V + R_s I)}{V_t \alpha} \right\} - 1 \right] - \frac{(V + R_s I)}{R_p}, \quad (1)$$

где I_{pv} и I_0 являются фотовольтаическим током и обратным током насыщения, α – коэффициент идеальности диода или вольт-амперной характеристики, V_t – так называемое тепловое напряжение ($V_t = N_s k T / q$, где N_s , k , q и T – количество солнечных элементов, соединённых последовательно в модуле, постоянная Больцмана ($1.3806503 \times 10^{-23}$ J/K), заряд электрона ($1.60217646 \times 10^{-19}$ C) и температура Кельвина.

Обычно такие параметры ФЭС, как R_p , R_s , I_{pv} , I_0 и α , не даются производителем, но они являются важными для моделирования работы фотоэлектрических модулей [2]. При моделировании фотоэлектрических модулей полагается, что ток короткого замыкания модуля (I_{sc}) примерно равен фотовольтаическому току (I_{pv}), потому что значение R_s , как правило, небольшое в сравнении с R_p , но которое может быть и значительным [1,2]. Обратный ток насыщения (I_0) может быть определён по следующему выражению [2]:

$$I_0 = (I_{sc} + K_I \Delta T) / \{ \exp((V_{oc} + K_V \Delta T) / \alpha V_t) - 1 \}, \quad (2)$$

где V_{oc} – напряжение холостого хода модуля, K_I и K_V – температурные коэффициенты тока и напряжения. Из выражения (2) видно, что I_0 сильно зависит от температуры.

R_p можно определить из следующего выражения [2]:

$$R_p = V_{mp} / (I_{sc} - I_{mp}), \quad (3)$$

где V_{mp} и I_{mp} – напряжение и ток в точке максимальной мощности вольт-амперной характеристики модуля. Соответственно

$$R_s = (V_{oc} - V_{mp}) / I_{mp}. \quad (4)$$

Из рис.3 видно, что R_p и R_s уменьшаются, а I_0 возрастает с температурой.

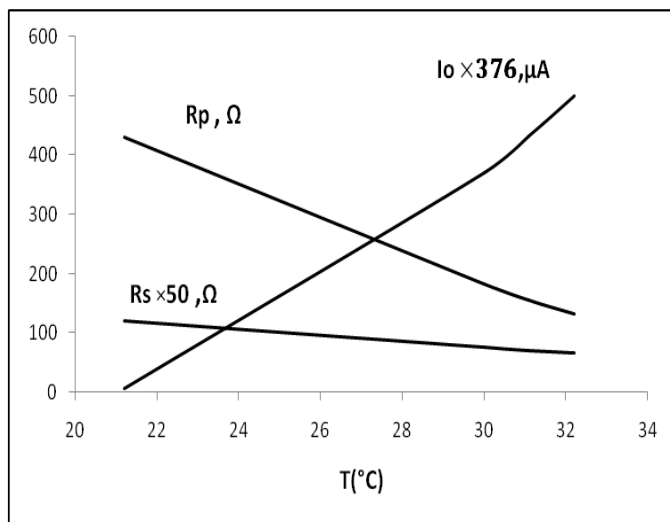


Рис. 3. Зависимости R_p , R_s и I_0 модуля от температуры при нагревании вследствие воздействия солнечного излучения.

Решение модифицированного уравнения Шокли (1) может быть найдено численным итерационным методом [8] с помощью программы МАТЛАБ. В результате моделирования параметров фотоэлектрического модуля были построены расчётные вольт-амперные характеристики (рис.2). При этом, во-первых, в качестве подгоночного параметра использовался коэффициент идеальности вольт-амперной характеристики ($\alpha=1.3$) и, во-вторых, экспериментально полученные и рассчитанные моделированием токи и напряжения в точке максимальной мощности приравнявались. Как видно из рис. 2, расчётные характеристики удовлетворительно согласуются с экспериментами.

Таким образом, проведены экспериментальные исследования и моделирование вольт-амперных характеристик фотоэлектрического модуля ARCO Solar-ASI-16-2300-20. Показано, что данные, полученные моделированием, согласуются с экспериментальными результатами. Это позволяет рассчитывать производимую электрическую энергию в течение года, что является важным при разработке и проектировании фотоэлектрических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Markvart T. Solar Electricity, John Wiley & Sons, New York, 2000.
2. Villalva M.G., Gazoli J.R., Filho E.R., IEE Transactions on Power Electronics, Vol.24, No.5., May 2009, pp.1198-1208.
3. Photovoltaic system technology, University Kassel, Kassel, Germany, 2003.
4. Castaner L., Silvestre S. Modeling Photovoltaic Systems Using PSpice, Wiley, New York, 2002.
5. Karimov Kh.S., Abid M. – Kuwait J. Sci. Eng., Vol.37 (1A), 2010, pp.99-109.
6. Lasnier F., Ang T.G. Photovoltaic Engineering Handbook. Adam Hilger, New York, 1990.
7. Rauschenbach H.S., Solar Cell Array Design Handbook. Van Nostrand Reinhold, 1980.
8. Croft A., Davison R., Hargreaves M. – Engineering Mathematics. A Modern Foundation for Electronic, Electrical and Control Engineers, Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1993.

Х.С.КАРИМОВ, Ҳ.М.АХМЕДОВ, МУҶАҲИД ҲУСЕЙН*

ТАҲҚИҚИ ҲОСИЯТҲОИ ФОТОЭЛЕКТРИКИИ МОДУЛИ (ARCO SOLAR-ASI-16-2300-20) ДАР ШАРОИТИ ТАБИИ ВА БО УСУЛИ МОДЕЛИРОНӢ

Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,

**Институти технология ва илмҳои амалии ба номи Ғулом Исҳақ Хон, Покистон*

Дар мақолаи мазкур хосиятҳои фотоэлектрикии модули (ARCO SOLAR-ASI-16-2300-20) дар шароити табиӣ ва бо усули моделиронӣ омӯхта шудааст. Дар ҳолати моделиронӣ дар назар дошта шудааст, ки муқовимати паралел ва пайдарпай дар схемаи эквивалентии модул аз интенсивнокии рӯшноӣ ва ҳарорат, ба сифати нишондиҳандаҳои маводи зудрӯй коэффициентҳои идеалнокии нишондиҳандаҳои вольт-амперӣ истифода шудааст.

Калимаҳои калидӣ: шароити табиӣ – модули фотоэлектрикӣ – моделиронӣ – муқовимати пайдарпай ва параллел – схемаи эквивалентӣ – модел – интенсивнокии рӯшноӣ – нишондиҳандаи вольт-амперметрӣ.

KH.S.KARIMOV, KH.M.AKHMEDOV, MUJAHID HUSSAIN*

**INVESTIGATION OF PROPERTIES OF PHOTOVOLTAIC MODULE
(ARCO SOLAR-ASI-16-2300-20) EXPERIMENTALLY AND BY MODELING
AND SIMULATION**

*Center for innovative development of science and new technologies,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,*

**Gulam Ishak Khan Institute of Technology and Applied Sciences, Pakistan*

In the paper it is presented the experimental results of investigation of properties of the PV module (ARCO Solar-ASI-16-2300-20) at natural conditions and by modeling and simulation. It is considered that series and parallel resistances that are in equivalent circuit of PV device depends on illumination and temperature. As a fitting parameter diode ideality constant was used.

Key words: natural condition – photovoltaic module – simulation – serial and parallel resistance – equivalent circuit – light intensity – current voltage characteristic.

**VI ВСЕРОССИЙСКАЯ КАРГИНСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ПОЛИМЕРЫ – 2014»**

В период с 27 по 31 января в МГУ им. Ломоносова прошла VI Всероссийская Каргинская конференция «Полимеры – 2014».

Организаторами конференции выступили Российская академия наук, Отделение химии и наук о материалах, Научный совет РАН по высокомолекулярным соединениям, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Институт элементоорганических соединений им. А.Н.Несмеянова, Российский фонд фундаментальных исследований.

В работе конференции приняли участие около полутора тысяч учёных из институтов Российской академии наук, зарубежных передовых научных институтов, вузов, научно-инженерных и технологических центров. От Республики Таджикистан в работе конференции приняли участие, директор Института химии АН РТ им. В.И.Никитина, академик АН РТ, доктор химических наук, профессор Д.Х.Халиков и ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук Р.М.Горшкова, выступившие с устными и стендовыми докладами.

Научная программа мероприятия включала в себя пленарные доклады ведущих учёных по приоритетным направлениям химии и физики полимеров, устные и стендовые доклады участников по секциям:

- Современные подходы к синтезу и модификации полимеров.
- Функциональные полимеры для энергетики, электроники, фотоники, мембранных технологий.
- Полимеры в биологии и медицине, биodeградируемые полимеры.
- Растворы и расплавы полимеров, полимерные гели.
- Полимерные материалы: пленки, волокна, смеси и композиты. Структура и свойства.
- Теория и моделирование полимерных систем и процессов их получения.

В рамках мероприятия были проведены тематические заседания, посвящённые научным школам академиков В.А.Кабанова, Н.А.Платэ и И.М.Лифшица.

Также в рамках Каргинской конференции была проведена школа молодых учёных, на которой молодые учёные (до 35 лет) выступили с научными докладами, отобранными Программным комитетом.

Были проведены семинары компаний Bruker, Техноинфо и Xenocs, посвящённые средствам записи спектров и анализу спектральных данных методами ИК и ЯМР, а также использованию метода нанокалориметрии совместно с рентгеновским рассеянием.

Конференцию «Полимеры - 2014» открыл А.Р.Хохлов - академик РАН, член Президиума РАН, Председатель Научного совета по высокомолекулярным соединениям Российской академии наук, проректор МГУ, Председатель Совета по науке при Министерстве образования и науки РФ.

На первом пленарном заседании выступили академики РАН: директор Института химической физики им. Н.Н.Семёнова РАН, А.А.Берлин, заведующий лабораторией Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева В.Г.Куличихин, директор Института высокомолекулярных соединений (ИВС) РАН Е.Ф. Панарин. Докладчики раскрыли тему перспектив развития полимерных конструкционных материалов, проблему экономии существующих органических полимеров и их замены на полимеры из возобновляемого сырья и неорганических полиоксидов. Рассмотрели подходы к получению технических нитей на основе ПАН и целлюлозы. Привели обзор новейших методов синтеза N-виниламидов с открытой цепью и полимеров на их основе, широко использующихся в биотехнологии, медицине, фармацевтике и технике в качестве модификаторов и носителей биологически активных веществ.

В рамках Каргинской конференции были проведены тематические заседания, посвящённые научным школам академиков В.А.Кабанова, Н.А.Платэ и И.М.Лифшица.

На микросимпозиуме, посвящённом научной школе академика В.А.Кабанова, с пленарными докладами выступили профессора: заведующий кафедрой высокомолекулярных соединений МГУ имени М.В.Ломоносова, член-корреспондент РАН, д.х.н. А.Б.Зезин, заведующий лабораторией полимеров для биологии ИБХ РАН, д.х.н. В.П.Зубов и д.х.н. А.В.Кабанов. Докладчики рассмотрели историю возникновения и развития исследований интерполиэлектrolитных реакций и комплексов, прямо связанных с именами замечательных учёных академика В.А.Каргина и его ученика академика В.А.Кабанова и обсудили прикладные исследования интерполиэлектrolитных комплексов, а также практическое применение этих соединений. Особое внимание уделили заложенным В.А.Кабановым основным направлениям развития радикальной полимеризации – установлению механизма элементарных стадий процесса псевдоживой полимеризации и разработке основ макромолекулярного дизайна. Отметили значение работ В.А.Кабанова для полимерной терапии и наномедицины.

На микросимпозиуме, посвящённом научной школе академика Н.А.Платэ, от лица сотрудников Института химии им.В.И.Никитина АН РТ Д.Х.Халиков передал бюст Н.А.Платэ в дар мемориальному кабинету Н.А.Платэ, расположенному в Институте нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН.

Затем с пленарными докладами выступили профессора: чл.-корр. РАН, д.х.н. В.П.Шибяев, д.х.н. Л.И.Валуев, глав. науч. сотр. Института нефтехимического синтеза

им. А.В.Топчиева РАН, д.х.н., заслуженный деятель науки РФ А.Д.Литманович. Было доложено о развитии работ академика Н.А.Платэ по синтезу и изучению жидкокристаллических (ЖК) гребнеобразных полимеров, кратко рассмотрена эволюция этих исследований и представлены результаты последних достижений в этой области, связанные с созданием новых типов ЖК полимерных систем. Докладчиками была подчеркнута роль работ Н.А.Платэ в области создания тромборезистентных полимерных материалов для трансплантологии и биосовместимых офтальмологических протезов, биоспецифических гидрогелевых сорбентов для детоксикации организма, гидрогелевых покрытий на раны и ожоги с регулируемой физиологической активностью, многокомпонентных полимерных систем для биотехнологии и полимерных систем для направленного транспорта лекарств в живом организме, а также роль Н.А.Платэ в разработке теории макромолекулярных реакций – повороту химии как науки к исследованию молекулярной и надмолекулярной организации.

На микросимпозиуме, посвящённом научной школе академика И.М.Лифшица, с пленарными докладами выступили профессора: д.физ-мат.н. А.Ю.Гросберг, д.физ-мат.н. И.Я.Ерухимович, вед.н.с. ИНЭОС д.х.н. С.И.Кучанов. Были представлены доклады, посвящённые роли идей и работ И.М.Лифшица в современной физике полимеров и биополимеров.

В секциях Конференции были представлены приглашённые и устные доклады выдающихся учёных России и стран ближнего и дальнего зарубежья, а также стендовые доклады участников.

В первой секции «Современные подходы к синтезу и модификации полимеров» были рассмотрены основные современные проблемы управляемого синтеза и полимеризации этилена, пропилена, виниловых мономеров, метилметакрилата, капролактона, лактида, акрилонитрила, акриламида, винилпирролидона, винилкапролактама и др.

На заседаниях секции рассмотрены наиболее эффективные каталитические системы на основе комплексов ряда переходных и непереходных металлов, которые нашли применение в синтезе функциональных полимеров, включая полиакрилонитрил и поливинилхлорид и их сополимеры, полистирол и поли(мет)акрилаты, а также ди- и триблоксополимеры. Показан новый метод синтеза регулярных полимерных щеток полиимид-*graft*-(полиметакриловая кислота) и рассмотрены возможности их применения в качестве наноконтейнеров для агентов фотодинамической тераностики. Показаны результаты исследования сополимеризации пропилена с бутеном-1, пентеном-1, октеном-1 и винилциклогексаном (ВЦГ) в среде жидкого пропилена в присутствии гомогенных каталитических систем на основе *анса*-металлоценов C_2 симметрии, активированных метилалюмоксаном (МАО). Показана роль различных факторов на свойства сверхвысокомолекулярного полиэтилена, получаемого под действием титан-магниевого нанокатализатора. Рассмотрены возможности и перспективы управляемого синтеза сополимеров методом псевдоживой радикальной полимеризации с обратимой передачей цепи, а также полиме-

ризация под действием органоборанов и кислорода воздуха, синтез и свойства амфифильных мультимольно-сополимеров. Показаны возможности получения и применения нанокомпозитов на основе полиуретанов и углеродных наночастиц, а также сверхсшитых полимеров. Рассмотрены синтез и свойства новых гуанидинсодержащих (со)полимеров на основе гидрофильных и гидрофобных винильных мономеров, осадительная полимеризация поверхностно-активных мономеров с полимеризуемым противоионом, контроль размеров и пространственной организации металлических наночастиц в облучённых полиэлектролитах, метод высокотемпературной каталитической поликонденсации, приводящий к формированию микроструктуры цепи при получении сополиимидов. Большое внимание уделено синтезу полиазинов, пиридилфениленовых дендримеров, кардовых полиариленаэфиркетонов, триметилсилоксановых производных полиметилсилсесквиоксанных дендримеров, фосфазенсодержащих эпоксидных олигомеров и др.

Во второй секции «Полимеры в биологии и медицине, биодеградируемые полимеры» широко рассмотрены различные биоразлагаемые композиции на основе природных и синтетических полимеров, проблемы их получения и применения в качестве терапевтических систем для контролируемой доставки лекарственных веществ.

В работе секции широко освещены проблемы создания биоразлагаемых композиционных материалов полимеров, многокомпонентных систем на основе ДНК и комплексы анионных липосом и звездообразных поликатионов, их применение в регенеративной медицине и для создания терапевтических систем. Отмечено значение сетчатой структуры катионных наногелей для их способности облегчать доставку нуклеиновых кислот в живые клетки. Также рассмотрены проблемы и перспективы получения хитозана и его производных, их применение в различных областях народного хозяйства и медицины, в частности для создания терапевтических систем и матрицы для синтеза наночастиц биогенных элементов. Приведены возможности применения природных и синтетических полимеров в качестве сорбентов тяжелых металлов и компонентов крови.

В этой секции директор Института химии им. В.И.Никитина АН РТ академик АН РТ Д.Х.Халиков выступил с докладом «Распад протопектина растительных клеток в статике и динамике гидролизующего раствора и некоторые биологические свойства продуктов реакции». В докладе были представлены результаты исследований по кислотному гидролизу протопектина корзинки подсолнечника в статическом и динамическом режимах, проведённые на основании представления о его распаде как совокупности последовательных химических реакций, а также вопросы формирования микросфер на основе ПВ и белков для доставки лекарственного препарата в кишечное пространство.

В данной секции Институтом химии им. В.И. Никитина АН РТ также были представлен стендовый доклад сотрудников Института: Р.М.Горшковой, Х.К.Махкамова, Г.Н.Бободжоновой, З.К.Мухидинова, Д.Х.Халикова «Непрерывное фракционирование пектиновых полисахаридов». Представлен метод, который позволяет одновременно экс-

трагировать пектиновые полисахариды из растительной клеточной стенки и разделять их на фракции, отличающиеся по физико-химическим и молекулярно-массовым параметрам.

Третья секция «Функциональные полимеры для энергетики, электроники, фотоники, мембранных технологий» включала приглашенные и устные доклады по основным направлениям разработки методов получения и внедрения полимеров функционального назначения.

В работе секции были рассмотрены вопросы современного состояния разработки и внедрения полимерных мембранных топливных элементов в водородную энергетику, производства упругих полимерных контактов для сборки радиоэлектронных приборов, получения фотохромных ЖК-полимеров и ЖК-фотоактюаторов. Большое внимание было уделено производным олиготиофенов для монослойной органической электроники, матричному синтезу электропроводящих полимеров, возникновению высокопроводящего состояния в полимерном диэлектрике при электризации, полимерным мембранам с монодисперсными наноразмерными ионными каналами, синтезу и свойствам олигомерных ионных жидкостей различной молекулярной архитектуры, водорастворимым звездообразным полимерам с фуллереновым ядром на основе акриламидов и др.

Четвертая секция «Растворы и расплавы полимеров, полимерные гели» включала доклады, охватывающие поведение интерполиэлектrolитных комплексов в растворах.

В докладах рассмотрены вопросы структурных переходов и ориентационной релаксации в изотропных расплавах полимеров с мезогенными боковыми группами; ЯМР-парамагнитного зондирования, взаимодействия с металлокомплексами в растворах полиэлектролитов. Показана роль высокозаряженных олигомеров как фактора, дестабилизирующего полиэлектролитные комплексы. Рассмотрены интерполиэлектrolитные взаимодействия в полимерных мицеллярных системах и проблемы получения водорастворимых интерполиэлектrolитных комплексов на основе полиионов нелинейного строения, особенности полиэлектролитного поведения гелей и криогелей сополимеров. Большое внимание было уделено организации и самоорганизации сополимеров в различных средах.

Пятая секция «Теория и моделирование полимерных систем и процессов их получения» была посвящена методам компьютерного моделирования структуры, взаимодействия и свойств полимеров.

В работе секции были представлены доклады, отражающие современные представления о механизмах пластичности неупорядоченных твердых тел, компьютерное моделирование вытяжения пучка само- и взаимоизбегающих траекторий на двумерной решетке, взаимодействия жидких кристаллов с поверхностью полимеров, молекулярных щеток с ветвями различной топологии, дендронных и смешанных щеток, теплофизических характеристик гетероциклических полимеров, процессов самосборки сополимеров. Рассмотрены вопросы теории процесса электроформования волокон из полимерных растворов, влияния нематического упорядочения на конформационные свойства жесткоцепных полимеров в тонком плоском слое, аномальной динамики незацепленных линейных по-

лимеров в расплавах, полиморфизма в кристаллах полимеров и олигомеров, многомасштабных молекулярно-динамических моделей деформации полимерных нанокомпозитов и др.

В шестой секции «Полимерные материалы: пленки, волокна, смеси и композиты; структура и свойства» были представлены доклады, посвященные проблемам структуры и свойств полимерных композитов.

В работе секции рассмотрены наночастицы в полимерной матрице, механические и электрические свойства магнитоуправляемых эластомеров на основе силиконовых матриц и магнитного наполнителя, получение полимерных волокон, модифицированных наночастицами. Широко освещены вопросы молекулярной структуры липких полимеров и создание новых адгезивов на основе интерполимерных комплексов, свойств сверхсшитых полистиролов с предельными степенями сшивания, влияния наполнителя на кинетические характеристики стеклования в композиционных материалах, исследования структурно-морфологических превращений полимеров методом деформации в металлической матрице. Показан механизм крейзинга полиэтилентерефталата в адсорбционно-активных средах и эволюция строения поверхностных нанослоев при ориентационной вытяжке ксерогелей сверхвысокомолекулярного полиэтилена. Рассмотрены вопросы получения нанокомпозиционных материалов на основе полиолефинов, синтезированные методом *in situ* полимеризации, стеклополимерных композиционных материалов на основе активированных стеклотканых наполнителей с применением в качестве связующего олигомеров (теломеров) тетрафторэтилена, мезо/макропористых силикатов, полимерных материалов из растворов аминосодержащих сополиакрилметакрилатов и их смесей, термостойких эпоксидных нанокомпозитов, композиционные наноструктурных металлополимерных покрытий и др.

В этой секции были представлены стендовые доклады Института химии им. В.И. Никитина АН РТ:

А.Визвои, Д.Х.Халиков «Композиции на основе суспензионного и эмульсионного поливинилхлоридов». Работа посвящена созданию композиционных материалов, обладающих достаточной пластичностью при хорошей физико-механической характеристике на основе смеси поливинилхлоридов (ПВХ), полученных суспензионным (ПВХС) и эмульсионным (ПВХЭ) способами, при содержании последнего в составе смеси от 10 до 50% масс.

Н.Гарехбаш, Д.Х.Халиков «Нанокомпозиты на основе наполненного полипропилена». Доклад был посвящён выявлению зависимостей физико-механических свойств нанокомпозитов на основе ПП от вида и количества нанонаполнителей – наносиликата и монтмориллонита (ММЛ), до и после модификации гамма-аминопропилтриметоксисиланом (ГАПМС) и октадециламинобромидом (ОДАБ), соответственно.

В заключительный день Конференции с пленарными докладами выступили директор ИНЭОС РАН, академик РАН, д.х.н, профессор А.М.Музафаров и заведующий лабораторией функциональных материалов для органической электроники и фотоники Института синтетических полимерных материалов им. Н.С.Ениколопова РАН (ИСПМ РАН), д.х.н., чл.-корр. С.А.Пономаренко. Докладчики рассмотрели перспективы развития полиорганосилоксанов в координатах химии полимеров и сопряженных олигомеров и полимеров для органической электроники и фотоники.

Приглашенные и устные доклады секций стали предметом обсуждения на кофебрейках и на стендовых сессиях.

Конференция завершилась вручением грамот молодым ученым и подведением итогов конференции. Было отмечено, что VI Всероссийская Каргинская конференция «Полимеры» пользуется заслуженным научным авторитетом. Высокий уровень этой конференции обеспечен высокопрофессиональными выступлениями участников. Сборник всех докладов конференции представлен на сайте <http://kargin.msu.ru/> в свободном доступе.

Д.Х.Халикова, Р.М.Горшкова

АЮБ АЛИЕВИЧ АЛИЕВ

(04.08.1948- 02.07.2013)



2 июля 2013 г. на 64-ом году жизни скоропостижно скончался Аюб Алиевич Алиев, доцент кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых факультета геологии Таджикского национального университета.

Аюб Алиевич Алиев родился 4 августа 1948 года в Пенджикентском районе. После окончания средней школы в 1965 г. поступил на геологический факультет Таджикского госуниверситета. В 1971 г. после окончания госуниверситета он связал свою судьбу с Институтом геологии АН Таджикистана, поступив на должность старшего лаборанта, затем был переведён на должность стажёра-исследователя. Стажировку и аспирантскую подготовку проходил в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР в г. Москве. В 1980 г. А.А.Алиев, закончив аспирантуру, защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Металлогенические особенности рудоцентрирующих структур и узлов длительной эндогенной активности Южного Памира». Молодому учёному предложили работу в институте, где он проходил аспирантуру, но А.А.Алиев возвращается в Душанбе и продолжает работу в Институте геологии АН Таджикистана.

Начало его научной деятельности связано с изучением геологии и металлогении Южного Памира, где он для геологических целей широко применил методы изучения космических снимков. Эта была очень трудоёмкая работа, которая требовала больших знаний во всех областях геологии. А.А.Алиев на основе всестороннего изучения аэро- и космических снимков сделал прогноз о нахождении месторождений полезных ископаемых на Памире. И его прогноз подтвердился. Кольцеобразные структуры определяют месторождение полезных ископаемых. И это определяет закономерности распространения месторождений теоретически и практически.

В тектонической структуре Памира А.А.Алиев на основе анализа вышеуказанных данных выделил меридиональные и поперечные диагональные разломы различного простираения. Расположение месторождений изменяется в зависимости от простираения разломов. Согласно исследованиям А.А.Алиева, большие месторождения появляются в тектонических узлах и имеют большие запасы. На основании анализа этих данных на Памире выявлено несколько кольцевых структур, в пределах одной из которых расположено крупнейшее на Западном Памире месторождение Икар.

С ноября 1984 г. по октябрь 1985 г. он принимал участие в геологических изысканиях, проводимых группой советских геологов по выбору площадки для строительства АЭС в Республике Куба.

В октябре 1987 г. А.А.Алиев по конкурсу был избран на должность старшего преподавателя, а затем доцента кафедры геологии и палеонтологии Таджикского государственного университета (ныне Таджикского национального университета), в стенах которого он проводил обширную педагогическую и общественную работу. С сентября 1992 г. по 1995 г. являлся заведующим кафедрой геологии и разведки месторождений полезных ископаемых. Одновременно выполнял обязанности зам.декана геологического факультета по научной работе. Его усилиями на кафедре были выполнены многочисленные интересные и значительные работы. Преподавание на кафедре было поднято на высокий уровень. В 1995-1998 гг. он плодотворно работает в производственной сфере геологической отрасли. Его приглашают в управление «Таджикглавгеология», где он работает начальником отряда Зеравшанской партии.

В 1998 г. Правительством Республики Таджикистан А.А.Алиев назначен председателем Комитета государственному надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору.

С 2006 г. работал главным специалистом Государственного учреждения «Центр управления проектами электроэнергетики при Правительстве Республики Таджикистан» и доцентом кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых факультета геологии Таджикского национального университета.

Он является автором более 30-ти научных работ и проектов по поиску месторождений полезных ископаемых .

За многостороннюю плодотворную деятельность А.А.Алиев Правительством Республики Таджикистан был награждён орденом «Шараф» 1-й степени, а также Грамотами Министерства образования и Таджикского национального университета.

Обширные научные знания, любовь к профессии творческая энергия были основными качествами А.А.Алиева.

Добрая память об Аюбе Алиевиче будет всегда жить в сердцах его коллег и учеников, друзей и близких.

*Рахимов Ф.К., Файзиев А.Р., Таджибеков М.,
Файзиев Ф.А., Оймахмадов И.С., Валиев Ш.Ф.*

Редакция и корректура – Н.Г.Сапожников

Сдано в набор 16.04.2014 г. Подписано в печать 30.04.2014 г.
Печать офсетная. Формат 70×100 1/16. Гарнитура Times. Усл. печ. л.8. Заказ № ____.
Тираж 300 экз.

*Адрес редколлегии: 734025, Душанбе, пр.Рудаки, 33, каб. 11.
Тел.:2-21-62-64. E-mail: danrt@mail.ru
Издательство «Дониш»: 734029, Душанбе, ул.Айни, 121, корп.2.*
