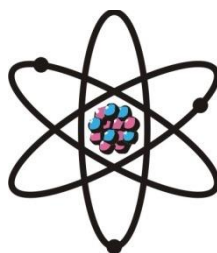


ОТДЕЛЕНИЕ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал основан
в январе 1952 г.



№ 3 (152)
2013 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

М.И.Илолов – главный редактор, академик, доктор физико-математических наук, профессор;
С.О.Одинаев – зам.главного редактора, академик, доктор физико-математических наук, профессор;
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; **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; **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, З.Н.Камарадинова.** Асимптотическая формула для среднего Рисса функции делителей, распространенной на значения тернарной кубической формы 7
- К.Тухлиев.** О наилучших приближениях целыми функциями в пространстве $L_2(\mathbb{R})$.
I. 19
- Н.М.Исमतов.** Смешанные задачи с функциональными условиями для уравнения колебаний струны..... 30

ИНФОРМАТИКА

- В.Нормантас.** Информативность букв в пределах слова..... 37

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Н.Б.Курбонов, Н.А.Абдурасулова, Б.И.Назаров, У.Мадвалиев. Мониторинг атмосферной радиации в Душанбе с помощью наземного измерительного комплекса 45

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М.Д.Исобаев, Э.Х.Пулатов, Т.Х.Абдуллаев, М.З.Турдалиев, М.Давлатназарова, Ш.А.Мингбоев. Кинетика термического разложения высокомолекулярных соединений, входящих в состав угля..... 52

Ю.Ходжибоев, Р.О.Рахронов, М.Т.Зоидова, М.А.Куканиев, Франческо Де Анджелис. Синтез и ацилирование 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-б]-1,3,4-тиадиазола..... 59

ФАРМАЦИЯ

Б.М.Холназаров, Г.М.Бобиев, Н.Д.Бунятян, А.Н.Шахматов. Разработка нового состава инъекционной лекарственной формы тимогара 64

МЕТАЛЛУРГИЯ

М.М.Вохидов, А.Муродиён, Б.С.Азизов, П.Муродиён. Свойства холоднонабивной подовой массы алюминиевых электролизёров..... 70

Ш.Р.Самихов, З.А.Зинченко, Н.Шерматов. Математическое моделирование хлоридовозгоночного обжига концентрата месторождения Чоре 78

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Х.А.Рахимов, В.Д.Абулхаев, И.Н.Ганиев, С.О.Убайдов. Магнетохимические свойства сплавов системы $Gd_5V_{i3}-Tm_5V_{i3}$ 86

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Н.Ш.Вазиров, И.Н.Ганиев, М.Т.Норова, М.С.Махсудова. Коррозионно-электрохимическое поведение сплава АМг6, легированного церием..... 91

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

М.М.Мамадвафоев, Ю.И.Дыщук. Геология и оценка перспектив золотоносности месторождения Пиндар (Центральный Таджикистан) 98

ГЕОЛОГИЯ

А.Н.Колчин, А.Р.Файзиев. Об основных элементах мезокайнозойской структуры Канмансурского рудного поля..... 106

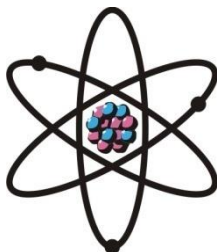
ТЕХНИКА

Х.С.Каримов, М.Ф.Хан, М.Хан, М.Сарвар, М.А.Кайсер, М.З.Хассан, С.Хафиз, З.К.Кабуттов. Мониторинг параметров фотоэлектрических модулей и окружающей среды..... 117

ХРОНИКА 122

ШҶЪБАИ
ИЛМҲОИ ФИЗИКАЮ МАТЕМАТИКА,
ХИМИЯ, ГЕОЛОГИЯ ВА ТЕХНИКА

Маҷалла аз моҳи
январ соли 1952
нашр мешавад



№ 3 (152)
с. 2013

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

М.И.Илолов – сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор;
С.О.Одинаев – 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; **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; **З.Х.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.Рамонов, З.Н.Қамарадинова.** Формулаи асимптоти миёнаи Рисс барои функсияи тасимкунандаҳо аз қимати шакли кубии тернарӣ 7
- К.Тухлиев.** Оид ба наздиккунии бехтарини функсияҳои бутун дар фазои $L_2(\mathbb{R})$. I .. 19
- Н.М.Исматов.** Масъалаҳои омехта барои муодилаи лаппишҳои тор бо шартҳои функционалӣ 30

ИНФОРМАТИКА

- В.Нормантас.** Маълумотнокии ҳарфҳо дар ҳудуди калима 37

ФИЗИКАИ АТМОСФЕРӢ

- С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Н.Б.Курбонов, Н.А.Абдурасулова, Б.И.Назаров, У.Мадвалиев.** Омӯзиши радиатсияи атмосфера дар Душанбе бо истифода аз маҷмуи таҷҳизоти ченкунанда 45

ХИМИЯИ ОРГАНИКӢ

М.Д.Исобаев, Э.Х.Пулатов, Т.Х.Абдуллаев, М.З.Турдиалиев, М.Давлатназарова, Ш.А.Мингбоев. Кинетикаи таъзияи термикӣи пайвастагиҳои калонмолекулавӣ дар таркиби ангиштбуда..... **52**

Ю.Ҳочибоев, Р.О.Раҳмонов, М.Т.Зоидова, М.А.Куканиев, Франческо Де Анджелис. Синтез ва атсилонидани 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-б]-1,3,4-тиадиазол **59**

ФАРМАЦИЯ

Б.М.Холназаров, Ғ.М.Бобиев, Н.Д.Бунятян, А.Н.Шахматов. Таҳияи таркиби шакли доруғии таъриқии нави тимоғар **64**

МЕТАЛЛУРГИЯ

М.М.Воҳидов, А.Муродиён, Б.С.Азизов, П.Муродиён. Хосиятҳои ҳамираи пресшавандаи сарди электролизёрҳои алюминӣ **70**

Ш.Р.Самихов, З.А.Зинченко, Н.Шерматов. Амсиласозии математикии хлорбуғронкунии пӯхтани концентрати кони Чоре **78**

ХИМИЯИ ФИЗИКАВӢ

Х.А.Раҳимов, В.Д.Абулҳаев, И.Н.Ғаниев, С.О.Убайдов. Хосиятҳои магнити хӯлаҳои системаи $Gd_5Vi_3-Tm_5Vi_3$ **86**

МАВОДШИНОСӢ

Н.Ш.Вазиров, И.Н.Ғаниев, М.Т.Норова, М.С.Маҳсудова. Рафтори коррозиони электрохимиявӣи хӯлаи АМг6, бо серӣи чавҳаронидашуда..... **91**

МАЪДАНҲОИ ФОИДАНОК

М.М.Мамадвафоев, Ю.И.Дишук. Геология ва баҳодиҳии оянданокии тиллонокии кони Пиндар (Тоҷикистони Марказӣ) **98**

ГЕОЛОГИЯ

А.Н.Колчин, А.Р.Ғайзиев. Дар бораи маснуотҳои асосии сохтори мезокайнозоии майдони маъдании Конимансур..... **106**

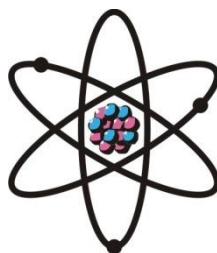
ТЕХНИКА

Ҳ.С.Каримов, М.Ғ.Хан, М.Хан, М.Сарвар, М.А.Кайсер, М.З.Ҳассан, С.Ҳафиз, З.К.Кабутов. Мониторинги параметрҳои модули фотоэлектрики ва муҳит **117**

ХРОНИКА..... **122**

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

The journal was established
in January 1952



№ 3 (152)
2013

EDITORIAL BOARD

Prof. **Mamadsho Ilolov**, Doctor of Physical and Mathematical, Editor-in-Chief; Prof. **Saidmukhammad Odinaev**, Doctor of Physical and Mathematical, Deputy Editor-in-Chief; **Nikolay Sapozhnikov**, Secretary; **Khakim Akhmedov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Pulat Babadzhanov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Abdulkhak Faysiev**, Doctor of Geology and Mineralogy; 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. **Zarullo Rakhmonov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Zafar Usmanov**, Doctor of Physical and Mathematical.

CONTENTS

MATHEMATICS

- Z.Kh.Rakhmonov, Z.N.Qamaradinova.** An asymptotic formula for the Riesz mean of the divisor function extended over the values of ternary cubic form 7
- K.Tukhliev.** About the best approximation of entire functions in $L_2(\mathbb{R})$ space. I 19
- N.M.Ismatov.** Mixed of problems for the vibrations string of equation with functional conditions 30

INFORMATICS

- V.Normantas.** Informativity of letters within a word 37

ATMOSPHERE PHYSICS

- S.F.Abdullaev, V.A.Maslov, N.B.Kurbonov, N.A.Abdurasulova, B.I.Nazarov, U.Madvaliev.** Monitoring of atmospheric radiation in Dushanbe by ground-based measuring complex 45

ORGANIC CHEMISTRY

M.D.Isobaev, E.H.Pulatov, T.H.Abdullaev, M.Z.Turdialiev, M.Davlatnazarova, Sh.A.Mingboev. Kinetics of the thermal decomposition of highmolecular fraction of the coal 52

Y.Khojibaev, R.O.Rakhmonov, M.T.Zoidova, M.A. Kukaniev, Francesco De Angelis. Synthesis and acelation of 2-butylamino-6-p-bromofenylimidazo-[2,1-b]-1,3,4 thiadiazole 59

PHARMACY

B.M.Kholnazarov, G.M.Bobiev, A.N.Shakhmatov, N.D.Buniatian. The development of composition of new injection medicamental form of thymogar 64

METALLURGY

M.M.Vohidov, A.Murodiyov, B.S.Azizov, P.Murodiyov. The main properties of cold-rammed bottom mass aluminum ceis 70

Sh.R.Samikhov, Z.A.Zinchenko, N.Shermatov. Mathematical modeling of the chloride sublimation burn of Chore's deposit concentrate 78

PHYSICAL CHEMISTRY

Kh.A.Rakhimov, V.D.Abulkhaev, I.N.Ganiev, S.O.Ubaydov. Magnetic properties of alloys of Gd₅Bi₃-Tm₅Bi₃ system 86

MATERIAL SCIENCES

N.Sh.Vazirov, I.N.Ganiev, M.T.Norova, M.S.Makhsudova. Corrosion-electrochemical behavior of alloy AMg6, cerium doped 91

MINERAL RESOURCES

M.M.Mamadvafoev, Y.I.Dischuk. Geology and gold presence perspectives of Pindar deposit (Central Tajikistan) 98

GEOLOGY

A.N.Kolchin, A.R.Fayziev. The main elements of the mesozoic and cenozoic structure Kanimansur ore field 106

TECHNIKS

Kh.S.Karimov, M.Faisal Khan, Mahmood Khan, Mahmood Sarwar, M.Adnan Qaiser, M.Zohaib Hassan, Salman Hafeez, Z.Q.Kabutov. Monitoring of photo-voltaic module properties and environmental parameters 117

CHRONICLE 122

УДК 511.325

З.Х.РАХМОНОВ, З.Н.КАМАРАДИНОВА

АСИМПТОТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА ДЛЯ СРЕДНЕГО РИССА ФУНКЦИИ
ДЕЛИТЕЛЕЙ, РАСПРОСТРАНЕННОЙ НА ЗНАЧЕНИЯ ТЕРНАРНОЙ
КУБИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Институт математики им. А.Джуроева АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 30.09.2013 г.

Для среднего Рисса веса α , $\alpha \geq 0$ функции делителей, распространенной на значения тернарной кубической формы $\varphi(z_1, z_2, z_3) = z_1^3 + z_2^3 + z_3^3 - 3z_1z_2z_3$, $z_1, z_2, z_3 \in \mathbb{Z}$, то есть для суммы

$$T_{\alpha, k}(x) = \sum_{\varphi(z_1, z_2, z_3) \leq x} \tau_k(\varphi(z_1, z_2, z_3)) \left(1 - \frac{x}{\varphi(z_1, z_2, z_3)}\right)^\alpha,$$

при $k > 3k_1(1 + \alpha)$, $k_1 = 79.95$ выводится асимптотическая формула.

Ключевые слова: асимптотическая формула – тернарная кубическая форма – производящий ряд Дирихле – экспонента Карлсона – средний Рисса.

В работе для среднего Рисса веса α , $\alpha \geq 0$ функции делителей, распространенной на значения тернарной кубической формы $\varphi = \varphi(z_1, z_2, z_3) = z_1^3 + z_2^3 + z_3^3 - 3z_1z_2z_3$, $z_1, z_2, z_3 \in \mathbb{Z}$, то есть для суммы

$$T_{\alpha, k}(x) = \sum_{\varphi(z_1, z_2, z_3) \leq x} \tau_k(\varphi(z_1, z_2, z_3)) \left(1 - \frac{x}{\varphi(z_1, z_2, z_3)}\right)^\alpha, \quad (1)$$

выводится асимптотическая формула.

Адрес для корреспонденции: Рахмонов Зарулло Хусенович, Камарадинова Заррина Нусратуллоевна. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/4, Институт математики им. А.Джуроева АН РТ. E-mail: zarullo_r@mail.ru; zarrina.qamariddinova@gmail.com

Обозначение: $\zeta(s)$ – дзета-функция Римана, $L(s, \chi)$ – L -ряд Дирихле, χ – неглавный характер по модулю 3, $B(s, \alpha)$ – бетта-функция Эйлера.

Лемма 1. Для производящего ряда Дирихле функции $t_k(n)$ справедливо равенство

$$f_k(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{t_k(n)}{n^s} = \zeta^{2k}(s) L^k(s, \chi) g_k(s), \quad g_k(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_k(n)}{n^s}, \quad (2)$$

где χ – неглавный характер по модулю 3, $|b_k(n)| \ll_{\varepsilon} n^{\varepsilon}$ и ряд $g_k(s)$ сходится абсолютно при всех s с условием $\operatorname{Re} s > 1/2$. В случае $k=1$ имеем также $g(s) = g_1(s) = 1 - \frac{2}{3^s} + \frac{3}{9^s}$.

Доказательство см. [1], стр. 1-23 и [2].

Лемма 2. Пусть функция $h(s)$ комплексной переменной $s = \sigma + it$ представляется рядом Дирихле вида

$$h(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s},$$

который сходится абсолютно при $\operatorname{Re}(s) = \sigma > 1$. Далее, пусть $A(n)$ – монотонно возрастающая функция от n и $|a_n| \leq A(n)$ при всех n . Пусть также $\beta > 0$, $\delta > 0$ и при $\sigma \rightarrow 1+0$ выполняется асимптотическая оценка

$$\sum_{n=1}^{\infty} |a_n| n^{-\sigma} \ll (\sigma - 1)^{-\beta}.$$

Тогда при всех $b \geq 1 + \delta$, любом x вида $x = N + \frac{1}{2}$, где N – натуральное число, и $T \geq 2$ справедливо равенство

$$\begin{aligned} \sum_{n \leq x} a_n \left(1 - \frac{n}{x}\right)^{\alpha} &= \frac{1}{2\pi i} \int_{b-iT}^{b+iT} h(s) x^s B(s, \alpha + 1) ds + \\ &+ O\left(\frac{x^b}{T^{\alpha+1}(b-1)^{\beta}}\right) + O\left(\frac{x A(2x) \ln x}{T^{\alpha+1}}\right). \end{aligned}$$

Доказательство см. [3], стр. 16 – 19 и [4].

Теорема 1. Пусть $\alpha \geq 0$ – произвольное вещественное число, φ – тернарная кубическая форма вида

$$\varphi = \varphi(z_1, z_2, z_3) = z_1^3 + z_2^3 + z_3^3 - 3z_1 z_2 z_3, \quad z_1, z_2, z_3 \in \mathbb{Z}.$$

Тогда при $k > 3k_1(1 + \alpha)$, $k_1 = 79.95$ справедлива следующая асимптотическая формула

$$T_{\alpha,k}(x) = xQ_{2k-1}(\ln x) + R_{\alpha,k}(x),$$

где $Q_{2k-1}(y)$ — многочлен степени $2k-1$, определяемый равенством

$$xQ_{2k-1}(\ln x) = \operatorname{Re} s \zeta^{2k}(s) L^k(s, \chi) g_k(s) x^s B(s, \alpha + 1),$$

кроме того, для остаточного члена $R_{\alpha,k}(x)$ справедлива оценка вида

$$R_{\alpha,k}(x) \ll_{\varepsilon} x^{1-\delta_{k,\alpha}+\varepsilon}, \quad \delta_{k,\alpha} = \left(\frac{2+3\alpha}{6a(k-k_1)} \right)^{2/3},$$

где $a \leq 4.45$.

Эта теорема является обобщением теоремы Е.Е.Баядилова [1,2] об асимптотической формуле для среднего значения многомерной функции делителей от кубической формулы $\varphi(z_1, z_2, z_3)$.

Доказательство. Функция $\varphi(n)$ означает количество представлений натурального n в виде $n = \varphi(z_1, z_2, z_3) = z_1^3 + z_2^3 + z_3^3 - 3z_1z_2z_3$, где z_1, z_2, z_3 — некоторые целые числа.

Арифметическая функция $t(n) = \frac{1}{3}\varphi(n)$ является мультипликативной и для всякого простого числа p и всякого натурального числа λ имеют место равенства [5]

$$t(p^\lambda) = \begin{cases} 2(\lambda-1), & \text{если } p=3, \lambda \geq 1; \\ \frac{(\lambda+1)(\lambda+2)}{2}, & \text{если } p \equiv 1 \pmod{3}; \\ \left[\frac{\lambda}{2} \right] + 1, & \text{если } p \equiv -1 \pmod{3}. \end{cases} \quad (3)$$

Отсюда и из определения $\tau_3(p^\lambda)$ следует неравенство $t(p^\lambda) \leq \tau_3(p^\lambda)$. Вместе с функцией $t(n)$ мультипликативной является и функция $t_k(n) = \tau_k(n)t(n)$, для которого имеет место лемма 1. Согласно определению, $t_k(n) = \frac{1}{3}\varphi_k(n)$, где $\varphi_k(n)$ равна числу решений системы диофантовых уравнений вида

$$\begin{cases} x_1 \dots x_k = n, \\ z_1^3 + z_2^3 + z_3^3 - 3z_1z_2z_3 = n. \end{cases}$$

Для $\varphi_k(n)$ имеет место равенство $\varphi_k(n) = \tau_k(n)\varphi(n)$, где $\tau_k(n)$ равна числу решений первого уравнения системы уравнений, а $\varphi(n) = \varphi_1(n)$ – число решений второго уравнения. Поэтому сумма (1) принимает вид

$$T_{\alpha,k}(x) = \sum_{n \leq x} \varphi_k(n) \left(1 - \frac{x}{n}\right)^\alpha = 3 \sum_{n \leq x} t_k(n) \left(1 - \frac{x}{n}\right)^\alpha. \quad (4)$$

Далее всюду, не ограничивая общности, будем считать, что x полуцелое число, то есть $x = N + \frac{1}{2}$. Воспользуемся для правой части (4) леммой 2 об аналоге формулы Перрона для средних Рисса порядка α . Полагая $a_n = t_k(n)$, $A(n) = n^\varepsilon$, $\delta = L^{-1}$, проверим выполнение трёх условий этой леммы для ряда Дирихле $f_k(s)$, определяемой формулой (2).

1. Из представления (2) следует, что ряд $f_k(s)$ при $Re s = \sigma > 1$ сходится абсолютно по следующим причинам:

- дзета-функция $\zeta(s)$ аналитическая в полуплоскости $Re s > 1$;
- ряд Дирихле $L^k(s, \chi)$ является целой функцией;
- ряд $g_k(s)$ сходится абсолютно при всех s с условием $Re s > 1/2$.

2. Пользуясь соотношением (3) и оценкой $\tau_k(n) \ll n^\varepsilon$, можно считать, что

$$t_k(n) = \tau_k(n)t(n) \leq \tau_k(n)\tau_3(n) \leq A(n) = c(\varepsilon)n^\varepsilon$$

для любого $\varepsilon > 0$ и некоторой постоянной $c(\varepsilon) > 0$.

3. Дзета-функция Римана $\zeta(s)$ аналитическая в полуплоскости $Re s > 0$ за исключением точки $s = 1$; в точке $s = 1$ дзета-функция Римана $\zeta(s)$ имеет простой полюс с вычетом, равным 1. Поэтому

$$\zeta(\sigma) = \frac{1}{\sigma - 1} + O(1) \text{ при } \sigma \rightarrow 1+. \quad (5)$$

Функция $L^k(s, \chi)$ является целой функцией, поэтому

$$L^k(\sigma, \chi) = O(1) \text{ при } \sigma \rightarrow 1+. \quad (6)$$

Из леммы 1 следует, что ряд $g_k(s)$ сходится абсолютно при всех s с условием $Re s > 1/2$, следовательно

$$g_k(\sigma) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_k(n)}{n^\sigma} = O(1) \text{ при } \sigma \rightarrow 1+.$$

Отсюда, из (5) и (6) находим

$$f_k(\sigma) = \zeta^{2k}(\sigma)L^k(\sigma, \chi)g_k(\sigma) \ll \zeta^{2k}(\sigma) \ll \frac{1}{(\sigma-1)^{2k}} \text{ при } \sigma \rightarrow 1+,$$

то есть можно в лемме 2 взять $\beta = 2k$.

Выбирая $b = 1 + \delta = 1 + L^{-1}$, при $T \geq 2$ получим

$$T_{\alpha,k}(x) - \frac{3}{2\pi i} \int_{b-iT}^{b+iT} F_k(s) ds \ll \frac{x^b}{T^{\alpha+1}(b-1)^\beta} + \frac{x A(2x) \ln x}{T^{\alpha+1}} \ll \frac{x^{1+\varepsilon}}{T^{\alpha+1}},$$

где $F_k(s) = f_k(s)x^s B(s, \alpha+1)$. Контур интегрирования $E_0 = [b-iT, b+iT]$, заменим на другой, состоящий из следующих частей E_1, \dots, E_5 :

1. E_1 — горизонтальный отрезок $[b-iT, \beta-iT]$, где β — некоторое число из промежутка $3/4 < \beta < 1$;
2. E_2 — вертикальный отрезок $[\beta-iT, \beta-iT_0]$, причем точка $\beta-iT_0$ лежит на окружности K радиуса 0.49 с центром в точке $z_0 = 1$ и $T_0 > 0.3$;
3. E_3 — часть указанной выше окружности K от точки $\beta-iT_0$ до точки $\beta+iT_0$ в отрицательном направлении;
4. E_4 — вертикальный отрезок с началом в точке $\beta+iT_0$ и концом $\beta+iT$;
5. E_5 — горизонтальный отрезок $[\beta+iT, b+iT]$.

На основании теоремы о вычетах заключаем, что интеграл по старому контуру равен сумме интеграла по новому контуру и вычету подынтегральной функции $F_k(s)$ в точке $s=1$. Порядок полюса в точке $s=1$ у функции $F_k(s)$ равен $2k$, поэтому вычет функции $F_k(s)$ в точке $s=1$ равен $\text{Res}_{s=1}\{F_k(s)\} = x Q_{2k-1}(\ln x)$, где $Q_{2k-1}(\ln x)$ представляет собой многочлен степени $2k-1$ с вещественными коэффициентами от переменной $y = \ln x$. Таким образом

$$T_{\alpha,k}(x) = 3x Q_{2k-1}(\ln x) + R_{\alpha,k}(x),$$

$$R_{\alpha,k}(x) = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5 + O\left(\frac{x^{1+\varepsilon}}{T^{\alpha+1}}\right), \quad (7)$$

$$J_j = \frac{3}{2\pi i} \int_{E_j} F_k(s) ds, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5.$$

Оценим каждый из этих интегралов отдельно.

Оценка J_1 и J_5 . Модули интегралов J_1 и J_5 совпадают. Оценим J_1 :

$$J_1 = \frac{3}{2\pi i} \int_{b-iT}^{\beta-iT} F_k(s) ds = \frac{3}{2\pi i} \int_b^1 F_k(\sigma - iT) d\sigma + \frac{3}{2\pi i} \int_1^\beta F_k(\sigma - iT) d\sigma.$$

Для оценки подынтегральной функции $F_k(\sigma - iT)$ при $\beta \leq \sigma \leq b$ воспользуемся:

- оценками: $|\zeta(s)| \ll t^{a(1-\sigma)^{3/2}}$, при $\beta \leq \sigma \leq 1$, и $|\zeta(s)| \ll \ln t$, при $\sigma \geq 1$;
- оценкой модуля функции $L(s, \chi)$ при $\operatorname{Re} s > 0.5$ вида $|L(s, \chi)| \ll 1$;
- оценкой модуля функции $g(s)$ при $\operatorname{Re} s > 0.5$, которая следует из леммы 1 и имеет вид $g_k(s) \ll 1$, $\beta \leq \sigma \leq b$.
- оценкой модуля функции $B(s, \alpha + 1)$ при $s \neq -m$, где m – неотрицательные целые числа:

$$|B(s, \alpha + 1)| \ll |s|^{-\alpha-1} \ll t^{-\alpha-1}.$$

Отсюда при $\beta \leq \sigma \leq 1$ найдем

$$\begin{aligned} |F_k(\sigma - iT)| &= |\zeta^{2k}(\sigma - iT)| |L^k(\sigma - iT, \chi)| |g_k(\sigma - iT)| x^\sigma |B(\sigma - iT, \alpha + 1)| \ll \\ &\ll T^{2ka(1-\sigma)^{3/2}} \cdot x^\sigma \cdot T^{-\alpha-1} = x^\sigma T^{2ka(1-\sigma)^{3/2} - \alpha - 1}. \end{aligned}$$

Аналогично при $1 \leq \sigma \leq b$ находим

$$\begin{aligned} |F_k(\sigma - iT)| &= |\zeta^{2k}(\sigma - iT)| |L^k(\sigma - iT, \chi)| |g_k(\sigma - iT)| x^\sigma |B(\sigma - iT, \alpha + 1)| \ll \\ &\ll (\ln T)^{2k} \cdot x^b \cdot T^{-\alpha-1} = exT^{-\alpha-1} (\ln T)^{2k}. \end{aligned}$$

Переходя к оценкам и воспользовавшись полученными оценками функции $F_k(s)$, имеем

$$\begin{aligned} |J_1| &\ll \int_\beta^1 x^\sigma T^{2ka(1-\sigma)^{3/2} - \alpha - 1} d\sigma + \int_1^b \frac{x(\ln T)^{2k}}{T^{\alpha+1}} d\sigma = \\ &= \frac{x}{T^{\alpha+1}} \left(\int_\beta^1 \exp(f(\sigma)) d\sigma + \frac{(\ln T)^{2k}}{L} \right), \end{aligned}$$

где $f(\sigma) = (\sigma - 1)L + 2ka(1 - \sigma)^{3/2} \ln T$ и $f'(\sigma) = L + 3ka(1 - \sigma)^{1/2} \ln T$ положительна при $\beta \leq \sigma < 1$, поэтому $f(\sigma)$ выпукла вниз и, следовательно, справедливо неравенство

$$f(\sigma) \leq \max(f(\beta), f(1)) = \max((\beta - 1)L + 2ka(1 - \beta)^{3/2} \ln T, 0).$$

Поэтому правая часть последнего неравенства для J_1 принимает вид

$$\begin{aligned}
|J_1| &\ll \frac{x}{T^{\alpha+1}} \left(\int_{\beta}^1 (\exp(f(\beta)) + \exp(f(1))) d\sigma + \frac{(\ln T)^{2k}}{L} \right) = \\
&= xT^{-\alpha-1} \left(\left(x^{\beta-1} T^{2ka(1-\beta)^{3/2}} + 1 \right) (1-\beta) + \frac{(\ln T)^{2k}}{L} \right) \ll \\
&\ll x^{\beta} T^{2ka(1-\beta)^{3/2}-\alpha-1} + xT^{-\alpha-1} \frac{(\ln T)^{2k}}{L}.
\end{aligned}$$

Оценка J_2 и J_4 . Модули интегралов J_2 и J_4 также совпадают. Оценим J_4 :

$$J_4 = \frac{3}{2\pi i} \int_{\beta+iT_0}^{\beta+iT} F_k(s) ds = \frac{3}{2\pi} \int_{T_0}^T F_k(\beta+it) dt.$$

Разбивая в J_4 промежуток интегрирования $[T_0, T]$ на n_1 , $n_1 \ll \ln T$ промежутков вида $[T_n, T_{n+1}]$, где $T_0 < T_n < T_{n+1} \leq 2T_n < T$, получим

$$J_4 = \sum_{n=1}^{n_1} J_4(n), \quad J_4(n) = \frac{3}{2\pi} \int_{T_n}^{T_{n+1}} F_k(\beta+it) dt.$$

Для оценки интеграла $J_4(n)$ при $T_n \leq t \leq T_{n+1}$ воспользуемся:

- оценкой модуля функции $L(s, \chi)$ при $Re s > 0.5$ вида $|L(s, \chi)| \ll 1$;
- оценкой модуля функции $g(s)$ при $Re s > 0.5$ имеет вид $g_k(s) \ll 1$;
- оценкой $|B(s, \alpha+1)| \ll |s|^{-\alpha-1} \ll t^{-\alpha-1}$ при $s \neq -m$, где m – неотрицательные целые числа.

Следовательно, для модуля интеграла $J_4(n)$ имеем:

$$|J_4(n)| \ll x^{\beta} \int_{T_n}^{T_{n+1}} |\zeta^{2k}(\beta+it)| t^{-\alpha-1} dt \leq x^{\beta} T_n^{-\alpha-1} \int_{T_n}^{T_{n+1}} |\zeta^{2k}(\beta+it)| dt.$$

Далее для оценки последнего интеграла воспользуемся экспонентой Карлсона, то есть величиной $m(\beta) = \sup m$, где $m > 0$ таково, что при произвольном фиксированном $\varepsilon > 0$ выполняется оценка

$$\int_{T_n}^{T_{n+1}} |\zeta(\beta+it)|^{2m} dt \leq \int_1^{T_{n+1}} |\zeta(\beta+it)|^{2m} dt \ll_{\varepsilon} T_n^{1+\varepsilon}.$$

Для оценки экспоненты Карлсона воспользуемся утверждением (см. [3] и [4].)

Лемма 3. При $\beta > 1 - \frac{1}{31.2}$ и $k_1 = 79.95$ справедлива следующая оценка для экспоненты Карлсона

$$m(\beta) \geq \frac{1}{3a(1-\beta)^{\frac{3}{2}}} + k_1.$$

Имеем

$$\begin{aligned} |J_4(n)| &\ll x^\beta T_n^{-\alpha-1} \cdot \max_{T_n \leq t \leq T_{n+1}} |\zeta(\beta+it)|^{2k-2m(\beta)} \int_{T_n}^{T_{n+1}} |\zeta(\beta+it)|^{2m(\beta)} dt \leq \\ &\leq x^\beta T_n^{-\alpha+\varepsilon} \cdot \max_{T_n \leq t \leq 2T_n} |\zeta(\beta+it)|^{2k-2m(\beta)}. \end{aligned} \quad (8)$$

Далее воспользуемся оценкой дзета-функции Римана вида

$$\zeta(\beta+it) \ll t^{a(1-\beta)^{\frac{3}{2}}}, \quad t \in \mathbb{R}, \quad \beta \in \left(\frac{1}{2}, 1\right], \quad (9)$$

где $a > 0$ – некоторая постоянная, значение которой последовательно улучшается. История оценок параметра a начинается с работы Рихерта [6], где было указано значение $a = 100$, а в дальнейшем были получены следующие результаты: $a = 39$ (Туран, 1971), $a = 86$ (Рибенбойм, 1986), $a = 26$ и $a = 21$ (Пантелеева, 1987, 1988), $a = 17$ (Хис – Браун, 1990), $a = 18.4974$ (Кулас, 1999 [7]). Последние оценки для параметра a дают значения $a \leq 15.21$, полученные Е.Е.Баядиловым [2] и $a = 4.45$, полученном К.Фордом [8]. Подставляя оценку (9) в правую часть (8), найдем

$$|J_4(n)| \ll x^\beta T_n^{-\alpha+\varepsilon} \cdot \left(T_n^{a(1-\beta)^{\frac{3}{2}}} \right)^{2k-2m(\beta)} = x^\beta T_n^{-\alpha+a(2k-2m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}+\varepsilon}}.$$

Суммируя по всем $1 \leq n \leq n_1$, $n_1 \ll \ln T$, будем иметь

$$\begin{aligned} J_4 &\ll \sum_{n=1}^{n_1} x^\beta T_n^{-\alpha+a(2k-2m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}+\varepsilon}} \ll \\ &\ll x^\beta \left(T_{n_1}^{-\alpha+a(2k-2m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}+\varepsilon}} + T_1^{-\alpha+a(2k-2m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}+\varepsilon}} \right) \ln T \ll \\ &\ll x^\beta \left(T^{-\alpha+a(2k-2m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}+\varepsilon}} + 1 \right) \ln T. \end{aligned}$$

Оценка интеграла J_3 . Контур E_3 — часть окружности радиуса 0.49 с центром в точке $z_0 = 1$ от точки $\beta - iT_0$ до точки $\beta + iT_0$ в отрицательном направлении, то есть $E_3 = \{s : s = 1 + 0.49e^{i\varphi}, \varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_2\}$ и φ_1 и φ_2 однозначно определяются из соотношений

$$0.49e^{i\varphi_1} = \beta - 1 - iT_0, \quad 0.49e^{i\varphi_2} = \beta - 1 + iT_0.$$

Таким образом,

$$J_3 = \frac{3}{2\pi i} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} F_k(1+0,49 e^{i\varphi}) 0,49 e^{i\varphi} d\varphi \ll \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} |F_k(1+0,49 e^{i\varphi})| d\varphi.$$

Оценим сверху модуль подынтегральной функции $|F_k(1+0,49 e^{i\varphi})|$. Функции $\zeta^{2k}(s)$, $L^k(s, \chi)$, $g_k(s)$ и $B(s, \alpha+1)$ являются голоморфными в ε – окрестности E_3 , поэтому модули всех этих функций сверху ограничены постоянной. Следовательно,

$$|F_k(1+0,49 e^{i\varphi})| = |\zeta^{2k}(1+0,49 e^{i\varphi})| |L^k(1+0,49 e^{i\varphi}, \chi)| |g_k(1+0,49 e^{i\varphi})| \cdot \\ \cdot |B(1+0,49 e^{i\varphi}, \alpha+1)| x^{1+0,49 \cos \varphi} \ll x^{1+0,49 \cos \varphi} \ll x^{1+0,49 \cos \varphi_1} = x^\beta$$

Поэтому

$$J_3 \ll \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} |F_k(1+0,49 e^{i\varphi})| d\varphi \ll x^\beta.$$

Подставляя найденные оценки для интегралов J_j , $j=1,2,3,4,5$ в формулу (7), найдем

$$R_{\alpha,k}(x) \ll \frac{x^{1+\varepsilon}}{T^{\alpha+1}} + x^\beta T^{2a(k-m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}}-\alpha} \Delta(T) + x^\beta \ln T, \quad (10)$$

$$\Delta(T) = \left(T^{2am(\beta)(1-\beta)^{\frac{3}{2}}-1} + T^\varepsilon \right) \ln T.$$

В (10) для заданного x выберем значения параметров T и β так, чтобы его правая часть была как можно меньшей. Для этого потребуем, чтобы выполнялось

$$\frac{x}{T^{1+\alpha}} = x^\beta T^{2a(k-m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}}-\alpha} = x^\beta, \quad (11)$$

что равносильно

$$x^{1-\beta} = T^{2a(k-m(\beta))(1-\beta)^{\frac{3}{2}}+1} = T^{1+\alpha}. \quad (12)$$

Воспользовавшись леммой 3, будем считать, что

$$2m(\beta) = \frac{2}{3a(1-\beta)^{\frac{3}{2}}} + 2k_1, \quad \beta > 1 - \frac{1}{31.2}. \quad (13)$$

Подставляя это значение $m(\beta)$ в первый показатель параметра T в (12), имеем

$$\begin{aligned}
a(2k - 2m(\sigma))(1 - \beta)^{\frac{3}{2}} + 1 &= 1 + a \left(2k - \frac{2}{3a(1 - \beta)^{\frac{3}{2}}} - 2k_1 \right) (1 - \beta)^{\frac{3}{2}} = \\
&= 1 + a(2k - 2k_1)(1 - \beta)^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} = a(2k - 2k_1)(1 - \beta)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{3}.
\end{aligned}$$

Сравнивая этот показатель с вторым показателем параметра T в (12), то есть

$$a(2k - 2k_1)(1 - \beta)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{3} = 1 + \alpha,$$

находим значение параметра β :

$$(1 - \beta)^{\frac{3}{2}} = \frac{2 + 3\alpha}{a(6k - 6k_1)}, \quad \beta = 1 - \left(\frac{2 + 3\alpha}{a(6k - 6k_1)} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (14)$$

для которого условие $\beta > 1 - \frac{1}{31.2}$ леммы 3 выполняется при

$$k > \frac{(31.2)^{\frac{3}{2}}(2 + 3\alpha)}{6a} + k_1.$$

Таким образом, при

$$\beta = 1 - \left(\frac{2 + 3\alpha}{a(6k - 6k_1)} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad k > \frac{(31.2)^{\frac{3}{2}}(2 + 3\alpha)}{6a} + k_1 \quad (15)$$

первый и второй показатель параметра T в (12) равны. А при выборе

$$T = x^{\frac{1-\beta}{1+\alpha}}$$

выполняется соотношение (12) и равносильное ему соотношение (11), из которого и (10) получим

$$R_{\alpha,k}(x) \ll x^{\beta+\varepsilon} + x^\beta \Delta(T) + x^\beta \ln T,$$

где β определяется соотношением (15). Выясним теперь при каких условиях выполняется оценка

$$\Delta(T) \ll x^\varepsilon,$$

которая следует, если показатель $2am(\beta)(1 - \beta)^{3/2} - 1$ параметра T в выражении для $\Delta(t)$ не будет положительным. Воспользовавшись значениями параметров $m(\beta)$ и β , то есть соотношениями (13) и (14), последовательно найдем

$$2am(\beta)(1-\beta)^{\frac{3}{2}}-1=2ak_1(1-\beta)^{\frac{3}{2}}-\frac{1}{3}=2ak_1\cdot\frac{2+3\alpha}{a(6k-6k_1)}-\frac{1}{3}=$$

$$=-\frac{k-3k_1(1+\alpha)}{3(k-k_1)}\leq 0, \quad k\geq 3k_1(1+\alpha).$$

Из соотношения

$$k\geq\max\left(\frac{(31,2)^{\frac{3}{2}}(2+3\alpha)}{6a}+k_1,3k_1(1+\alpha)\right)=3k_1(1+\alpha)$$

следует утверждение теоремы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баядилов Е.Е. О среднем значении функции делителей от тернарной кубической формы // Кандидатская диссертация, Душанбе, Институт математики АН Республики Таджикистан, 2009, 70 с.
2. Баядилов Е.Е. О проблеме делителей для значений тернарной кубической формы. – Вестник МГУ, сер.1 матем.мех., №5, 2001, с.29–32.
3. Колпакова О.В. О средних значениях арифметических функций // Кандидатская диссертация, М.: МГУ, 2006, 13 с.
4. Колпакова О.В. О средних Рисса в многомерной проблеме делителей. – Вестник МГУ, сер.1 матем.мех., №6, 2007, с.53–55.
5. Нгуен Хак Тхань. О кубической форме $x^3+y^3+z^3-3xyz$. – Вестник МГУ, сер.1 матем.мех., №3, 1990, с.7–10.
6. Richert H.E. Einführung in die Theorie der starken Rieszchen Summierbarkeit von Dirichletreihen // Nachr. Akad. Wiss. Göttingen (Math. Physik), (1960), 17-75.
7. Kulas M. Refinement of an estimate for the Hurwitz zeta-function a neighbourhood of the line $\sigma=1$ // Acta arithm. 89, 4(1999), 301-309.
8. Ford K., Vinogradov's integral and bounds for the Riemann zeta-function // Proc. London Math. Soc. (3) 85 (2002), 565-633.

З.Х.РАМОНОВ, З.Н. ҚАМАРАДИНОВА

ФОРМУЛАИ АСИМПТОТИИ МИЁНАИ РИСС БАРОИ ФУНКСИЯИ ТАСИМКУНАНДАҲО АЗ ҚИМАТИ ШАКЛИ КУБИИ ТЕРНАРӢ

*Институти математикаи ба номи А.Қӯраевӣ
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Барои миёнаи Рисси вазнаш α , $\alpha \geq 0$ функцияи тасимкунандаҳо аз қимати шакли кубии тернарии $\varphi(z_1, z_2, z_3) = z_1^3 + z_2^3 + z_3^3 - 3z_1z_2z_3$, $z_1, z_2, z_3 \in \mathbb{Z}$, яъне барои суммаи

$$T_{\alpha,k}(x) = \sum_{\varphi(z_1, z_2, z_3) \leq x} \tau_k(\varphi(z_1, z_2, z_3)) \left(1 - \frac{x}{\varphi(z_1, z_2, z_3)}\right)^\alpha,$$

ҳангоми $k > 3k_1(1 + \alpha)$, $k_1 = 79.95$ формулаи асимптотӣ исбот карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: формулаи асимптотӣ – шакли тернарии кубӣ – қатори тавлидкунандаи Дирихле – экспонентаи Карлсон – миёнаи Рисс.

Z.Kh.RAKHMONOV, Z.N.QAMARADINOVA

AN ASYMPTOTIC FORMULA FOR THE RIESZ MEAN OF THE DIVISOR FUNCTION EXTENDED OVER THE VALUES OF TERNARY CUBIC FORM

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

An asymptotic formula has been derived for the Riesz mean with the weight α , $\alpha \geq 0$ of the divisor function extended over the values of ternary cubic form $\varphi(z_1, z_2, z_3) = z_1^3 + z_2^3 + z_3^3 - 3z_1z_2z_3$, $z_1, z_2, z_3 \in \mathbb{Z}$. Namely an asymptotic formula has been derived for the sum

$$T_{\alpha,k}(x) = \sum_{\varphi(z_1, z_2, z_3) \leq x} \tau_k(\varphi(z_1, z_2, z_3)) \left(1 - \frac{x}{\varphi(z_1, z_2, z_3)}\right)^\alpha,$$

for $k > 3k_1(1 + \alpha)$, $k_1 = 79.95$.

Key words: asymptotic formula – ternary cubic form – Dirichlet generating series – Carleson exponential – Riesz mean.

УДК 517.5

К.ТУХЛИЕВ

О НАИЛУЧШИХ ПРИБЛИЖЕНИЯХ ЦЕЛЫМИ ФУНКЦИЯМИ
В ПРОСТРАНСТВЕ $L_2(\mathbb{R})$. I.

Худжандский государственный университет им. Б.Гафурова

Поступила в редакцию 24.12.2012 г.

Решена экстремальная задача о наилучшем среднеквадратическом приближении функций $f \in L_2(\mathbb{R})$, $\mathbb{R} = (-\infty, +\infty)$ целыми функциями экспоненциального типа $\sigma \in \mathbb{R}_+$, $\mathbb{R}_+ = (0, +\infty)$. Найдены точные неравенства между величиной наилучших приближений $f \in L_2(\mathbb{R})$ и интегралами, содержащими специальные модули непрерывности m -го порядка, связанные с оператором Стеклова. Вычислены точные значения средних ν -поперечников, введенные Г.Г.Магарил-Ильяевым для классов функций $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$, удовлетворяющих условию

$$\left(\frac{1}{t} \int_0^t \Omega_m^{1/m}(f^{(r)}; \tau) d\tau \right)^m \leq \Phi(t),$$

где $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $0 < p \leq 2$, $t \in \mathbb{R}_+$, $\Omega_m(f^{(r)}; \tau)$ – обобщенный модуль непрерывности m -го порядка производной $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$, $\Phi(t)$ – произвольная возрастающая функция, $\Phi(0) = 0$.

Ключевые слова: наилучшие приближения – модуль непрерывности m -го порядка – неравенство Джексона-Стечкина – целая функция экспоненциального типа – средние ν -поперечники.

1. Введение

Общеизвестно, что начало исследований, связанных с аппроксимацией на всей оси, было положено С.Н.Бернштейном [1], который ввёл в науку само понятие наилучшего приближения функции, заданной на бесконечном интервале посредством целых функций конечной степени и создал теорию приближения на всей оси $\mathbb{R} = (-\infty, +\infty)$. Даль-

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

нейшее развитие этого направления науки связано с именами Н.Винера, Н.И.Ахиезера, М.Г.Крейна, С.М.Никольского, И.И.Ибрагимова и многих других, результаты исследования которых изложены в монографиях [3,2].

В конце семидесятых годов прошлого века были опубликованы работы И.И.Ибрагимова и Ф.Г.Насибова [4], В.Ю.Попова [5], в которых рассматривается экстремальная задача об отыскании точных констант в неравенствах типа Джексона-Стечкина для наилучших среднеквадратических приближений функций целыми функциями экспоненциального типа. Эти работы послужили основанием для введения понятия средних ν -поперечников, базирующихся на понятии средней размерности, введенном Г.Г.Магарил-Ильяевым [6,7]. В частности, он вычислил точные значения средних ν -поперечников для соболевских классов функций с ограниченной по норме пространства r -й производной на всей оси [6,7]. В дальнейшем эта тематика нашла свое развитие в серии работ С.Б.Вакарчука (см., например, [8,9]) и М.Ш.Шабозова с соавторами [10,11,12]. Полученные в этой статье результаты являются продолжением и развитием цитированных выше работ в этом направлении.

Всюду далее придерживаемся следующих обозначений: \mathbb{N} – множество натуральных чисел; $\mathbb{Z}_+ = \mathbb{N} \cup \{0\}$; \mathbb{R}_+ – множество положительных чисел вещественной оси; $L_p(\mathbb{R}) (1 \leq p \leq \infty, \mathbb{R} := (-\infty, +\infty))$ – пространство измеримых и суммируемых в p -й степени на всей оси \mathbb{R} функций f с конечной нормой

$$\|f\|_{L_p(\mathbb{R})} := \left(\int_{\mathbb{R}} |f(x)|^p dx \right)^{1/p} < \infty \quad (1 \leq p < \infty).$$

При этом $L_\infty(\mathbb{R})$ – пространство измеримых и ограниченных на \mathbb{R} функций с нормой $\|f\|_{L_\infty(\mathbb{R})} := \text{vraisup}\{|f(x)| : x \in \mathbb{R}\}$.

В обозначениях общего характера, там, где это не вызывает недоразумений, вместо $\|f\|_{L_p(\mathbb{R})}, \|f\|_{L_\infty(\mathbb{R})}$ будем писать просто $\|f\|_p, \|f\|_\infty$. Через $L_p^{(r)}(\mathbb{R}) (1 \leq p \leq \infty, r \in \mathbb{Z}_+; L_p^{(0)}(\mathbb{R}) = L_p(\mathbb{R}))$ обозначим множество функций $f \in L_p^{(r)}(\mathbb{R})$, у которых производные $(r-1)$ -го порядка $f^{(r-1)}$ локально абсолютно непрерывны, а производные r -го порядка $f^{(r)}$ принадлежат пространству $L_p(\mathbb{R})$, $1 \leq p \leq \infty$. Символом $B_{\sigma,p} (0 < \sigma < \infty, 1 \leq p \leq \infty)$ будем обозначать сужение на \mathbb{R} множества всех функций экспоненциального типа σ , принадлежащих пространству $L_p(\mathbb{R})$. Величину

$$\mathcal{A}_\sigma(f)_p := \inf \left\{ \|f - g_\sigma\|_p : g_\sigma \in B_{\sigma,p} \right\}, \quad 1 \leq p \leq \infty$$

называют наилучшим приближением функции $f \in L_p(\mathbb{R})$ элементами подпространства $B_{\sigma,p}(\sigma \in \mathbb{R}_+, 1 \leq p \leq \infty)$.

Модулем непрерывности m -го порядка функции $f \in L_p(\mathbb{R})$ ($1 \leq p \leq \infty$) называют величину

$$\omega_m(f, t)_p := \sup \left\{ \left\| \Delta_h^m f(\cdot) \right\|_{L_p(\mathbb{R})} : |h| \leq t \right\},$$

где

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

– конечная разность m -го порядка функции f в точке x с шагом h .

В некоторых экстремальных задачах теории аппроксимации целыми функциями используют усредненную характеристику гладкости функции $f \in L_p(\mathbb{R})$ следующего вида

$$\Omega_m(f; t) = \left\{ \frac{1}{t^m} \int_0^t \cdots \int_0^t \left\| \Delta_{\bar{h}}^m(f) \right\|_p^p dh_1 \cdots dh_m \right\}^{1/p}, \quad (1.1)$$

где $t > 0$; $\bar{h} := (h_1, \dots, h_m)$; $\Delta_{\bar{h}}^m = \Delta_{h_1}^1 \circ \Delta_{h_2}^1 \circ \cdots \circ \Delta_{h_m}^1$; $\Delta_{h_j}^1(f; x) = f(x + h_j) - f(x)$, $j = \overline{1, m}$.

Характеристика (1.1) при решении экстремальных задач в пространстве L_2 ранее использовалась в работе [8].

Рассмотрим теперь в пространстве $L_2(\mathbb{R})$ оператор Стеклова

$$S_h f(x) = \frac{1}{2h} \int_{x-h}^{x+h} f(t) dt, \quad h > 0.$$

Определим конечные разности первого и высших порядков $f \in L_2(\mathbb{R})$ соотношениями

$$\Delta_h(f; x) = S_h f(x) - f(x) = (S_h - E)f(x),$$

$$\Delta_h^m(f; x) = \Delta_h(\Delta_h^{m-1}(f; x); x) = (S_h - E)^m f(x) = \sum_{k=0}^m (-1)^{m-k} \binom{m}{k} S_h^k f(x),$$

где

$$S_h^0 f(x) = f(x), \quad S_h^k f(x) = S_h(S_h^{k-1} f(x)); \quad k = \overline{1, m}; \quad m \in \mathbb{N};$$

E – единичный оператор в пространстве $L_2[0, 2\pi]$. Используя введенные разности, определим обобщенный модуль непрерывности m -го порядка функции $f \in L_2(\mathbb{R})$ равенством

$$\Omega_m(f; t) = \sup \{ \|\Delta_h^m(f; \cdot)\|_{L_2} : h \in (0, t] \}, \quad (1.2)$$

которое назовём специальным модулем непрерывности m -го порядка.

2. Неравенства типа Джексона – Стечкина в $L_2(\mathbb{R})$

В 1978 г. А.А.Лигун [13] для наилучшей полиномиальной аппроксимации 2π -периодических функций $f \in L_2^{(r)}[0, 2\pi]$ получил следующий результат: пусть $k \in \mathbb{N}$; $r \in \mathbb{Z}_+$; $0 < t \leq \pi/n$; ψ – неотрицательная измеримая суммируемая на $[0, t]$ не эквивалентная нулю функция. Тогда

$$\{A_{n,r,m}(\psi; t)\}^{-1} \leq \sup_{\substack{f \in L_2^{(r)}[0, 2\pi] \\ f \neq \text{const}}} \frac{E_{n-1}^2(f)_2}{\int_0^t \omega_m^2(f^{(r)}; \tau)_2 \psi(\tau) d\tau} \leq \left\{ \inf_{n \leq k < \infty} A_{k,r,m}(\psi; t) \right\}^{-1},$$

где

$$E_{n-1}(f) = \inf \left\{ \|f - T_{n-1}\|_{L_2[0, 2\pi]} : T_{n-1} \in \mathcal{T}_{2n-1} \right\}$$

– наилучшее приближение функции $f \in L_2$ множеством тригонометрических полиномов \mathcal{T}_{2n-1} порядка $n-1$, а

$$A_{k,r,m}(\psi; t) = 2^m k^{2r} \int_0^t (1 - \cos k\tau)^m \psi(\tau) d\tau.$$

Дальнейшее обобщение результата [13] дано в работе М.Ш.Шабозова и Г.А.Юсупова [14]. В частности, ими было показано, что если $n, m \in \mathbb{N}$; $0 < p \leq 2$; $r \in \mathbb{Z}_+$; $0 < t \leq \pi/n$; ψ – некоторая неотрицательная измеримая суммируемая на отрезке $[0, t]$ не эквивалентная нулю функция, то

$$\frac{1}{A_{n,r,m,p}(\psi; t)} \leq \sup_{\substack{f \in L_2^{(r)}[0, 2\pi] \\ f \neq \text{const}}} \frac{E_{n-1}(f)_2}{\left(\int_0^t \omega_m^p(f^{(r)}; \tau)_2 \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}} \leq \frac{1}{\inf_{n \leq k < \infty} A_{k,r,m,p}(\psi; t)}, \quad (2.1)$$

где

$$A_{k,r,m,p}(\psi;t) = 2^{m/2} \left(k^{rp} \int_0^t (1 - \cos k\tau)^{mp/2} \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}.$$

Нашей целью является распространение неравенства (2.1) на случай приближения $f \in L_2(\mathbb{R})$ целыми функциями $g_\sigma \in B_{\sigma,2}$ для специального модуля непрерывности (1.2).

Введем следующую экстремальную характеристику

$$\mathcal{M}_{\sigma,m,r,p}(\psi;t) := \sup_{f \in L_2^r(\mathbb{R})} \frac{\mathcal{A}_\sigma(f)_2}{\left(\int_0^t \Omega_m^p(f^{(r)}; \tau)_2 \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}}, \quad (2.2)$$

где $r \in \mathbb{Z}_+$; $m \in \mathbb{N}$; $t, \sigma \in \mathbb{R}_+$; $0 < p \leq 2$; ψ – неотрицательная измеримая суммируемая на отрезке $[0, t]$ функция, не эквивалентная нулю.

Теорема 2.1. Пусть $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $\sigma \in \mathbb{R}_+$, $0 < t < \pi / \sigma$, $0 < p \leq 2$ и ψ – некоторая неотрицательная измеримая суммируемая на отрезке $[0, t]$ функция, тождественно не равная нулю. Тогда выполняются неравенства

$$\{a_{m,r,p}(\psi;t,\sigma)\}^{-1} \leq \mathcal{M}_{\sigma,m,r,p}(\psi;t) \leq \left\{ \inf_{\sigma \leq u < \infty} a_{m,r,p}(\psi;t,u) \right\}^{-1}, \quad (2.3)$$

где

$$a_{m,r,p}(\psi;t,u) = \left(u^{rp} \int_0^t \left(1 - \frac{\sin u\tau}{u\tau} \right)^{mp} \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}, \quad u \geq \sigma. \quad (2.4)$$

Доказательство. В работах [4,5] доказано, что для произвольной функции $f \in L_2(\mathbb{R})$ существует единственная целая функция $\mathcal{F}_\sigma \in B_{\sigma,2}$, которая является элементом наилучшего приближения функции f в метрике пространства $L_2(\mathbb{R})$ и имеет вид

$$\mathcal{F}_\sigma(f; u) := \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{iur} \chi_\sigma(\tau) \mathcal{F}(f; \tau) d\tau = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\sigma}^{+\sigma} e^{iur} \mathcal{F}(f; \tau) d\tau,$$

где $\mathcal{F}(f)$ – преобразование Фурье функции f ; $\chi_\sigma(\tau)$ – характеристическая функция множества $(-\sigma, \sigma)$. При этом наилучшее среднеквадратическое приближение $f \in L_2(\mathbb{R})$ элементами $g_\sigma \in B_{\sigma,2}$ равно [4,5]

$$\mathcal{A}_\sigma(f)_2 = \|f - \mathcal{F}_\sigma(f)\|_{L_2(\mathbb{R})} = \left(\int_{|t| \geq \sigma} |\mathcal{F}(f, \tau)|^2 d\tau \right)^{1/2}.$$

Хорошо известно, что если функция $f \in L_2(\mathbb{R})$ и $\mathcal{F}(f)$ – преобразование Фурье функции f , то преобразование Фурье \mathcal{F}_r функции $f^{(r)} \in L_2$ определяется равенством

$$\mathcal{F}_r(f; \tau) = (i\tau)^r \mathcal{F}(f; \tau).$$

С учётом этого факта, по теореме Планшереля получаем

$$\|\Delta_t^m(f^{(r)}; \cdot)\|_{L_2(\mathbb{R})}^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \tau^{2r} \left(1 - \frac{\sin t\tau}{t\tau}\right)^{2m} |\mathcal{F}(f; \tau)|^2 d\tau.$$

Отсюда для любого фиксированного t , $0 < t < \pi/n$ имеем

$$\Omega_m^2(f^{(r)}; t) \geq \|\Delta_t^m(f^{(r)}; \cdot)\|_{L_2(\mathbb{R})}^2 \geq \int_{|\tau| \geq \sigma} \tau^{2r} \left(1 - \frac{\sin t\tau}{t\tau}\right)^{2m} |\mathcal{F}(f; \tau)|^2 d\tau.$$

Далее, повторяя схему рассуждения, приведённого в [12], получим

$$\begin{aligned} & \left(\int_0^t \Omega_m^p(f^{(r)}; u)_2 \psi(u) du \right)^{1/p} \geq \\ & \geq \left(\int_0^t \left(\int_{|\tau| \geq \sigma} \tau^{2r} \left(1 - \frac{\sin u\tau}{u\tau}\right)^{2m} |\mathcal{F}(f; \tau)|^2 d\tau \right)^{p/2} \psi(u) du \right)^{1/p} \geq \\ & \geq \left(\int_{|\tau| \geq \sigma} |\mathcal{F}(f; \tau)|^2 \left(\tau^{rp} \int_0^t \left(1 - \frac{\sin u\tau}{u\tau}\right)^{mp} \psi(u) du \right)^{2/p} d\tau \right)^{1/2} \geq \\ & \geq \mathcal{A}_\sigma(f)_{L_2(\mathbb{R})} \inf_{\sigma \leq \tau < \infty} a_{m,r,p}(\psi; t, \tau). \end{aligned} \quad (2.5)$$

Из соотношения (2.5) находим

$$\frac{\mathcal{A}_\sigma(f)_{L_2(\mathbb{R})}}{\left(\int_0^t \Omega_m^p(f^{(r)}; \tau)_2 \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}} \leq \frac{1}{\inf_{\sigma \leq \tau < \infty} a_{m,r,p}(\psi; t, \tau)}$$

и, так как последнее неравенство имеет место для любого $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$, то запишем

$$\mathcal{M}_{\sigma,m,r,p}(\psi; t) \leq \left\{ \inf_{\sigma \leq \tau < \infty} a_{m,r,p}(\psi; t, \tau) \right\}^{-1}, \quad (2.6)$$

и оценка сверху в неравенстве (2.3) получена.

Для получения оценки снизу экстремальной характеристики (2.2), как и в работах [9,12,8], вводим в рассмотрение целую функцию экспоненциального типа $\sigma + \varepsilon$ следующего вида

$$f_\varepsilon(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left\{ \frac{\sin(\sigma + \varepsilon)x}{x} - \frac{\sin \sigma x}{x} \right\},$$

где $\varepsilon > 0$ – произвольное число. Для этой функции повторяя выкладки из [12], получаем

$$\begin{aligned} & \left(\int_0^t \Omega_m^p(f_\varepsilon^{(r)}, \tau) \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p} \leq \\ & \leq \mathcal{A}_\sigma(f_\varepsilon)_{L_2(\mathbb{R})} (\sigma + \varepsilon)^r \left(\int_0^t \left\{ 1 - \frac{\sin(\sigma + \varepsilon)\tau}{(\sigma + \varepsilon)\tau} \right\}^{mp} \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}. \end{aligned}$$

Последнее неравенство запишем в виде

$$\begin{aligned} & \frac{\mathcal{A}_\sigma(f_\varepsilon)_{L_2(\mathbb{R})}}{\left(\int_0^t \Omega_m^p(f_\varepsilon^{(r)}; \tau) \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}} \geq \\ & \geq \frac{1}{(\sigma + \varepsilon)^r \left(\int_0^t \left\{ 1 - \frac{\sin(\sigma + \varepsilon)\tau}{(\sigma + \varepsilon)\tau} \right\}^{mp} \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}} := \frac{1}{a_{\sigma + \varepsilon, m, r, p}(\psi; t)}. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Очевидно, что величина $a_{\sigma + \varepsilon, m, r, p}(\psi; t)$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ монотонно убывает, а потому для сколь угодно малого $\delta > 0$ существует $\varepsilon := \varepsilon(\delta) > 0$ такое, что

$$\frac{1}{a_{\sigma + \varepsilon, m, r, p}(\psi; t)} \geq \frac{1}{a_{\sigma, m, r, p}(\psi; t)} - \delta. \quad (2.8)$$

Согласно определению экстремальной характеристики (2.2) и произвольности $\delta > 0$ из (2.7) и (2.8), получаем оценку снизу

$$\mathcal{M}_{\sigma, m, r, p}(\psi; t) \geq \frac{1}{a_{\sigma, m, r, p}(\psi; t)}. \quad (2.9)$$

Теперь из сопоставления неравенств (2.6) и (2.9) следует двойное неравенство (2.3), чем и завершаем доказательство теоремы 2.1.

Из доказанной теоремы 2.1 можно вывести ряд следствий.

Следствие 2.1. Пусть выполнены все условия теоремы 2.1 и, кроме того, весовая функция ψ является неубывающей на отрезке $[0, t]$. Тогда при любом $0 < t \leq 3\pi / (4\sigma)$ справедливо равенство

$$\mathcal{M}_{\sigma, m, r, p}(\psi; t) = \{a_{m, r, p}(\psi; t, \sigma)\}^{-1} := \sigma^{-r} \left(\int_0^t \left(1 - \frac{\sin \sigma \tau}{\sigma \tau}\right)^{mp} \psi(\tau) d\tau \right)^{-1/p}.$$

Следствие 2.2. Если в утверждении следствия 2.1 положить $p = 1/m$, $m \in \mathbb{N}$, $\psi(t) \equiv 1$ и $\varphi(t) \equiv t$, то соответственно получаем равенства:

$$\sup_{f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})} \frac{\sigma^r \mathcal{A}_\sigma(f)_{L_2(\mathbb{R})}}{\left(\int_0^t \Omega_m^{1/m}(f^{(r)}; \tau) d\tau \right)^m} = \left(\frac{\sigma}{\sigma t - Si(\sigma t)} \right)^m, \quad \sigma \in \mathbb{R}_+,$$

где $Si(x) = \int_0^x \frac{\sin t}{t}$ – интегральный синус;

$$\sup_{f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})} \frac{\sigma^r \mathcal{A}_\sigma(f)_{L_2(\mathbb{R})}}{\left(\int_0^t \tau \Omega_m^{1/m}(f^{(r)}; \tau) d\tau \right)^m} = \left(\frac{2}{t^2} \right) \left\{ 1 - \left(\frac{2}{\sigma t} \sin \frac{\sigma t}{2} \right)^2 \right\}^{-m}. \quad (2.10)$$

В равенстве (2.4) полагаем $t = a / \sigma$ ($0 < a < \pi$) и $\psi(\tau) = g(\sigma \tau)$. Имеем:

$$\begin{aligned} a_{m, r, p}(g(\sigma \cdot); a / \sigma, u) &= \left(u^{rp} \int_0^{a/\sigma} \left(1 - \frac{\sin u \tau}{u \tau}\right)^{mp} g(\sigma \tau) d\tau \right)^{1/p} = \\ &= \sigma^{r-1/p} \left(\left(\frac{u}{\sigma} \right)^{rp} \int_0^a \left(1 - \frac{\sin(u \tau / \sigma)}{(u \tau / \sigma)}\right)^{mp} g(\tau) d\tau \right)^{1/p}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

где $\sigma \leq u < \infty$. Из равенства (2.11) следует, что

$$\inf_{\sigma \leq u < \infty} a_{m, r, p}(g(\sigma \cdot); a / \sigma, u) = \sigma^{r-1/p} \inf_{x \geq 1} a_{m, r, p}(g; a, x),$$

где, ради удобства, положено

$$a_{m, r, p}(g; a, x) = \left(x^{rp} \int_0^a \left(1 - \frac{\sin x \tau}{x \tau}\right)^{mp} g(\tau) d\tau \right)^{1/p}.$$

Введем новую экстремальную характеристику

$$\mathcal{M}_{\sigma,m,r,p}(g;a) = \sup_{f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})} \frac{\sigma^r \mathcal{A}_\sigma(f)_2}{\left(\int_0^a \Omega_m^p(f^{(r)}; \tau / \sigma) g(\tau) d\tau \right)^{1/p}}.$$

Следствие 2.3. Пусть $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $0 < p \leq 2$ и $g(\tau)$ – некоторая неотрицательная измеримая суммируемая на отрезке $[0, a]$ функция, где $a \in (0, \pi]$. Тогда справедливы неравенства

$$\{a_{m,r,p}(g;a,1)\}^{-1} \leq \mathcal{M}_{\sigma,m,r,p}(g;a) \leq \left\{ \inf_{x \geq 1} a_{m,r,p}(g;a,x) \right\}^{-1}.$$

При этом, если $\inf_{x \geq 1} a_{m,r,p}(g;a,x) = a_{m,r,p}(g;a,1)$, то имеет место равенство $\mathcal{M}_{\sigma,m,r,p}(g;a) = \{a_{m,r,p}(g;a,1)\}^{-1}$.

Следствие 2.4. Пусть $g_*(t) = t^{rp-1} g_1(t)$ ($0 < p \leq 2$, $r \in \mathbb{N}$) – неотрицательная суммируемая на отрезке $[0, a]$ ($0 < a < \pi$) функция, $g_1(t)$, невозрастающая на $[0, a]$ функция. Тогда справедливо равенство

$$\sup_{f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})} \frac{\sigma^r \mathcal{A}_\sigma(f)_{L_2(\mathbb{R})}}{\left(\int_0^a \Omega_m^p(f^{(r)}; \tau / \sigma) \tau^{rp-1} g_1(\tau) d\tau \right)^{1/p}} = \frac{1}{a_{m,r,p}(g_*; a, 1)}.$$

Хорошо известно, что если $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$, то все промежуточные производные $f^{(r-s)} \in L_2(\mathbb{R})$ ($s = 1, 2, \dots, r-1$), а потому представляет несомненный интерес отыскать значение экстремальных характеристик, содержащих величины наилучших приближений промежуточных производных $\mathcal{A}_\sigma(f^{(r-s)})_{L_2(\mathbb{R})}$ вместо величины наилучших приближений $\mathcal{A}_\sigma(f)_{L_2(\mathbb{R})}$ элементами $g_\sigma \in B_{\sigma,2}$ в норме пространства $L_2^{(r)}(\mathbb{R})$.

Теорема 2.2. Пусть $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $0 < p \leq 2$, $\sigma \in \mathbb{R}_+$, $0 < h \leq 3\pi / (4\sigma)$, $\psi(\tau)$ – некоторая суммируемая на отрезке $[0, t]$ функция, тождественно не равная нулю. Тогда имеет место равенство

$$\sup_{f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})} \frac{\sigma^s \mathcal{A}_\sigma(f^{(r-s)})_{L_2(\mathbb{R})}}{\left(\int_0^t \Omega_m^p(f^{(r)}; \tau) \psi(\tau) d\tau \right)^{1/p}} = \left(\int_0^t \left(1 - \frac{\sin \sigma \tau}{\sigma \tau} \right)^{mp} \psi(\tau) d\tau \right)^{-1/p},$$

где $s = 0, 1, 2, \dots, r$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн С.Н. О наилучшем приближении непрерывных функций на всей вещественной оси при помощи целых функций данной степени // Соб. сочинений, т.П. М.: АН СССР, 1952, с.371-375.
2. Ахиезер Н.И. Лекции по теории аппроксимации. – М.: Наука, 1965, 406 с.
3. Ибрагимов И.И. Теория приближения целыми функциями. – Баку: Элм, 1979, 468 с.
4. Ибрагимов И.И., Насибов Ф.Г. Об оценке наилучшего приближения суммируемой функции на вещественной оси посредством целых функций конечной степени // ДАН СССР, 1970, т. 194, №5, с. 1013-1016.
5. Попов В.Ю. О наилучших среднеквадратических приближениях целыми функциями экспоненциального типа // Изв. вузов. Математика, 1972, №6, с. 65–73.
6. Магарил-Ильяев Г.Г. Средняя размерность, поперечники и оптимальное восстановление соболевских классов функций на прямой // Мат. сборник, 1991, т. 182, №11, с. 1635-1656.
7. Магарил-Ильяев Г.Г. Средняя размерность и поперечники классов функций на прямой // ДАН СССР, 1991, т. 318, №1, с. 35-38.
8. Вакарчук С.Б., Доронин В.Г. Наилучшие среднеквадратические приближения целыми функциями конечной степени на прямой и точные значения средних поперечников функциональных классов // Укр. мат. журнал, 2010, т.62, №8, с. 1032-1043.
9. Вакарчук С.Б. О некоторых экстремальных задачах теории аппроксимации функций на вещественной оси I // Укр. мат. вісник, 2012, т.9, №3, с. 401-429; II, Укр. мат. вісник, 2012, т.9, №4, с. 578-602.
10. Шабозов М.Ш., Мамадов Р. Наилучшее приближение целыми функциями экспоненциального типа в $L_2(\mathbb{R})$ // Вестник Хорогского госуниверситета, 2001, сер. 1, №4, с. 76-81.
11. Шабозов М.Ш., Вакарчук С.Б., Мамадов Р. О точных значениях средних n -поперечников некоторых классов функций // ДАН Республики Таджикистан, 2009, т. 52, №4, с. 247-254.
12. Шабозов М.Ш., Юсупов Г.А. О точных значениях средних n -поперечников некоторых классов целых функций // Труды Инст. матем. и мех. УрО РАН, 2012, т. 18, №4, с. 315-327.
13. Лигун А.А. Некоторые неравенства между наилучшими приближениями и модулями непрерывности в пространстве L_2 // Матем. заметки, 1978, т.24, №6, с.785-792.
14. Шабозов М.Ш., Юсупов Г.А. Наилучшие полиномиальные приближения в L_2 некоторых классов 2π -периодических функций и точные значения их поперечников // Матем. заметки, 2011, т. 90, №5, с.764-775.
15. Hardy G.G., Littlewood J.E. and Polya G. Inequality. Cambridge University Press. 2nd ed., 1952. 346 p.

К.ТУХЛИЕВ

ОИД БА НАЗДИККУНИИ БЕХТАРИНИ ФУНКСИЯҲОИ БУТУН

ДАР ФАЗОИ $L_2(\mathbb{R})$. I

Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи Б.Ғафуров

Масъалаи экстремалии оид ба наздиккунии беҳтарини миёнаи квадрати функсияҳои $f \in L_2(\mathbb{R})$, $\mathbb{R} = (-\infty, +\infty)$ бо ёрии функсияҳои бутуни намуди экспоненсиалии $\sigma \in \mathbb{R}_+$, $\mathbb{R}_+ = (0, +\infty)$ ҳал карда шудааст. Нобаробариҳои аниқ байни

наздикунии бехтарини $f \in L_2(\mathbb{R})$ ва интегралҳое, ки модули бефосилагии махсуси тартиби m -уми аз оператори Стеклов вобастаро доранд, ёфта шудаанд. қимати аниқи ν -кутрҳои миёна, ки аз тарафи Г.Г.Магарил-Ильяев барои синфи функсияҳои $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$ дохил карда шудаанд ва шарти

$$\left(\frac{1}{t} \int_0^t \Omega_m^{1/m}(f^{(r)}; \tau) d\tau \right)^m \leq \Phi(t),$$

– ро қаноат мекунанд, ки дар ин ҷо $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $0 < p \leq 2$, $t \in \mathbb{R}_+$, $\Omega_m(f^{(r)}; \tau)$ – модули бефосилагии умумикардашудаи тартиби m -ум аз ҳосилаи $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$ ва $\Phi(t)$ – функсияи ихтиёрии афзуншаванда буда ва $\Phi(0) = 0$ мебошад, ҳисоб карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: наздикунии бехтарин – модули бефосилагии тартиби m -ум – нобаробарии Чексон-Стечкин – функсияи бутуни намуди экспоненсиалӣ – ν -кутрҳои миёна.

K.TUKHLIEV

ABOUT THE BEST APPROXIMATION OF ENTIRE FUNCTIONS IN $L_2(\mathbb{R})$

SPACE. I

B.G.Gafurov Khugand State University

An extremal problem on the best mean-square approximation of functions $f \in L_2(\mathbb{R})$, $\mathbb{R} = (-\infty, +\infty)$ with integer functions of exponential type $\sigma \in \mathbb{R}_+$, $\mathbb{R}_+ = (0, +\infty)$. The exact inequalities between the magnitudes of best approximation and integrals with the special modules of continuity of m order related to Stecklov's operator founded. For the ν -widths were calculated the exact mean values formulated by G.G.Magaril-Ilyayev for the classes functions $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$ satisfying the condition

$$\left(\frac{1}{t} \int_0^t \Omega_m^{1/m}(f^{(r)}; \tau) d\tau \right)^m \leq \Phi(t),$$

where $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $0 < p \leq 2$, $t \in \mathbb{R}_+$, $\Omega_m(f^{(r)}; \tau)$ – generalized modulus of continuity m order derivative $f \in L_2^{(r)}(\mathbb{R})$, $\Phi(t)$ – the arbitrary increasing function $\Phi(0) = 0$.

Key words: the best approximation – modulus of continuity of m -order – Jackson-Stechkin type inequality – entire function of exponential type – the mean of ν -widths.

УДК 517.944:946

Н.М.ИСМАТОВ

СМЕШАННЫЕ ЗАДАЧИ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ ДЛЯ
УРАВНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ СТРУНЫ

Институт предпринимательства и сервиса

Министерства энергетики и промышленности Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 28.11.2012г.

В статье для первых трёх смешанных задач с функциональными условиями для уравнения колебаний струны в прямоугольной области с кусочно-гладкой границей установлено существование и единственность классического решения.

Ключевые слова: уравнение колебаний струны – смешанная задача с функциональным условием – собственные функции – коэффициенты Фурье.

Пусть требуется найти решение следующей задачи:

$$U_{tt} - a^2 U_{xx} = f(x, t), \quad 0 < x < l, \quad 0 < t < \infty \quad (1)$$

$$U(x, 0) = \int_0^{\infty} B(\xi) U(x, \xi) d\xi, \quad U_t(x, 0) = \varphi(x), \quad t = 0, \quad 0 \leq x \leq a, \quad (2)$$

$$U(0, t) = U(l, t) = 0, \quad 0 \leq t < \infty, \quad (3)$$

где $B(t)$, $f(x, t)$, $\varphi(x)$ – заданные функции, а $U(x, t)$ – неизвестная функция.

Задача (1)-(3) называется задачей с функциональным условием и впервые, по нашему мнению, встречается в исследованиях М.Юнуса и его учеников (см., например, [1]).

Следуя работе В.А.Ильина [2], дадим следующее

Определение. Функцию $U(x, t) \in C(\bar{Q}) \cap C^2(Q)$, $U_t(x, 0) \in C(\bar{\Omega})$, $\bar{Q} = [0, l] \times [0, \infty)$ назовём классическим решением задачи (1)-(3), если она удовлетворяет

Адрес для корреспонденции: Исмаатов Набиджон. 734055, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Борбада, 48/5. Институт предпринимательства и сервиса. E-mail: ismatov_n_m@mail.ru

уравнению, начальным и граничным условиям этой задачи в обычном классическом смысле. Здесь $Q_\infty = (0, l) \times (0, \infty)$, а l – некоторое постоянное число.

Введя обозначение

$$U(x, 0) = \varphi(x) \equiv \int_0^\infty B(\xi)U(x, \xi)d\xi, \quad (3)$$

методом Фурье для формального решения задачи (1)-(3) получим следующее выражение:

$$U(x, t) = \sum_{n=1}^\infty \delta_n(t) \sin \frac{n\pi x}{l}, \quad (4)$$

где

$$\delta_n(t) = a_n \cos a\sqrt{\lambda_n}t + e_n \sin a\sqrt{\lambda_n}t + c_n(t), \quad (5)$$

$$e_n = \frac{\psi_n}{a\sqrt{\lambda_n}}, \quad c_n(t) = \frac{1}{a\sqrt{\lambda_n}} \int_0^t f_n(\tau) \sin a\sqrt{\lambda_n}(t-\tau)d\tau, \quad (*)$$

$\psi_n = (\psi, v_n)$ и $f_n(t) = (f, v_n)$ – коэффициенты Фурье в разложении начальной функции $\psi(x)$ и правой части уравнения (1) $f(x, t)$ по ортонормальной в $L_2[0, l]$ системе собственных функций $v_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \cdot \sin \frac{n\pi x}{l}$ первой краевой задачи соответственно, а a_n – пока неопределённое число.

Имеет место

Теорема. (Обоснование метода Фурье). Пусть в задаче (1)-(3) $B(t)$ – неотрицательная и монотонно стремящаяся к нулю при $x \rightarrow \infty$ функция и $\int_0^\infty B(\xi)d\xi = A \neq 1$ и $1 - A_n = \beta_n \neq 0, \forall n = 1, 2, 3, \dots$. Предположим, что начальная функция $\psi(x)$ и правая часть уравнения (1) $f(x, t)$ удовлетворяют следующим условиям:

1. Функция $\psi(x) \in C^1[0, l]$, вторая её производная $\psi''(x)$ кусочно-непрерывна на отрезке $[0, l]$ и удовлетворяет граничным условиям $\psi(0) = \psi(l) = 0$.

2. Функция $f(x, t)$ непрерывна по совокупности аргументов и для всех $t \geq 0$ по аргументу x удовлетворяет тем же самым условиям гладкости, что и функция $\psi(x)$, и граничным условиям $f(0, t) = f(l, t) = 0$.

Тогда сумма ряда (4) $U(x, t)$ для любого отрезка времени $0 \leq t \leq T < \infty$ определяет классическое решение смешанной задачи (1)-(3). При этом ряд (4) можно дважды по t и x почленно дифференцировать в области $Q = [0, l] \times [0, \infty)$.

Доказательство. Прежде всего отметим, что интеграл $\int_0^{\infty} B(\xi)U(x, \xi)d\xi$ существует, потому что функция $U(x, \xi)$ как решение первой смешанной задачи для волнового уравнения непрерывна и интегрируема в любой конечной области $\bar{Q}_T = [0, l] \times [0, T]$ и интеграл является ограниченным:

$$\left| \int_0^A U(x, \xi)d\xi \right| \leq K \quad (K = const, 0 \leq A < \infty),$$

а $B(t)$ – неотрицательная и монотонно стремящаяся к нулю при $x \rightarrow \infty$ функция. Поэтому согласно признаку Дирихле [3, §476, стр.564-565] интеграл $\int_0^{\infty} B(\xi)U(x, \xi)d\xi$ сходится.

Подставляя значение $U(x, t)$ из (4) в функциональном условии (2) и используя полноту системы синусов на отрезке $[0, l]$, получим следующее равенство для определения a_n :

$$a_n = a_n A_n + \epsilon_n B_n + \tilde{C}_n.$$

Предположим, что $\int_0^{\infty} B(\xi)d\xi = A < 1$ и $1 - A_n = \beta_n \neq 0, \forall n = 1, 2, 3, \dots$. Тогда получим

$$a_n = \frac{\epsilon_n B_n + \tilde{C}_n}{1 - A_n}, \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} \tilde{C}_n &= \int_0^{\infty} B(\xi)C_n(\xi)d\xi, \\ A_n &= \int_0^{\infty} B(\xi)\cos a\sqrt{\lambda_n}(\xi)d\xi; \quad B_n = \int_0^{\infty} B(\xi)\sin a\sqrt{\lambda_n}(\xi)d\xi; \quad \sqrt{\lambda_n} = \frac{n\pi}{l} \end{aligned} \quad (7)$$

Ясно, что по признаку Дирихле [3] несобственный интеграл \tilde{C}_n сходится.

Так как $B(t)$ неотрицательная интегрируемая на отрезке $[0, \infty)$ функция, а

$$|c_n(t)| = \left| \frac{1}{a\sqrt{\lambda_n}} \int_0^t f_n(\tau)\sin a\sqrt{\lambda_n}(t-\tau)d\tau \right| \leq \frac{1}{a\sqrt{\lambda_n}} \int_0^t |f_n(\tau)|d\tau \rightarrow 0$$

при $n \rightarrow \infty$, ибо ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{a\sqrt{\lambda_n}} \int_0^t |f_n(\tau)| d\tau$ для любого t из отрезка $[0, \infty)$ сходится, то

по первой формуле о среднем значении в обобщённой форме для любого t из отрезка $[0, A]$, $A < \infty$ получим:

$$\tilde{C}_n = \int_0^A B(t)C_n(t)dt = \int_0^A B(t)dt \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{\lambda_n}} \int_0^{t_1} f_n(\tau) \sin \sqrt{\lambda_n}(t_1 - \tau) d\tau \right) = AC_n(t_1)$$

для $0 \leq t_1 \leq t \leq A$ и $\forall n = 1, 2, \dots$.

Тогда имеем:

$$|\tilde{C}_n| \leq A \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda_n}} \int_0^{t_1} |f_n(\tau)| d\tau. \quad (*)$$

Подставляя значение a_n из (6) в ряд (4), получим:

$$U(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{\epsilon_n B_n + \tilde{C}_n}{1 - A_n} \cdot \cos \frac{an\pi t}{l} + \epsilon_n \sin \frac{an\pi t}{l} + C_n(t) \right] \sin \frac{n\pi x}{a}. \quad (7)$$

Докажем, что ряд, полученный дважды почленно дифференцированием ряда (7) по t и по x :

$$\begin{aligned} U_{tt}(x, t) &= a^2 U_{xx} = \\ &= -\left(\frac{\pi a}{l}\right)^2 \sum_{n=1}^{\infty} n^2 \left[\frac{\epsilon_n B_n + \tilde{C}_n}{1 - A_n} \cdot \cos \frac{an\pi t}{l} + \epsilon_n \sin \frac{an\pi t}{l} + C_n''(t) \right] \sin \frac{n\pi x}{a}, \end{aligned} \quad (8)$$

равномерно сходится в любой конечной области $Q_T = [0, a] \times [0, T]$, где $T < \infty$.

Для этого двойным интегрированием по частям, с учётом граничных условий, получим:

$$\psi_n = \frac{2}{l} \int_0^l \psi(\xi) \sin \frac{n\pi\xi}{l} d\xi = -\left(\frac{l}{n\pi}\right)^2 \psi_n^{(2)}, \quad (9)$$

$$f_n(t) = \frac{2}{l} \int_0^l f(\xi, t) \sin \frac{n\pi\xi}{l} d\xi = -\left(\frac{l}{n\pi}\right)^2 f_n^{(2)}(t), \quad (10)$$

где

$$\varphi_n^{(2)} = \frac{2}{l} \int_0^l \varphi''(\xi) \sin \frac{n\pi\xi}{l} d\xi, \quad f_n^{(2)}(t) = \frac{2}{l} \int_0^l \frac{\partial^2 f}{\partial \xi^2}(\xi, t) \sin \frac{n\pi\xi}{l} d\xi. \quad (11)$$

Так как

$$|A_n| = |B_n| \leq \int_0^{\infty} |B(\xi)| d\xi = \int_0^{\infty} B(\xi) d\xi = A,$$

то отсюда получаем

$$1 - A \leq |\beta_n| \leq 1 + A. \quad (12)$$

Но тогда из (8) с учётом (*), (9)-(12), получаем:

$$\begin{aligned} |U_{tt}(x, t)| &\leq \left(\frac{\pi a}{l} \right)^2 \sum_{n=1}^{\infty} n^2 \left[\frac{|\beta_n B_n + \tilde{C}_n|}{1-A} + |\beta_n| + |C_n(t)| \right] \leq \\ &\leq \left(\frac{\pi a}{l} \right)^2 \sum_{n=1}^{\infty} n^2 \left[\frac{A|\beta_n|}{1-A} + \left(\frac{A}{1-A} + 1 \right) |C_n(t)| \right] \leq \\ &\leq a^2 \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{A}{n} \cdot \frac{|\psi_n^{(2)}|}{1-A} + \frac{1}{1-A} \cdot \frac{2l \int_0^T |f_n^{(2)}(\tau)| d\tau}{a n \pi} \right]^2 \end{aligned} \quad (13)$$

для всех $0 \leq \xi \leq t \leq T$. В силу очевидного неравенства $2|a\beta| \leq a^2 + \beta^2$ из (13), получим:

$$|U_{tt}(x, t)| \leq \frac{a^2 \cdot A}{2(1-A)} \sum_{n=1}^{\infty} \left[|\psi_n^{(2)}|^2 + \frac{2}{n^2} \right] + \frac{2al}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^T |f_n^{(2)}(\tau)|^2 d\tau. \quad (14)$$

В силу равенства Парсеваля:

$$\sum_{n=1}^{\infty} |\psi_n^{(2)}|^2 = \int_0^l (\psi''(x))^2 dx, \quad \sum_{n=1}^{\infty} \int_0^T |f_n^{(2)}(\tau)|^2 d\tau = \int_0^l \int_0^T (f''(x, \tau))^2 dx d\tau$$

и сходимости числового ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}$ (в чём можно убедиться с помощью интегрального

признака Маклорена Коши) все ряды, стоящие в правой части неравенства (14), сходятся. При этом почленное интегрирование второго ряда в (14) следует из теоремы Лебега о предельном переходе под знаком интеграла. Следовательно, в силу признака равномерной сходимости Вейерштрасса, ряд (8) сходится равномерно в области $Q_T = [0, a] \times [0, T]$.

В случае $\int_0^{\infty} B(\xi) d\xi = A > 1$ теорема доказывается аналогично.

Тот факт, что сумма ряда (4) удовлетворяет уравнению, начальным и граничным условиям задачи (1)-(3), не вызывает никаких сомнений.

Теорема доказана.

Замечания

1. При $f(x,t) = 0$ все ряды $U(x,t)$, $U_n(x,t)$ и $U_{xx}(x,t)$ сходятся равномерно в области $Q_T = [0, a] \times [0, T]$.

2. Предположение $1 - A_n = \beta_n \neq 0, \forall n = 1, 2, 3, \dots$ в условии и доказательство теоремы являются по существу, так как при $1 - A_n = \beta_n = 0, \forall n = 1, 2, 3, \dots$ выкладки теоремы становятся неприменимыми.

3. В отличие от обычной первой смешанной задачи для уравнения колебаний струны, нами обоснование метода Фурье для задачи (1)-(3) дано без требования трижды дифференцируемости начальной функции $\varphi(x)$ и без удовлетворения граничных условий $\varphi(0) = \varphi(l) = 0, \varphi''(0) = \varphi''(l) = 0$, а обоснование даётся при таких же требованиях, что и на функцию $\psi(x)$. В данном случае благодаря условию (7) мы получаем выигрыш на один порядок производной. Этого нам удаётся достичь в силу функционального условия задачи.

4. При $A_n = \int_0^{\infty} B(\xi) \cos \sqrt{\lambda_n} (\xi d\xi = 1, \forall n = 1, 2, 3, \dots$ и $\vartheta_n B_n + \tilde{C}_n(\xi) \neq 0$ смешанная задача (1)-(3) решения не имеет.

5. При $A_n = \int_0^{\infty} B(\xi) \cos \sqrt{\lambda_n} (\xi d\xi = 1, \forall n = 1, 2, 3, \dots$ и $\vartheta_n B_n + \tilde{C}_n(\xi) = 0$ смешанная задача (1)-(3) имеет бесконечное множество решений.

6. Случай второго и третьего граничных условий

$$U_x(0,t) = U_x(a,t) = 0, 0 \leq t < \infty$$

и

$$U_x(0,t) - h(x)U(0,t) = 0,$$

$$U_x(a,t) + h(x)U(a,t) = 0, 0 \leq t < \infty$$

исследуются аналогично.

7. По аналогии с работой [4] результаты, сформулированные в теореме 2 можно распространить и, следовательно, улучшить в терминах пространства С.Л.Соболева W_2^α с нецелыми α . Однако мы этот случай в этой статье не будем рассматривать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юнусов М.К. Математические модели борьбы с вредителями агроценозов. – Душанбе: Дониш, 1991, -146 с.
2. Ильин В.А. – Успехи матем. наук, 1960, т.15, вып. 2, (92), с. 97-154.

3. Фихтенгольц Г.М., Курс дифференциального и интегрального исчисления, т.2. – М.: Наука, 1969.
4. Исмаев М. (Исматов М.). – Дифференциальные уравнения», Минск 1972, т.8, №4, с. 559-670.

Н.М.ИСМАТОВ

МАСЪАЛАҶОИ ОМЕХТА БАРОИ МУОДИЛАИ ЛАППИШҶОИ ТОР БО ШАРТҶОИ ФУНКЦИОНАЛӢ

*Вазорати энергетика ва саноати Ҷумҳурии Тоҷикистон
Донишқадаи соҳибкорӣ ва хизмат*

Дар мақола, барои ҳар се масъалаҳои омехтаи чинҳои I-III, бо шартҳои функционалӣ барои муодилаи лаппишҳои тор дар соҳаи намуди росткунҷа бо сарҳади қисман суфта мавҷудият ва ягонагии ҳалли классикӣ исбот карда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: масъалаҳои омехта – муодилаи лаппишҳои тор – ҳалли классикӣ – функсияҳо ва қиматҳои хос.

N.M.ISMATOV

MIXED OF PROBLEMS FOR THE VIBRATIONS STRING OF EQUATION WITH FUNCTIONAL CONDITIONS

*Institute of entrepreneurship and service,
Ministry of energy and industry Republic of Tajikistan*

In the paper for vibrations string of equation with functional conditions establish existence and uniqueness classical solution of I-III mixed problems.

Key words: mixed of problem – vibrations string of equation – existence and uniqueness of classical solution.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ БУКВ В ПРЕДЕЛАХ СЛОВА

Институт математики им. А.Джуроева АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 26.08.2013 г.

Концепция взаимной информации использована для вычисления информативности букв в каждой позиции в пределах слова заданной длины. Представлен прямой и упрощенный методы вычисления взаимной информации. Частоты слов, извлекаемые из корпусов английского, литовского, русского и таджикского языков, а также планового языка эсперанто, используются для вычисления статистической информативности букв. Полученные результаты представляют две закономерности, которые заметны в словах из всех языков: вторая буква слова несёт значительно меньше информации, чем первая и третья буквы; информативность букв монотонно понижается, начиная с середины слова.

Ключевые слова: взаимная информация – информативность букв – теория информации.

1. Элементы теории информации интенсивно используются в лингвистике. Понятие взаимной информации использовано в данном сообщении для изучения информативности букв в слове. Вначале представлен прямой метод подсчёта взаимной информации, затем - альтернативный упрощённый метод для определения информативности букв в этнических языках (английском, литовском, русском, таджикском) и в плановом языке эсперанто.

Пусть L – язык с алфавитом A и V – список слов w_i ($i = \overline{1, m}$) одинаковой длины n . С каждым словом свяжем число f_i – относительную частоту встречаемости слова w_i .

Предположим, что $0 < f_i \leq 1$ и $\sum_{i=1}^m f_i = 1$.

Пусть W – случайная величина, значением которой является какое-либо слово из списка V с вероятностью $p(w_i) = f_i$. Пусть L_k – другая случайная величина, значениями ко-

торой являются буквы l_j ($j = 1, \overline{|A|}$) алфавита A ($|A|$ – размер алфавита), которые могут появиться в k -й позиции слова w_i .

В согласии с [1, раздел 1.5], количество информации условного события ($W|L_k$) определяется по формуле

$$I(W|L_k) = H(W) - H(W|L_k) \quad (1)$$

Здесь $H(W)$ – это неопределённость по поводу значения величины W , которая выражается как

$$H(W) = -\sum_{i=1}^m p(w_i) \log p(w_i), \quad (2)$$

где $p(w_i)$ – вероятность того, что переменная W примет значение w_i и \log –логарифм с основанием 2.

Второе слагаемое в (1) означает условную неопределённость события W при данном L_k . Оно выражается следующим образом:

$$H(W|L_k) = -\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{|A|} p(w_i, l_j) \log p(w_i | l_j), \quad (3)$$

где $p(w_i, l_j)$ – это совместная вероятность того, что $W = w_i$ и $L_k = l_j$; $p(w_i | l_j)$ – условная вероятность того, что W примет значение w_i , когда L_k примет значение l_j .

Взаимная информация переменных W и L_k может быть подсчитана с помощью формул (1), (2) и (3). Однако на практике используется более простой путь для достижения этого результата.

Известно, что $I(X/Y) = I(Y/X)$ (см.[1], раздел 1.5.). Поэтому мы можем переписать (1) следующим образом:

$$I(W|L_k) = I(L_k|W) = H(L_k) - H(L_k|W), \quad (4)$$

член $H(L_k)$ означает неопределённость переменной L_k , и, как в уравнении (2), может быть выражено следующим образом:

$$H(L_k) = -\sum_{j=1}^{|A|} p(l_j) \log p(l_j), \quad (5)$$

где $p(l_j)$ – вероятность того, что L_k примет значение l_j . Второе слагаемое в (4), $H(L_k|W)$ – это неопределённость переменной L_k , порождаемая событием W . Интуитивно, это слагаемое должно быть равно нулю, так как нет неопределенности в буквах данного слова. Для того чтобы показать это, докажем следующее.

Утверждение 1. *Неопределённости в буквах заданного слова нет, то есть $H(L_k|W) = 0$.*

Доказательство. Неопределённость L_k , порождаяемая W , может быть выражена следующим образом:

$$H(L_k|W) = -\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{|A|} p(w_i, l_j) \log p(l_j | w_i), \quad (6)$$

где $p(l_j|w_i)$ – условная вероятность того, что L_k примет значение l_j при условии, что W примет значение w_i .

Разделим список слов V на две части, $V = V' + V''$:

- $V' = \{w \in V \mid w[k] = l_j\}$. Поскольку все слова этого подмножества имеют букву l_j в позиции k , то $p(l_j|w_i) = 1$ для всех слов. Следовательно, $\log p(l_j | w_i) = \log 1 = 0$.
- $V'' = \{w \in V \mid w[k] \neq l_j\}$. В этом подмножестве нет слов, имеющих букву l_j в позиции k , потому $p(l_j) = 0$ для всех слов. Следовательно, общая вероятность $p(w_i, l_j) = 0$.¹

Так как все слова из V попадают или в V' или в V'' , то для всех слагаемых в (6) или $\log p(l_j | w_i) = 0$ или $p(w_i, l_j) = 0$. Поэтому вся сумма равна нулю.

Скомбинировав (4) и (5) с результатом утверждения 1, получим

$$I(W|L_k) = H(L_k) = -\sum_{j=1}^{|A|} p(l_j) \log p(l_j). \quad (7)$$

Данная формула показывает, что количество информации об условной вероятности события $(W|L_k)$ равно неопределенности события, состоящего в появлении буквы l_j в позиции k .

Для подсчёта $p(l_j)$ построим подмножество слов из V , состоящее из слов, имеющих букву на l_j в позиции k : $V' = \{w \in V \mid w[k] = l_j\}$. Пусть частоты f'_z каждого слова подмножества V' будут равны соответствующим частотам слов f_i . Тогда вероятность $p(l_j)$ может быть выражена следующим образом:

$$p(l_j) = \sum_{z=1}^{|V'|} f'_z. \quad (8)$$

Рассмотрим некоторый язык с алфавитом $A = \{a, b, c, d\}$. Табл. 1 содержит список трёхбуквенных слов с частой их встречаемости.

¹Отметим, что в этом случае $p(l_j|w_i) = 0$. Следовательно, получается неопределённость вида $0 \log 0$, которая на самом-то деле приравнивается 0. [1, раздел 1.6].

Таблица 1

Пример списка слов с частотами

Слова	Относительные частоты
aaa	0.25
baa	0.15
caa	0.1
bba	0.1
cba	0.3
dba	0.1

Применим формулу (8) для построения табл. 2. Например, буква *c* появляется в позиции 1 в двух словах: *caa* и *cba*. Поэтому вероятность $p(L_1=c) = 0.1 + 0.3 = 0.4$.

Таблица 2

Вероятности появления букв в каждой позиции

Буквы	Позиции в слове		
	1	2	3
a	0.25	0.5	1
b	0.25	0.5	0
c	0.4	0	0
d	0.1	0	0

Теперь воспользуемся формулой (7) для подсчёта информативности букв на каждой позиции. В рассматриваемом примере информативность букв на первой позиции подсчитывается следующим способом:

$$I(W|L_1) = -0.25 \log 0.25 - 0.25 \log 0.25 - 0.4 \log 0.4 - 0.1 \log 0.1 \approx 1.86 \text{ бит.}$$

Так как все слова на второй позиции имеют *a* или *b* с равными вероятностями 0.5, то мы получаем ровно один бит информации (по поводу $0 \log 0$ см. сноску 1):

$$I(W|L_2) = -0.5 \log 0.5 - 0.5 \log 0.5 - 0 \log 0 - 0 \log 0 = 1 \text{ бит.}$$

На третьей позиции:

$$I(W|L_3) = -1 \log 1 - 0 \log 0 - 0 \log 0 - 0 \log 0 = 0 \text{ бит.}$$

Этот результат следует из того факта, что все слова в нашем примере заканчиваются на букву *a*, следовательно, мы не получаем полезной информации о самом слове.

2. Для определения информативности букв в словах английского, литовского, русского и таджикского языков и искусственного языка эсперанто использовались те же самые коллекции текстов, что и в работах [2] и [3]:

- Английский – 11 252 496 слов,
- Литовский – 34 165 084 слов,
- Русский – 19 175 074 слов,
- Таджикский – 2 323 965 слов,
- Эсперанто – 5 080 195 слов.

При подготовке данных к статистической обработке слова каждой коллекции разделялись на группы, составленные из слов одинаковой длины. Затем были подсчитаны вероятности каждой буквы алфавита на каждой позиции с помощью формулы (8). Далее с помощью (7) была подсчитана взаимная информация.

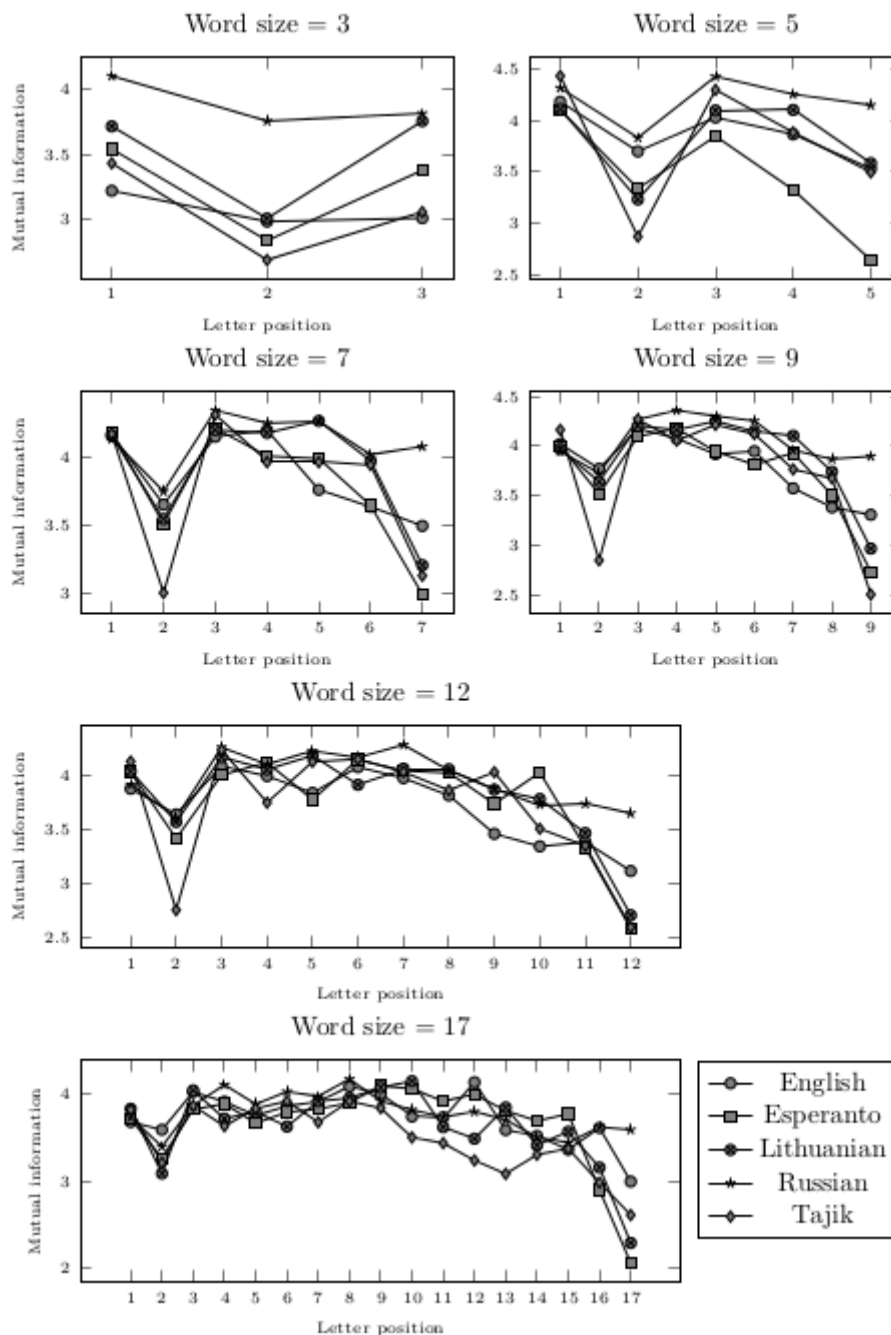


Рис. 1. Информативность букв на каждой позиции.

Статистическое исследование было осуществлено с помощью компьютерной программы, написанной автором на языке программирования Scala. Для исключения ошибок

в программировании был осуществлён контрольный расчёт на английских словах с буквами, смешанными в случайном порядке. Код программы может быть выслан желающим.

Результаты исследований представлены на рис. 1 по отдельности для слов, состоящих из 3, 5, 7, 9, 12 и 17 букв. Они показывают информативность букв в различных позициях в словах для 5 упомянутых языков.

На каждой схеме рис. 1 видно, что вторая буква менее информативна по сравнению с первой, третьей и следующими буквами до середины слова. Например, буквы на позициях 1, 3 и 4 слов английского языка, состоящих из 7 букв, проявляют около 4.2 бит информации о слове. Буква на позиции 2 несёт 3.8 бит. Для слов таджикского языка такого же размера эта разница еще значительней: позиции 1, 3 и 4 доставляют 4-4.3 бит информации, а позиция 2 – около 2.8 бит. Похожая картинка имеет место для всех языков и длин слов.

Отметим также, что взаимная информация начинает постепенно падать после середины слова (для слов более чем из 3 букв). Эта картина особенно характерна для литовского, таджикского и эсперанто языков, менее характерна для слов английского языка и почти не заметна для русского языка. Для всех языков, кроме русского, последняя буква слова несет наименьшую информацию в сравнении с другими позициями, за исключением позиции 2.

Для исключения ошибки программирования было сделано контрольное исследование на словах английского языка с перемешанными в случайном порядке буквами. Было найдено, что после перемешивания взаимная информация становилась постоянной для букв в любой позиции (см. рис. 2). Этот результат показывает, что найденные закономерности информативности присутствуют в данных.

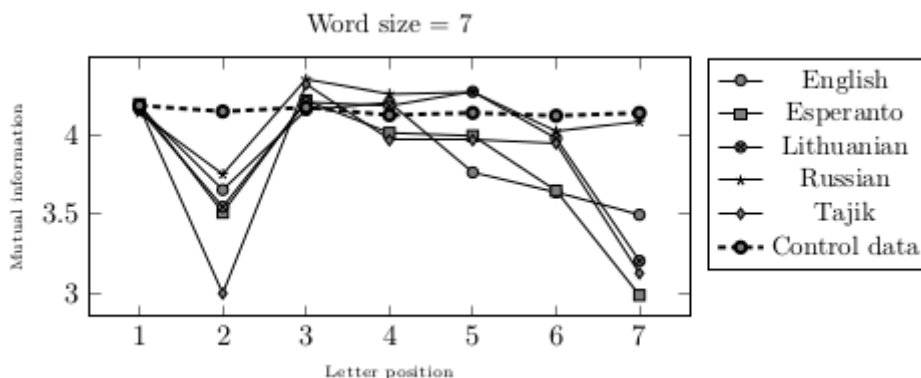


Рис. 2. Результаты контрольного исследования.

3. Необходимо проведение дальнейших исследований для объяснений закономерностей, обнаруженных в данной статье. Автор предполагает, что понижение информативности второй буквы может быть связано с высокой частотой встречаемости гласных на этой позиции. Понижение информативности между серединой и концом слова может иметь отношение к статистическим свойствам суффиксов и окончаний.

Следует заметить, что хотя эсперанто – сконструированный язык, для него имеют место те же закономерности, как и для других изучаемых языков.

Результаты этих исследований можно использовать, например, при разработке алгоритмов для поиска в текстовых данных. Другая возможная область приложения – облегчение чтения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ash R.V. Information Theory. Dover Publishing House, New York, NY, 1990.
2. 2. Усманов З.Д., Нормантас В. Статистические свойства $\alpha\beta$ -кодирования слов естественных языков // Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 2012, т.55, № 8, с.622-625.
3. 3. Normantas V. – Proceedings of The International Conference on Complexity, Cybernetics, and Informing Science and Engineering, 2013, pp.37-40

V.NORMANTAS

МАЪЛУМОТНОКИИ ҲАРФҲО ДАР ҲУДУДИ КАЛИМА

*Институти математикаи ба номи А.Чӯраеви
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола нуқтаи назари маълумоти дутарафа барои ҳисобкунии маълумотнокии ҳарфҳо дар мавқеи гуногуни калима, истифода карда шудааст. Барои ин аз усулҳои бевосита ва соддакардашуда истифода карда шуд. Чандомади калимаҳо, ки аз корпус (маҷмӯи калима)-ҳои забонҳои этникӣ (англисӣ, литовӣ, русӣ, тоҷикӣ) ва забони байналмилалӣ эсперанто гирифта шудаанд, барои ҳисоб намудани маълумотнокии омӯри истифода шудаанд. Натиҷаҳои ба даст овардашуда ду қонуниятро иникос менамоянд: ҳарфҳои мавқеи дуоюми калимаҳо нисбат ба ҳарфҳои яқум ва сеюм маълумоти хело камро баррасӣ мекунад; маълумотнокии ҳарф аз миёнаи калима то охири он майли камшавӣ дорад.

Калимаҳои калидӣ: маълумоти дутарафа – маълумотнокии ҳарфҳо – назарияи ахбор.

V.NORMANTAS

INFORMATIVITY OF LETTERS WITHIN A WORD

*A.Juraev Institute of Mathematic,
Academy of Sciences of the Republic Tajikistan*

The concept of mutual information has been used to calculate informativity of letters at each position within words of known length. First the straightforward method to calculate the mutual information is presented, then a significantly simpler method is derived due to the fact that there is no uncertainty about letters of a known word. Word frequencies collected from corpora of four natural languages (English, Lithuanian, Russian, Tajik) and one constructed lan-

guage (Esperanto) have been used for statistical study of letter informativity. The results appear to display two patterns which are consistent through all studied languages and word lengths: the second letter carries significantly less information comparing to the first and the third letters; informativity of letters tends to gradually decrease past the middle of the word.

Key words: mutual information – letter informativity – information theory.

УДК 551.521.3, 551.583

С.Ф.АБДУЛЛАЕВ, В.А.МАСЛОВ, Н.Б.КУРБОНОВ, Н.А.АБДУРАСУЛОВА,
Б.И.НАЗАРОВ, У.МАДВАЛИЕВ

**МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОЙ РАДИАЦИИ В ДУШАНБЕ
С ПОМОЩЬЮ НАЗЕМНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

*Физико-технический институт им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 25.04.2013 г.*

Представлены результаты исследования вариации глобальной и диффузной радиации, а также альbedo подстилающей поверхности, полученные в Душанбе с помощью наземного измерительного комплекса, мониторинга атмосферной радиации. Комплекс предназначен для длительного непрерывного мониторинга радиационных свойств атмосферы и создания базы данных по измерениям солнечной радиации в широком спектральном диапазоне.

Ключевые слова: глобальная радиация – диффузная радиация – альbedo поверхности – оптическая толщина аэрозоля.

Измерения радиационных характеристик атмосферы проводились ранее [1,2] в кратковременном режиме. Для длительного непрерывного мониторинга радиационных свойств атмосферы в широком спектральном диапазоне впервые в Душанбе был создан наземный комплекс, расположенный на крыше здания Физико-технического института им. С.У.Умарова АН РТ в черте г.Душанбе ($\phi=38^{\circ} 33'N$, $\lambda=68^{\circ}47'E$, $h=821$ m a.s.l) [3]. Комплекс позволяет проводить измерения отражённой глобальной солнечной радиации, а также альbedo подстилающей поверхности. Для исследований оптических свойств атмосферы по глобальной программе AERONET [4-9] в Таджикистане при помощи проекта МНТЦ Т-1688 установлен солнечный фотометр Cimel CE-318. С июля 2010 г. с проводятся регулярные измерения: аэрозольной прозрачности атмосферы на семи длинах волн в видимой области спектра, $\lambda=340, 380, 440, 500, 670, 870$ и 1020 нм; яркости неба в альмукантарате и в плоскости солнечного вертикала на четырёх длинах волн $\lambda=440, 670, 870$ и

Адрес для корреспонденции: Абдуллаев Сабур Фузайлович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Физико-технический институт АН РТ. E-mail: sabur.f.abdullaev@gmail.com

1020 нм; общего содержания водяного пара в атмосфере. Данные представлены на сайте <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>.

Результаты измерений используются для восстановления оптико-микрофизических характеристик аэрозоля, осреднённых по всей толще атмосферы: аэрозольной оптической толщины; параметра Ангстрема; интегрального содержания водяного пара в вертикальном столбе атмосферы; функции распределения аэрозольных частиц по размерам; комплексного показателя преломления вещества аэрозольных частиц; альbedo однократного рассеяния.

Накопленные и обработанные данные необходимы: для моделирования радиационного режима атмосферы, определения количественных и качественных характеристик аэрозольной компоненты атмосферы; для моделирования климатических изменений в региональном и глобальном масштабе; для коррекции данных спутниковых наблюдений аэрозоля; для мониторинга динамики трансформации и перемещения аэрозоля в атмосфере; для оценки трендов (месячных, сезонных, годовых) изменения оптических свойств атмосферы; для оценки степени загрязнения воздушного бассейна г.Душанбе.

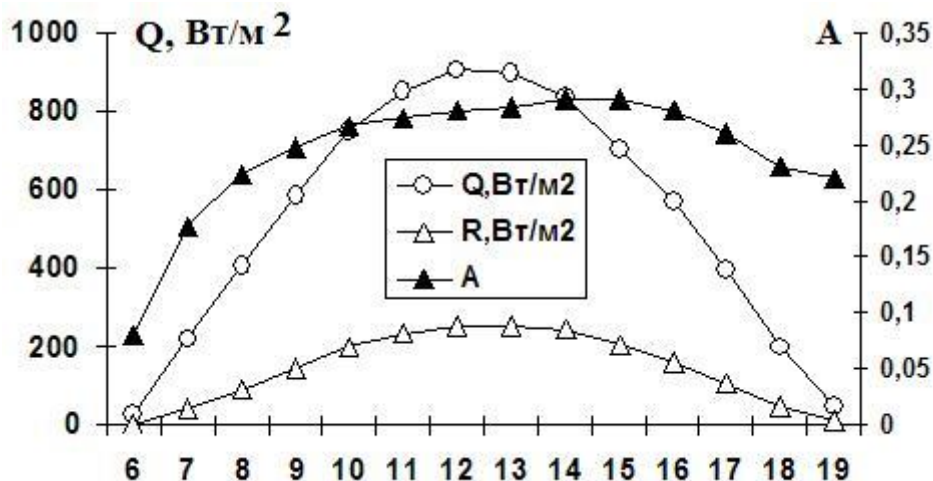


Рис. 1. Суточный ход глобальной и диффузной компонент солнечного излучения, а также альbedo подстилающей поверхности, измеренных 1 августа 2011 г.

На рис. 1 показаны суточные ходы глобальной и диффузной компонент солнечного излучения, а также альbedo подстилающей поверхности, полученные 1 августа 2011 г. Кривые глобальной и диффузной радиации имеют симметричный вид относительно максимума (около полудня), а кривая альbedo не симметрична. Среднедневная аэрозольная оптическая толщина (АОТ) для этого дня составила 0.204 на длине волны 1.02 мкм. Максимумы глобальной и отраженной радиации в 12 ч дня равны соответственно 905 и 254 Вт/м². Отношения Q/R изменялись от 5.68 в 7 ч утра до 3.43 в 15 ч. Максимум альbedo поверхности для этого дня 0.291 в 14-15 ч и отстает от максимума Q и R на 2-3 ч.

На рис. 2 представлен суточный ход часовых сумм глобальной радиации $\Sigma_h Q$ в относительных единицах (в процентах от суточных сумм $\Sigma_d Q$) для разных месяцев. Форма

кривой суточного хода зависит от продолжительности дня: летом полуширина кривой увеличивается и максимум уменьшается, в зимнее время кривая сужается, а максимум возрастает. Максимум в зимней кривой опережает максимумы кривых для других сезонов.

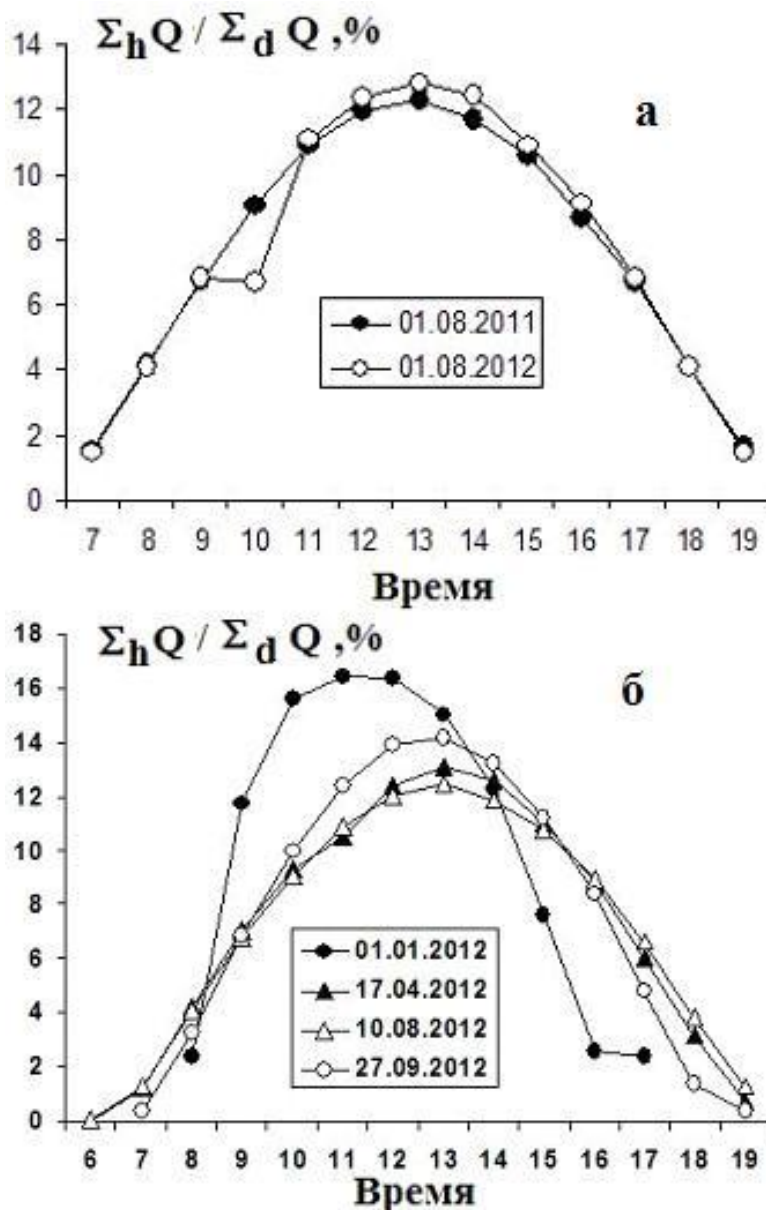


Рис. 2. Суточный ход часовых сумм глобальной радиации $\Sigma_h Q$ (в процентах от суточных сумм $\Sigma_d Q$): а – для летнего дня 2011 и 2012 гг.; б – для разных сезонов 2012 г.

Дневной ход глобальной радиации при различных сценариях пылевого выноса в Душанбе, приведённый на рис.3, указывает, что в 2012 г. воздух был более загрязнённым, чем в предыдущем году. Пылевая мгла приводит к ослаблению глобальной радиации от 40 до 90% (рис.3.в).

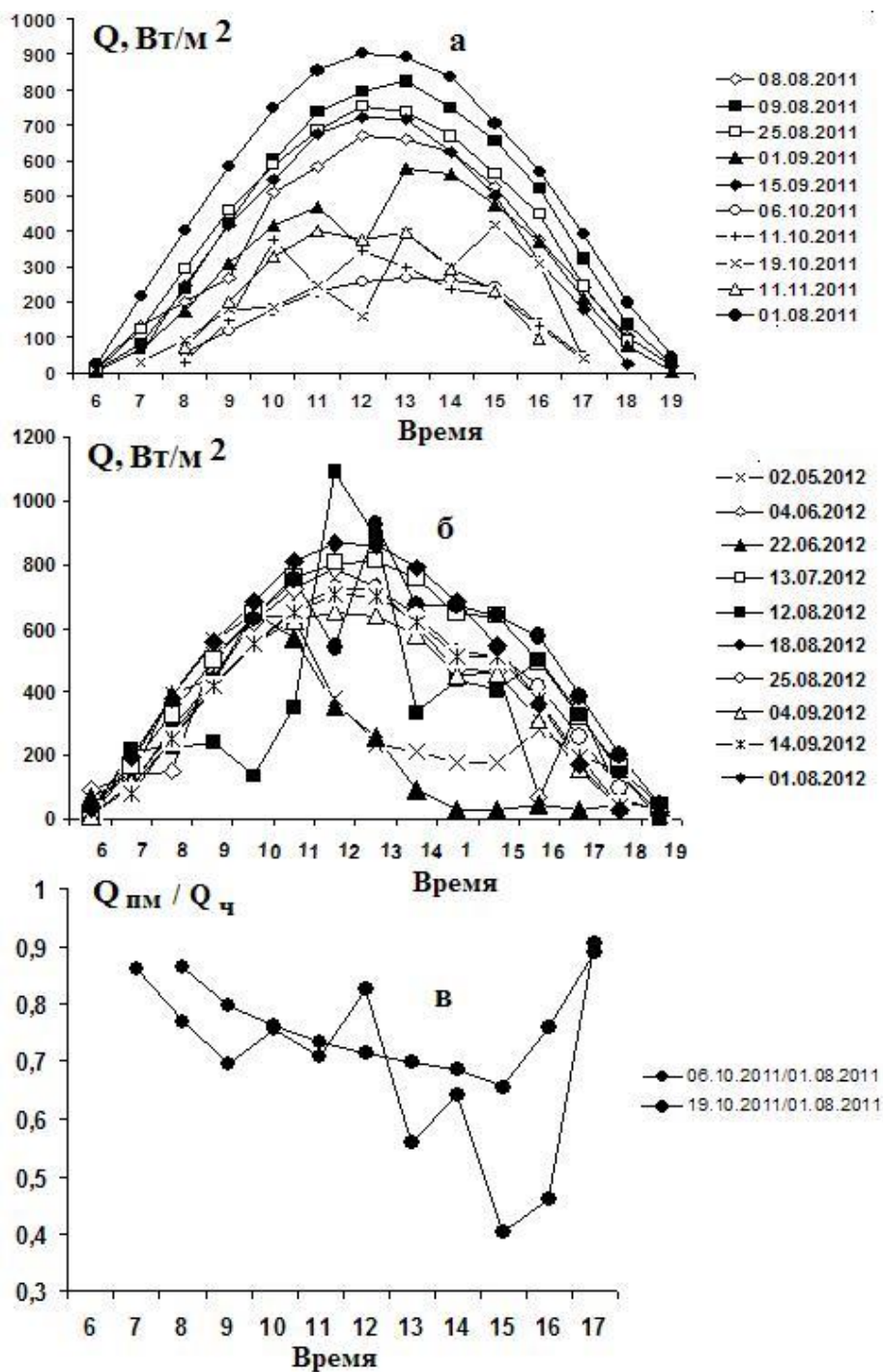


Рис. 3. Дневной ход глобальной радиации при различных сценариях пылевого выноса в г.Душанбе: а – за 2011 г., б – за 2012 г.; в – отношение глобальной радиации при пылевом выносе и в ясный день.

В табл. 1 приведены средние значения оптической толщины атмосферного аэрозоля для длин волн 0.5 и 1.02 мкм и их отношения для рассматриваемых дней. Из таблицы видно, соотношения оптических толщин изменяется в пределе $\tau(0,5\text{мкм})/$

$\tau(1,02\text{мкм})=0.99\text{--}2.07$, причём минимальное значение соответствует запылённой атмосфере, а максимальное значение чистой.

Таблица 1

Среднедневные значения оптической толщины атмосферного аэрозоля для длин волн 0.5 и 1,02 мкм и их соотношения в г.Душанбе.

Дни	$\tau(1,02\text{мкм})$	$\tau(0,5\text{мкм})$	$\tau(0,5\text{мкм}) / \tau(1,02\text{мкм})$
08.08.2011	1.602	1.749	1.09
09.08.2011	0.754	0.867	1.15
25.08.2011	0.591	0.731	1.24
01.09.2011	0.171	0.237	1.39
15.09.2011	0.55	0.682	1.24
06.10.2011	2.68	2.661	0.99
19.10.2011	0.141	0.268	1.90
11.11.2011	0.071	0.071	1.00
01.08.2011	0.204	0.295	1.45
02.05.2012	0.081	0.168	2.07
04.06.2012	0.127	0.216	1.70
22.06.2012	0.286	0.442	1.55
13.07.2012	0.947	1.072	1.13
12.08.2012	0.183	0.326	1.78
18.08.2012	0.166	0.273	1.64
25.08.2012	0.886	0.989	1.12
04.09.2012	1.003	1.095	1.09
14.09.2012	0.32	0.431	1.35
01.08.2012	0.204	0.295	1.45

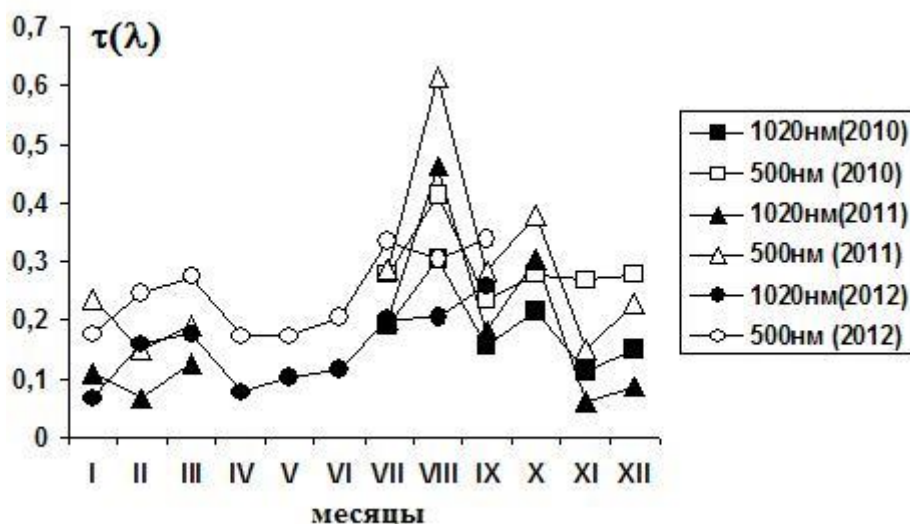


Рис.4. Вариации среднемесячного значения аэрозольной оптической толщины τ на длине волны $\lambda=0.5$ и 1.02 мкм с июля 2010 – по октябрь 2012 гг.

На рис. 4 представлены данные многолетних наблюдений вариации среднемесячного значения АОТ τ на длинах волны $\lambda = 0.5$ и 1.02 мкм за период июль 2010 – октябрь 2012 гг., проведенных в Душанбе с использованием солнечного фотометра Cimel CE-318. Средние значения АОТ за этот период наблюдения составляют $\langle \tau \rangle = 0.172$ для длины волны $\lambda = 1.02$ мкм и $\langle \tau \rangle = 0.273$ для длины волны $\lambda = 0.5$ мкм.

Наблюдаемое уменьшение АОТ с увеличением длины волны показывает: аэрозоль более прозрачен в ИК-области спектра, чем в видимой области. Атмосфера в Душанбе более загрязнена в лето и осенью, что связано с частыми вторжениями пылевой мглы в этот период. Наблюдается положительная динамика уровня загрязнения. Из года в год разрыв данных на графике связан с калибровкой фотометра.

Выводы

Для долговременного непрерывного мониторинга радиационных свойств атмосферы (глобальной и диффузной компонент) в широком спектральном диапазоне, создан наземный многофункциональный измерительный комплекс. Данные измерений основных метеопараметров накапливаются с июля 2010 г., солнечной радиации в широком спектральном диапазоне – с октября 2010 г. Представлены первые результаты измерений. Использование датчиков излучения, имеющих вторичный стандарт (Secondary Standard) и первый класс (First Class) для измерений, методики измерения и обработки сигналов в соответствии с требованиями WMO, позволяет достигнуть точности конечных данных, необходимой для последующего использования их при моделировании и анализе результатов измерений.

Исследования проведены при финансовой поддержке Международного научно-технического центра (проект Т-1688).

Авторы благодарят д-ра Brent Holben, руководителя программы AERONET, NASA/GSFC, профессора Philippe Goloub и д-ра Oleg Dubovik за поддержку проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирогов С.М., Ромашова Е.В., И.Н.Соколик И.Н. – Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля. – СПб.: НПО «Тайфун», 1992, с. 76-81.
2. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Шукуров А.Х. и др. – ДАН РТ, 1995. т.38, №7-8, с.9-14.
3. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А. и др. – Вестник ТТУ, 2011, №2, с.8-14.
4. Holben B.N., Eck T.F., Slutsker I. et al. – Rem. Sens. Environ., 1998, v.66, pp.1-16.
5. Eck T.F., Holben B.N., Reid J.S. et al. – J.Geophys.Res., 1999, v.104, pp. 31333-31350.
6. Smirnov A., Holben B.N., Eck T.F. et.al. – Rem.Sens.Env., 2000, v.73, pp.337-349.
7. Dubovik O., King M. D. – J. Geophys. Res., 2000, v.105, pp.20673-20696.
8. Dubovik O., Smirnov A., Holben B.N. et. al. – J. Geophys. Res., 2000, v.105, pp.9791-9806.
9. Holben B.N., Tanre D., Smirnov A. et. al. – J. Geophys. Res., 2001, v.106, pp.12067-12097.

С.Ф.АБДУЛЛАЕВ, В.А.МАСЛОВ, Н.Б.КУРБОНОВ, Н.А.АБДУРАСУЛОВА,
Б.И.НАЗАРОВ, У.МАДВАЛИЕВ

ОМУЗИШИ РАДИАТСИЯИ АТМОСФЕРА ДАР ДУШАНБЕ БО ИСТФО- ДА АЗ МАЧМУИ ТАЧҶИЗОТИ ЧЕНКУНАНДА

*Институти физикаю-техникаи ба номи С.У.Умарови
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Натиҷаҳои омузиши тағйирёбии радиатсияи глобалӣ ва диффузӣ, инчунин альбедои сатҳи замин, ки дар ш.Душанбе бо истифода аз маҷмӯи таҷҳизоти ченку-
нанда, ки барои омузиши радиатсияи атмосфера пешбинӣ шудааст, ба даст оварда,
пешниҳод гардидааст. Ин маҷмӯи таҷҳизот барои омузиши бефосила ва бардавоми
радиатсияи атмосфера, барои ба даст овардани маҷмӯи маълумотҳо оиди радиатсия
офтоб дар ҳудуди васеи спектралӣ истифода хоҳад шуд.

Калимаҳои калидӣ: радиатсияи глобалӣ – радиатсияи диффузӣ – альбедои сатҳ – ғафсии оп-
тикии аэрозоль.

S.F.ABDULLAEV, V.A.MASLOV, N.B.KURBONOV, N.A.ABDURASULOVA,
B.I.NAZAROV, U.MADVALIEV

MONITORING OF ATMOSPHERIC RADIATION IN DUSHANBE BY GROUND-BASED MEASURING COMPLEX

S.U.Umarov Physical-Technical Institute, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

The results of the study of variation of global and diffuse radiation and surface albedo
obtained in Dushanbe from ground measurement system for monitoring atmospheric radiation.
The system will design for long-term continuous monitoring of the radiative properties of the
atmosphere and create a database of solar radiation measurements in a wide spectral range.

Key words: global radiation – diffuse radiation – albedo – aerosol optical depth.

УДК 553.96; 544.723

М.Д.ИСОБАЕВ, Э.Х.ПУЛАТОВ, Т.Х.АБДУЛЛАЕВ, М.З.ТУРДИАЛИЕВ,
М.ДАВЛАТНАЗАРОВА, Ш.А.МИНГБОЕВ

**КИНЕТИКА ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ,
ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ УГЛЯ**

*Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 14.08.2013 г.*

Изучен процесс термического разложения газов угля месторождения «Зидды» с целью выявления общей термодинамической картины данного процесса. Выделено 7 газовых фракций в интервале температур 200-600°C, при температурном градиенте $\Delta T=20^\circ\text{C}$. Проведена корреляция данных фракционного состава образующихся газов с данными по газо-хроматографии (ГЖХ). Определены кинетические параметры и свободная энергия активации данного процесса. Общее содержание выделенных газов в пересчёте на 1 кг угля составляет не менее 260 л (н.у.).

Ключевые слова: термическое разложение угля – месторождение «Зидды» – кинетика – газовая хроматография – константы скорости.

Высокомолекулярные соединения составляют большую часть угля и проявляются в виде гуминовых кислот, каменноугольной смолы и пека. При температурном воздействии на уголь свыше 200°C начинается процесс десорбции воды и легких газов. Далее в температурном интервале 300-600°C происходит деструкция высокомолекулярных соединений и выделение продуктов разложения в виде газа и каменноугольной смолы. Выделяющейся газ в литературе принято называть коксовым газом (КГ). Этот газ обладает высокой теплотворной способностью, сопоставимой с теплотворной способностью природного газа.

В связи с тем, что КГ является доступным в выработке и имеет хорошую теплотворную способность, он может найти применение в качестве энергетического сырья на местных предприятиях, испытывающих острую потребность в этом виде топлива.

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

Следует отметить, что в последнее время широкое применение на предприятиях, и в частности на ТАЛКО, находит технология газификации угля, базирующаяся на принципах получения «синтез-газа». В данной технологии проводится частичное сжигание угля для поддержания необходимой температуры реактора и взаимодействия воды с остатком угля с образованием водородной составляющей. Газ, полученный по данной технологии, называется генераторным и обладает теплотворной способностью в десятки раз меньшей, чем природный газ и газ, полученный при разложении высокомолекулярных соединений угля.

Данная работа посвящена детальному изучению процесса получения КГ, в особенности фракционного состава газов, полученных путём термоллиза высокомолекулярных соединений, кинетики образования газов и определения их термодинамических характеристик с целью дальнейшей оптимизации представленной технологии.

Содержание высокомолекулярных соединений в углях зависит от качества угля. Для высококачественных углей выход газа невелик, что связано, по-видимому, с прочной структурой угля. Углерод, как известно, находится в составе угля в виде конденсированных ароматических колец, что придает углю особую прочность. Для низкосортных углей картина может иметь противоположную направленность. Степень упорядоченности здесь меньше, что соответственно приводит к снижению термостойкости угля. Помимо этого, низкосортные угли содержат различные вещества минерального и органического происхождения, что способствует их меньшей структурной стабильности.

Доказательством такого предположения являются наши данные по изучению углей отдельных месторождений Таджикистана. Так, при анаэробном термоллизе угля месторождения «Зидды», расположенного на севере страны, удалось получить свыше 20% от общей массы летучих органических веществ. Одновременно в результате термоллиза получают прекрасные по своим техническим параметрам угольные адсорбенты.

Сведения по химическому составу углей широко представлены в литературе [1-3], откуда следует, что сопутствующие газы и летучие органические вещества представляют собой ценные исходные соединения, представляющие интерес для дальнейшей переработки.

Если рассматривать процесс сжигания угля с экологической точки зрения, то следует иметь в виду, что среди органических соединений, выделяющихся при термической обработке углей, могут быть высокотоксичные, что создает дополнительные проблемы экологического плана при массовом использовании угля быту и на производстве. В связи этим предпринятое нами исследование преследует цель выделения в лабораторных условиях сопутствующих газов, разделения их по фракциям и поиск путей дальнейшей трансформации этих веществ в полезные и нетоксичные продукты для исключения выбросов этих веществ в окружающую среду.

Из имеющихся данных по химическому составу углей различных месторождений Таджикистана [4-5] следует, что наибольшее количество органических примесей содер-

жат угли месторождения «Зидды», вследствие чего они выбраны в качестве объекта исследований. Основные составляющие компоненты угля месторождения «Зидды» в процентах от общей массы представлены в табл.1

Таблица 1

Состав угля по основным компонентам в процентном соотношении

Влага %	Смолистые вещества	Летучие кислоты	Летучие основания	Сопутствующие газы	Полукоксы	Зола
8.0	2.6	3.5	1.5	19.0	44.4	21.0

Для проведения высокотемпературных кинетических исследований сконструирована специальная установка, включающая реакционную камеру, помещённую в специальную печь и соединённую с ниспадающим водяным холодильником. Сбор жидких фракций производился в приёмник, а выделяющийся газ накапливался в газосборнике. Количество выделившегося газа определялось по количеству вытесненной им воды.

Температура реактора регулировалась посредством изменения силы тока печи с помощью лабораторного реостата. Все выделяющиеся газы проявляют хорошую горючесть. Продолжительность десорбции газов зависит от содержания вещества в каждой фракции. Минимальное время, за которое данная фракция собиралась, составляло 25 мин, а максимальное соответствовало 50 мин. Из навески исследуемого угля в 50 г получены следующие данные по составляющим уголь компонентам 4.0 г (8%) воды; 1.3 г (2.6%) смолянистых веществ; 12 г (13000 мл, 24%) газа; 32.7 г (65,4%) полукоксы, 10.5 г (21 %) золы.

Появление первых газообразных продуктов, соответствующих, по-видимому, процессу десорбции отмечено при 160°C. В этот период наблюдается выделение незначительного количества паров воды. Данные по количеству выделенного газа при различной температуре реактора и продолжительность газовой выделенности приведены в табл. 2.

Таблица 2

Объём выделившегося газа и временной интервал забора фракций газа

Температура реактора, °C	Объём выделившегося газа,		Время газовой выделенности, мин
	мл	%	
225	200	1.53	25
285 ^{a)}	60	0.46	25
365	2158	16.54	35
395	2760	2.16	50
450	2616	20.06	45
510	2611	20.02	35
560	1640	12.58	30
610	995	7.63	25

При температуре выше 285°C одновременно с выделением газа наблюдается десорбция воды.

Из графического представления зависимости выхода КГ от температуры, (рис. 1) следует, что в интервале температур 400-500°C происходит образование основной массы

КГ. Указанная зависимость проходит через максимум, соответствующий температуре 400°C.

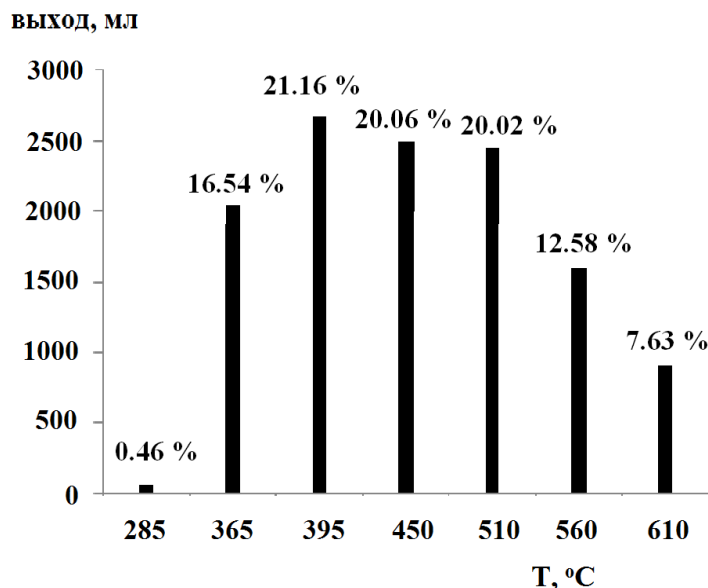


Рис.1. Диаграмма распределения летучих веществ по каждой фракции в процентах от общего содержания.

Так как выделение летучих веществ определяется в нашем случае температурным режимом, целесообразно было проследить кинетику данного процесса для каждого температурного интервала. В пределах измерений кинетическая зависимость может быть описана уравнением первого порядка для необратимых процессов. Исходя из зависимости выхода газообразного вещества от времени, удалось получить константы скорости и некоторые энергетические параметры процесса (табл.3).

Таблица 3

Кинетические параметры десорбции

№ фракции	K	lnK	-ΔG [#] (КДж/моль)
1	0.78x10 ⁻⁵	-11.76	48.67
2	0.38x10 ⁻⁵	-12.48	57.88
3	0.16x10 ⁻⁴	-11.04	58.55
4	0.29x10 ⁻⁴	-10.45	58.02
5	0.30x10 ⁻⁴	-10.42	62.62
6	0.36x10 ⁻⁴	-10.23	66.58
7	0.40x10 ⁻⁴	-10.13	70.13

Временная зависимость выхода продуктов термолитиза для каждой фракции представлена на рис.2.

Исходя из полученных данных по фракционированию сопутствующих газов, следует полагать, что в целом в исследуемых углях присутствует не менее семи газовых фракций. Для выяснения общей картины по газовому фракционному составу применён метод газовой хроматографии с использованием прибора «Shimadzu GC-2010 plus» с де-

тектором по захвату электронов и капиллярной колонкой диаметром $d = 0.2$ мм и длиной 30 м (табл.4).

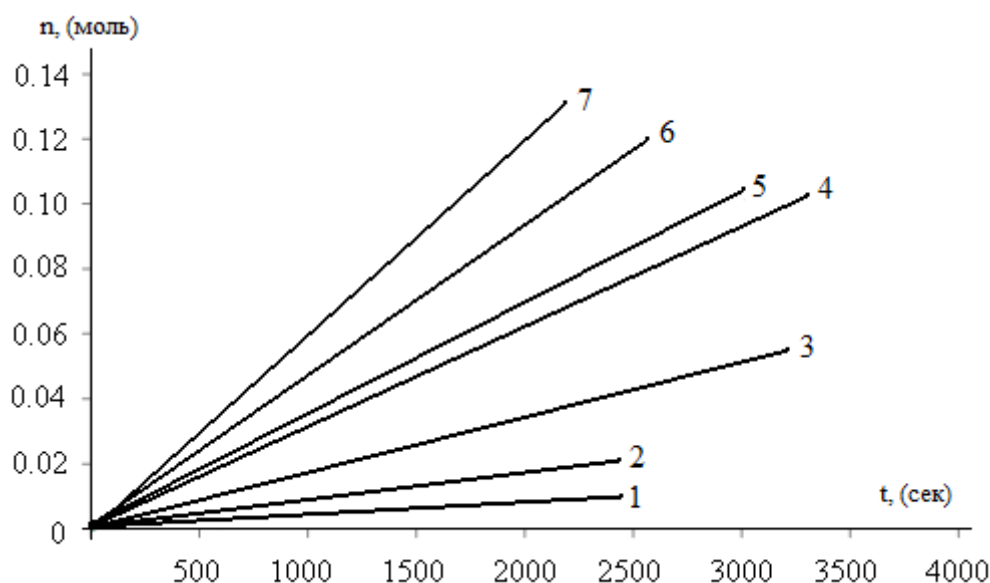


Рис.2. Кинетика образования летучих фракций угля. По шкале ординат указано количество выделившегося вещества в молях, по шкале абсцисс время в секундах и цифрами количества фракций.

Таблица 4

Данные газожидкостной хроматографии

Пик	Время, сек	Область	Высота	Массовая доля, %
1	1.268	126672	22559	6.305
2	1.446	120046	29902	5.975
3	1.612	343940	90121	17.120
4	15.506	40783	20420	2.030
5	16.298	16854	6120	0.839
6	17.453	48006	11556	2.390
7	18.425	170041	4589	0.848
8	20.817	690934	236123	34.392
9	22.115	524784	190739	26.121
10	22.769	79958	32560	3.980
Общее количество		2009018	644689	100.00

В целом данные по ГЖХ анализу совпадают с полученными нами данными по фракционированию сопутствующих газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исобаев М.Д., Пулатов Э.Х., Хидиров М.А., Турдалиев М.З., Раджабов У.Р. Исследование летучих токсичных примесей углей Таджикистана. – Тез. докл. межд. конф. - Душанбе. 2011, с.65-66.

2. Турдалиев М.З., Исобаев М.Д., Пулатов Э.Х. – Фракционный состав продуктов анаэробного термолитиза углей месторождений Таджикистана. – Респ. научно-практ. конф. – Душанбе 2011, с.150.
3. Аронов С.Г., Нестеренко Л.Л. - Химия твердых ископаемых. Изд. Харьков. ГУ, 1960.
4. Сторобинец И.С. – Угли Средней Азии и пути их использования. – Ташкент: ФАН, 1968, 158 с.
5. Караваяев Н.М., Румянцева З.А., Певзнер З.И., Фейгин С.А., Бондарь В.П. – Пути использования ископаемых углей Зеравшанской долины и их технико-экономическая оценка. – Душанбе: Тип. изд. АН ТаджССР, 1963.

М.Д.ИСОБАЕВ, Э.Х.ПУЛАТОВ, Т.Х.АБДУЛЛАЕВ, М.З.ТУРДИАЛИЕВ,
М.ДАВЛАТНАЗАРОВА, Ш.А.МИНГБОЕВ

КИНЕТИКАИ ТАҶЗИЯИ ТЕРМИКИИ ПАЙВАСТАГИҶОИ КАЛОНМОЛЕКУЛАВИИ ДАР ТАРКИБИ АНГИШТБУДА

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

Раванди таҷзияи газҳои ангишти кони «Зиддӣ» бо мақсади муайян намудани ҳолати термодинамикии ҷараён омӯхта шуд. Дар интервали ҳарорати 200-600°C, бо градиенти ҳарорати $\Delta T = 20^\circ\text{C}$, 7 фраксияи газӣ ҷудо карда шуд. Мувофиқасозии таркиби газҳои фраксионии ҷудошуда бо натиҷаҳои омӯзиши онҳо бо усули хроматографияи газӣ-моёғӣ (ХГМ) гузаронида шуд. Воҳидҳои кинетикӣ ва энергияи озоди ҷаҳолшавии ин ҷараён омӯхта шуд. Миқдори умумии газҳои ҷудошуда, барои 1 кг ангишт на кам аз 260 л (ш.м.)-ро ташкил мекунад.

Калимаҳои калидӣ: таҷзияи термодинамикии ангишт – кони «Зиддӣ» – кинетика – хроматографияи газӣ – доимии суръат.

M.D.ISOBAEV, E.H.PULATOV, T.H.ABDULLAEV, M.Z.TURDIALIEV,
M.DAVLATNAZAROVA, SH.A.MINGBOEV

KINETICS OF THE THERMAL DECOMPOSITION OF HIGHMOLECULAR FRACTION OF THE COAL

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

The process of thermal decomposition of highmolecular fraction of the coal-from field "Ziddi" in order to identify common thermodynamic situation of the process was investigated. 7 separate gas fractions were obtained in the temperature range 200-600°C. Temperature was gradient $\Delta T = 20^\circ\text{C}$. Correlation of the data of fractional composition of gases with data on GLC.

Were done kinetic parameters and the free energy of activation of the process were obtained. The total volume of the produced gas per 1 kg of coal is not less than 260 dm³ (StP).

Key words: thermal decomposition of coal – from field "Ziddi" – kinetics – gas chromatography – the rate konstant.

УДК 574.854.1.789.1

Ю.ХОДЖИБОЕВ, Р.О.РАХМОНОВ, М.Т.ЗОИДОВА, М.А.КУКАНИЕВ,
ФРАНЧЕСКО ДЕ АНДЖЕЛИС*

СИНТЕЗ И АЦИЛИРОВАНИЕ

2-БУТИЛАМИН-6-п-БРОМФЕНИЛИМИДАЗО-[2,1-В]-1,3,4-ТИАДИАЗОЛА

*Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан,
Университет Л'Аквила, Италия

Поступила в редакцию 25.04.2013 г.

В статье представлен синтез новых модификаций производных конденсированных тиадиазола-2-бутиламин- и (6-п-бромфенилимидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутиламидуксусной кислоты на основе реакции нуклеофильного замещения 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазола с бутиламино, ацилирования 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазола ангидридом уксусной кислоты и установление их состава и структуры методом ИК-спектроскопии и элементного анализа.

Ключевые слова: 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазола – нуклеофильное замещение – бутиламин – 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазол – ангидрид уксусной кислоты – (6-п-бромфенилимидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутиламидуксусной кислоты – валентное колебание.

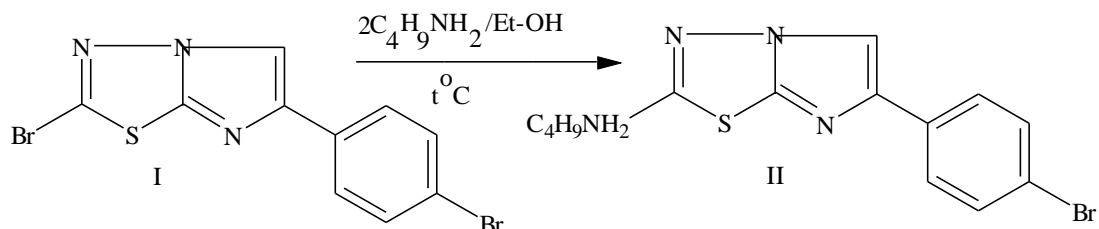
В настоящее время интерес к химии азот- и серосодержащих веществ в органической химии всё больше привлекает химиков-синтетиков. Постоянный интерес к этим соединениям связан, в первую очередь, с их высокой биологической активностью, а также с тем, что на их основе создаются новые лекарственные вещества, средства защиты и регуляторы роста растений. Наибольшее внимание исследователей привлекают производные поликонденсированных имидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазолов, которые находят широкое применение для получения различных медицинских препаратов [1-4].

Целью настоящей работы является изучение реакции нуклеофильного замещения атома брома в 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-в]-1,3,4-тиадиазола на бутиламин и исследование реакции ацилирования 2-бутиламинопроизводных-6-п-фенилимидазо-[2,1-

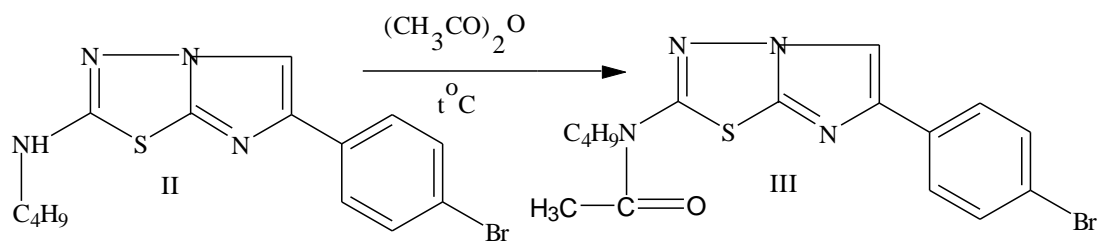
Адрес для корреспонденции: Зоидова Мутабар Толибджоновна. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: golibjon85@mail.ru

b)-1,3,4-тиадиазола II с уксусным ангидридом и установление методом ИК-спектрометрии строения 2-бутиламин-6-п-фенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола и (6-п-бромфенилимидазо-азо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутиламидуксусной кислоты.

Выявлено, что реакция 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола I с бутиламином идёт при кипячении в среде этанола в течение 3-4 часов с образованием 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола II с выходом 68%.



Далее представлялось интересным исследовать реакцию ацилирования соединения II ангидридом уксусной кислоты. Реакция ацилирования проводилась в среде уксусного ангидрида при температуре кипения растворителя в течение 2.5 ч. В результате получен (6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутиламидуксусной кислоты III с выходом 78%.



Установлено, что при ацилировании соединения II с уксусным ангидридом ацилирование идет по аминогруппе, в результате которого образуется соединение III, что подтверждается литературными данными [5,6].

Состав и структура соединений II и III установлены элементным анализом и ИК-спектроскопией. Важнейшие физико-химические константы соединений II и III приведены в таблице.

В ИК-спектре соединения II в кристаллическом состоянии наблюдается полоса поглощения в области 1597.26 см^{-1} для C=N-фрагмента тиадиазольного цикла, а полоса поглощения для C=N-фрагмента имидазольного кольца проявляется в области 1531.38 см^{-1} . Полоса поглощения в области 1469.86 см^{-1} соответствует валентным колебаниям двойной связи C=C-фрагмента имидазольного кольца. Полоса поглощения C-S-C для тиадиазольного кольца была обнаружена в области 693.72 см^{-1} . Характерная полоса поглощения в области 3252.22 см^{-1} соответствует колебаниям NH-группы, которая исчезает после ацилирования уксусным ангидридом. Полоса поглощения соответствует валентным колебаниям для группы CH₂ и CH₃, обнаружена в области 1445.20 см^{-1} .

Для соединения III в кристаллическом состоянии имеющиеся полосы поглощения в области 1606.63 см^{-1} соответствуют валентным колебаниям C=N- фрагмента триадиазольного кольца, а полоса поглощения в области 1527.08 см^{-1} соответствует валентным колебаниям C=N-фрагмента имидазольного кольца. Характерная полоса поглощения в области 677.04 см^{-1} соответствует валентным колебаниям C-S-C фрагментам. Полоса поглощения в области 1496.23 см^{-1} соответствует валентным колебаниям C=C-фрагмента для имидазольного кольца. Интенсивные полосы, связанные с валентными колебаниями кратной связи карбонильной группы, наблюдаются в области 1669.55 см^{-1} . Характерная полоса поглощения для -CH₂-CO-N обнаружена в области 3102.99 см^{-1} в слабом поле.

У соединений II и III присутствие замещенных фенильных групп наблюдается в полосах поглощения валентных колебаний CH в области 3252.22 см^{-1} и $2952.46\text{--}2526.20\text{ см}^{-1}$, а полосы поглощения деформационных колебаний CH бензольного кольца обнаружены в области 721.08 и 743.23 см^{-1} .

В ИК-спектрах полученных нами соединений II и III обнаружены характерные полосы поглощения имидазотриадиазольного цикла, которые соответствуют литературным данным [7,8].

На основе этих данных можно предположить, что под влиянием электроотрицательной п-бромфенильной группы и заместителя 2-го положения соединений II и III, которые влияют на распределение электронной плотности, происходят изменения в интенсивности некоторых пиков в соединении III. В соединении III эти эффекты обусловлены сильным стерическим взаимодействием между группами N-Het и NCOCH₃, а также между N-алкильным заместителем.

Таблица

Характеристики 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол II и (6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутиламидуксусной кислоты III

№ соединения	Выход, %	Т.пл., °C	Вычислено, %			Найдено, %			Брутто-формула, Mr
			C	H	N	C	H	N	
II	73.0	118-120	47.87	4.30	15.95	46.45	3.74	14.65	C ₁₄ H ₁₅ BrSN ₄ , 351
III	80.0	180-182	48.86	4.36	14.25	47.56	3.75	13.51	C ₁₆ H ₁₇ BrOSN ₄ , 393

Экспериментальная часть

ИК-спектры измерены на приборе Perkin Elmer Spectrum, температуры плавления определены на микронагревательном столике Voetius. Индивидуальность и чистоту соединений контролировали методом тонкослойной хроматографии в пластинках «Silufol-254UV» в йодной камере.

Синтез 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола II. 3.59 г (0.01 моль) 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола помещают в 40 мл этанола. Затем при перемешивании добавляют 2.78 г (0.02 моль) бутиламина. Реакционную смесь при перемешивании кипятят в течение 2-3 часов, охлаждают и добавляют рас-

твор 0.82 г (0.01 моль) карбоната натрия в 5 мл воды. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой и кристаллизуют из смеси ДМФА-этанол (2:3). Выход - 2.56 г (73%). Т.пл.= 118-120°C.

Синтез (6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутил-амидуксусной кислоты III. В 15 мл уксусного ангидрида растворяют 3.51г (0.01 моль) 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола и при постоянном перемешивании нагревают в течение 1 ч выпадает осадок. Осадок промывают эфиром (3x15 мл), высушивают и перекристаллизовывают из смеси ДМФА-этанола (2:3). Выход - 3.14 г (80%). Т.пл.= 180-182°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sharad Dhepe, Sujeet Kumar et. al. – Med. Chem. Res., 2012, v. 21, pp. 1550-1556.
2. Gundurao K., Vinayak H., Imtiyaz Ahmed Khazi and Pramod Gadad. – Depart. of Chem. Karnatak Univers., Dharwad, India 6. Januar 2006.
3. Mohan, Jag; Kumar, Ashok. – Indian Journal of Heterocyclic Chemistry, 2003, v.13(2), pp.101-104.
4. Gadad A.K., Noolvi M.N., Karpoornath V. – Bioorg. & Med. Chem., 2004, № 12, pp. 5651-5659.
5. Safarov S., Rahmonov R., et. al. J. Heterocyclic Chem., 2008, V.45, pp. 299-302.
6. Ходжибаев Ю.Х., Куканиев М.А. – Синтез, превращения и свойства имидазо[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола. – Душанбе, 2010, с. 48.
7. Kamal F.M. Atta, Omaima O.M. Farahat et al. – J. Molekules, 2011,v.16, pp. 5496-5506.
8. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. – М.: Мир, 1965, с. 31-69.

Ю.ҲОҶИБОЕВ, Р.О.РАҲМОНОВ, М.Т.ЗОИДОВА, М.А.КУКАНИЕВ,
ФРАНЧЕСКО ДЕ АНДЖЕЛИС

СИНТЕЗ ВА АТСИЛОНИДАНИ

2-БУТИЛАМИН-6-П-БРОМФЕНИЛИМИДАЗО-[2,1-В]-1,3,4-ТИАДИАЗОЛ

*Институти химияи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Донишгоҳи Л'Аквила, Италия*

Дар мақола перомунӣ модификатсияи ҷадиди ҳосилаҳои тарокумии тиадиазол-2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол ва (6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутиламини тезоби асетат, ки дар асоси таъомули муъовизаи нуклеофилии 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол бо бутиламин, асилонидани 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол тавассути ангидриди тезоби асетат анҷом мепазирад. Таъйиди сохтори молекулии гетеросиклҳои мазкур тавассути ИК-спектр ва таҳлили аносурӣ мавриди баррасӣ пешниҳод мегардад.

Калимаҳои калидӣ: 2-бром-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол – муъовизаи нуклеофилии – бутиламин – 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазол – ангид-

риди тезоби асетат – (6-п-бромфенилимидазо-[2,1-б]-1,3,4-тиадиазол-2-ил)-N-бутиламиди тезоби асетат – лапиши валентӣ.

Ҳ.ҚОҶИБАЕВ, Р.О.РАҚҲМОНОВ, М.Т.ЗОИДОВА, М.А. КУКАНИЕВ,

FRANCESCO DE ANGELIS

**SYNTHESIS AND ACYLATION OF
2-BUTYLAMINO-6-P-BROMOPHENYLIMIDAZO-[2,1-B]-1,3,4 THIADIAZOLE**

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

Universita degli Studi dell'Aquila, Italy

In article we reported about the synthesis of new derivatives of condensed thiadiazoles - 2-butyl- and (6-p-bromophenyl-[2,1-b]-1,3,4-thiadiazolo-2-yl)-N-butylamid acetic acid by nucleophilic substitution reaction of 2-bromo-6-n-bromophenylimidazo-[2,1-b]-1,3,4-thiadiazole with butylamine and acylation of 2-butylamino -6-p-bromophenylimidazo-[2,1-b]-1,3,4-thiadiazole with acetic anhydride and determination the structure of heterocycles by IR - spectroscopy and elemental analysis.

Key words: 2-bromo-6-p-phenylimidazo-[2,1-b]-1,3,4-thiadiazole – nucleophilic substitution – 2-butylamine – 2-butylamine-6-p-bromophenyl-[2,1-b]-1,3,4-thiadiazole – acetic anhydride – (6-p-bromophenyl-[2,1-b]-1,3,4-thiadiazolo-2-yl)-N-butylamid acetic acid – stretching vibration.

УДК 615.012, 615.456

Б.М.ХОЛНАЗАРОВ, Г.М.БОБИЕВ*, Н.Д.БУНЯТЯН, А.Н.ШАХМАТОВ

**РАЗРАБОТКА НОВОГО СОСТАВА ИНЪЕКЦИОННОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ
ФОРМЫ ТИМОГАРА**

Таджикский национальный университет,

**Таджикский государственный педагогический университет им. С.Айни*

Поступила в редакцию 26.07.2013 г.

Разработан новый состав инъекционной лекарственной формы тимогара, обеспечивающей безболезненность его введения и содержащий тимогар и новокаина гидрохлорид.

Ключевые слова: тимогар – состав – новокаина гидрохлорид.

В последние годы на фармацевтическом рынке появляется всё большее количество иммуномодулирующих препаратов. Это объясняется важностью нормальной деятельности иммунной системы для функционирования всего организма в целом. Наиболее эффективными и безопасными являются препараты, разработанные на основе тимусных пептидов.

Одним из таких препаратов является разработанный в Таджикистане иммуномодулирующий препарат тимогар, представляющий собой водный 0.01%-ный раствор дипептида изолейцил-триптофан [1], оказавшийся высокоэффективным иммуномодулирующим средством при лечении различных иммунозависимых заболеваний [2-4]. Однако у этого препарата недостатком является некоторая болезненность введения.

Целью данного исследования является разработка нового состава инъекционной лекарственной формы тимогара, обеспечивающей безболезненность его введения.

Материалы и методы исследования

рН-метрические исследования проводили на рН-иономере MS-20 (Чехия). Спектрофотометрические исследования проводили на спектрофотометре СФ-46.

Адрес для корреспонденции: Бобиев Гуломкодир Муккамолович. 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, пр.Рудаки, 121, Таджикский государственный педагогический университет. E-mail: bobievgm@rambler.ru

Количественное определение новокаина гидрохлорида в составе №7

5 мл состава помещают в мерную колбу ёмкостью 50 мл и доводят водой до метки и тщательно перемешивают (раствор А). 1 мл раствора А переносят в мерную колбу ёмкостью 50 мл, доводят водой до метки и тщательно перемешивают. Измеряют оптическую плотность полученного раствора при 290 нм. Одновременно измеряют оптическую плотность стандартного раствора новокаина гидрохлорида, приготовленного аналогичным образом, исходя из 0.25%-ного раствора.

Содержание новокаина в процентах рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{D_1}{D_0} \cdot 0.25$$

Содержание новокаина в препарате должно составлять 0.242-0.258%.

Количественное определение дипептида изолейцил-триптофан в составе №7

15 мл препарата подщелачивают до рН 11 0.1 н раствором натрия гидроксида и 4 раза (4x10 мл) экстрагируют этилацетатом. У четвёртой порции этилацетата измеряют оптическую плотность при 290 нм. Если значение оптической плотности на уровне фоновых значений, обработку этилацетатом прекращают. Этилацетатный слой отделяют. Водный слой переносят в мерную колбу ёмкостью 25 мл и доводят водой до метки. Измеряют оптическую плотность полученного раствора при 278 нм. Концентрацию дипептида в мкг/мл рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{D_1}{D_0} \cdot 100$$

Результаты и обсуждение

Болезненность введения тимогара в виде водного раствора может являться следствием недостаточной тоничности раствора препарата или отклонения его рН от рН плазмы крови.

В качестве регулятора осмолярности использовали 0.9% раствор натрия хлорида.

В качестве обезболивающей добавки выбрали новокаина гидрохлорид, основываясь на том, что витамины группы В и пептидный препарат глутоксим с целью уменьшения болевого эффекта при введении препарата рекомендуется вводить вместе с 1-2 мл 0.5%-ного раствора новокаина гидрохлорида. Однако вместо смешивания двух растворов, что увеличивает опасность их загрязнения, мы решили ввести новокаин в состав лекарственной формы.

Исходя из вышеизложенного, были разработаны следующие составы:

Состав 1

Тимогар – 10.0 мг

Вода для инъекций – до 100 мл

Состав 2

Тимогар натриевая соль – 10.0 мг

NaCl – 0.9 г

Новокаина гидрохлорид – 0.25 г

Вода для инъекций – до 100 мл

Состав 3

Тимогар натриевая соль – 10.0 мг

Новокаина гидрохлорид – 0.25 г

Вода для инъекций – до 100 мл

Состав 4

Тимогар – 10.0 мг

NaCl – 0.9 г

Новокаина гидрохлорид – 0.25 г

Вода для инъекций – до 100 мл

Состав 5

Тимогар натриевая соль – 10.0 мг

NaCl – 0.9 г

Вода для инъекций – до 100 мл

Состав 6

Тимогар – 10.0 мг

NaCl – 0.9 г

Вода для инъекций – до 100 мл

Состав 7

Тимогар – 10.0 мг

Новокаина гидрохлорид – 0.25 г

Вода для инъекций – до 100 мл

Для получения натриевой соли к тимогару добавляли рассчитанное количество NaOH.

Известно, что в норме осмолярность сыворотки крови в среднем равна 290 (285-295) мосм/л [5]. Наиболее изотоничным будет состав, чья осмолярность ближе всего к осмолярности плазмы крови.

Расчёт осмолярности каждого состава приведен в табл. 1.

Как видно из табл. 1, наименьшей осмолярностью обладает состав №1 – тимогар (водный раствор ацетата дипептида изолейцил-триптофан). Компоненты тимогара дипептид и уксусная кислота практически не влияют на осмолярность раствора. Натрия гидроксид, используемый для получения натриевой соли тимогара, также почти не оказывает влияния на осмолярность состава. Основной вклад вносит раствор натрия хлорида и новокаина гидрохлорид. С этой точки зрения наиболее изотоничными являются составы 5 и 6.

Таблица 1

Осмолярность составов инъекционной формы тимогара

№	Состав	Вклад в осмолярность	C, ммоль/л
1	CH ₃ COOH·H-Ile-Trp-OH	H-Ile-Trp-OH	0.31546
		CH ₃ COO ⁻ + H ⁺	0.631
Осмолярность состава, мосм/л: 0.94646			
2	CH ₃ COOH·H-Ile-Trp-ONa NaCl Новокаина гидрохлорид	H-Ile-Trp-OH	0.31546
		CH ₃ COO ⁻ + H ⁺	0.631
		Na ⁺ + OH ⁻	0.631
		Na ⁺ + Cl ⁻	308
Новокаин + H ⁺ + Cl ⁻			27.5
Осмолярность состава, мосм/л: 337.07746			
3	CH ₃ COOH·H-Ile-Trp-ONa Новокаина гидрохлорид	H-Ile-Trp-OH	0.31546
		CH ₃ COO ⁻ + H ⁺	0.631
		Na ⁺ + OH ⁻	0.631
		Новокаин + H ⁺ + Cl ⁻	27.5
Осмолярность состава, мосм/л: 29.07746			
4	CH ₃ COOH·H-Ile-Trp-OH NaCl Новокаина гидрохлорид	H-Ile-Trp-OH	0.31546
		CH ₃ COO ⁻ + H ⁺	0.631
		Na ⁺ + Cl ⁻	308
		Новокаин + H ⁺ + Cl ⁻	27.5
Осмолярность состава, мосм/л: 336.44646			
5	CH ₃ COOH·H-Ile-Trp-ONa NaCl	H-Ile-Trp-OH	0.31546
		CH ₃ COO ⁻ + H ⁺	0.631
		Na ⁺ + OH ⁻	308
		Na ⁺ + Cl ⁻	0.631
Осмолярность состава, мосм/л: 309.57746			
6	CH ₃ COOH·H-Ile-Trp-OH NaCl	H-Ile-Trp-OH	0.31546
		CH ₃ COO ⁻ + H ⁺	0.631
		Na ⁺ + Cl ⁻	308
Осмолярность состава, мосм/л: 308.94646			
7	CH ₃ COOH·H-Ile-Trp-OH Новокаина гидрохлорид	H-Ile-Trp-OH	0.31546
		CH ₃ COO ⁻ + H ⁺	0.631
		Новокаин + H ⁺ + Cl ⁻	27.5
		Осмолярность состава, мосм/л: 28.44646	

Из составов 3, 4 и 7, содержащих новокаин, наиболее близок по осмолярности к плазме крови состав №4.

Нормальный pH артериальной крови и жидкостей организма равен 7.40 (7.35-7.45) [5].

Изучение pH составов (табл. 2) показало, что добавление новокаина, находящегося в виде хлоргидрата, не оказывает заметного влияния на его величину – снижает на 0.1-0.2 единицы.

Как видно из табл. 2, только у состава №3 pH соответствует нормальному значению pH крови и жидкостей организма. Близким к нему является pH составов №2 и №3.

Таким образом, все новые составы тимогара могут быть перспективными с точки зрения нивелирования болезненности введения препарата.

Таблица 2

рН составов тимогара

Состав	рН
1. Тимогар	5.8
2. Тимогар натриевая соль - 10 мг NaCl - 0.9 г Новокаина гидрохлорид 0.25 г	6.4
3. Тимогар натриевая соль - 10 мг Новокаина гидрохлорид - 0.25 г	6.5
4. Тимогар - 10 мг NaCl - 0.9 г Новокаина гидрохлорид - 0.25 г	5,6
5. Тимогар натриевая соль - 10 мг NaCl - 0.9 г	7.4
6 Тимогар - 10 мг NaCl - 0.9 г	5.7
7. Тимогар - 10 мг Новокаина гидрохлорид - 0.25 г	5.5

После проведения технологических экспериментов самым перспективным был признан состав №7, на основе которого была разработана новая инъекционная лекарственная форма тимогара.

Таким образом, в оптимальный состав новой инъекционной лекарственной формы тимогара входят тимогар и новокаина гидрохлорид.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобиев Г.М. Способ получения иммуностимулирующего препарата тимогар и его состав. Патент Республики Таджикистан № TJ 283. Оpubл. Бюл. 4(20) 13.12.2000 г., приоритет 23.10.1998 г.
2. Бобиев Г.М., Шахматов А.Н., Хайдаров К.Х. Вклад биохимиков в развитие биологической науки. – Тр. третьей респ. научн. конф. биохимиков РТ. – Душанбе, 2003, с. 84-86.
3. Лангариева Д., Шахматов А.Н., Талбов Ф.Ш., Бобиев Г.М. Вакцинология-2008. Совершенствование иммунобиологических средств профилактики, диагностики и лечения инфекционных болезней. – Тезисы Всероссийской научн.-практ. конф. – М., 2008, с. 70.
4. Шокиров М.Н., Холназаров Б.М., Бобиев Г.М. и др. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. н., 2009, №1(134), с. 72-77.
5. Сухоруков В.П. Водно-электролитный обмен, нарушения и коррекция: Учебное пособие для врачей и курсантов ФУВ. – Киров: Кировская государственная медицинская академия, 2006, 143 с.

Б.М.ХОЛНАЗАРОВ, Ғ.М.БОБИЕВ*, Н.Д.БУНЯТЯН, А.Н.ШАХМАТОВ
ТАҲИЯИ ТАРКИБИ ШАКЛИ ДОРУГИИ ТАЗРИҚИИ НАВИ ТИМОГАР

*Донишгоҳи миллии Тоҷикистон,
Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи С.Айни

Таркиби нави шакли доругии тазриқии тимогар таҳия шудааст, ки воридкунии бедарди онро таъмин мекунад ва аз тимогару хидрохлориди новокаин иборат аст.

Калимаҳои калидӣ: тимогар – таркиб – хидрохлориди новокаин.

В.М.KHOLNAZAROV, G.M.BOBIEV*, A.N.SHAKHMATOV, N.D.BUNIATIAN
THE DEVELOPMENT OF COMPOSITION OF NEW INJECTION MEDICAMENTAL FORM OF THYMOGAR

*Tajik National University,
S.Ainy Tajik State pedagogic University

There was developed the new composition of injection medicamental form of thymogar that is guarantee the painlessness of it's introduction and containing the thymogar and novocaine hydrochloride.

Key words: thymogar – composition – novocaine hydrochloride.

УДК 621.3.035.21

М.М.ВОХИДОВ, А.МУРОДИЁН*, Б.С.АЗИЗОВ, П.МУРОДИЁН

**СВОЙСТВА ХОЛОДНОНАБИВНОЙ ПОДОВОЙ МАССЫ
АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРОВ**

*Центр исследования и использования возобновляемых источников энергии
при Физико-техническом институте им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан,
Представительство ТалКо Менеджмент ЛТД в Республике Таджикистан

Поступила в редакцию 07.08.2013 г.

Приведены результаты экспериментов по определению основных свойств холоднонабивной подовой массы (ХНПМ), применяемой при набойке межблочных швов алюминиевых электролизёров на основе антрацита месторождения Назарайлок. Сформулированы основные технологические закономерности и показано, что её использование позволяет не только получить ХНПМ с заданными качественными характеристиками, но и регулировать структуру уплотнённого и обожжённого материала, добиваясь расширения при обжиге и постоянства объёма при эксплуатации.

Ключевые слова: антрацит – холоднонабивная подовая масса – набойка – обжиг – прокатка – электролизёр – кальцинатор.

Длительность межкапитального ремонта алюминиевых электролизёров определяется рядом факторов, основными из которых являются конструкция катодного узла, качество монтажа, технологические условия обжига, пуска и эксплуатации электролизёров, эксплуатационная стойкость угольных футеровочных материалов.

Современные тенденции в технологии производства алюминия, характеризующиеся увеличением мощности ванн, привели к новой специфике потребления набивных подовых масс. В соответствии со спросом и ассортиментом подовых футеровочных блоков различными фирмами производятся массы теплопроводные, электропроводные, горячнонабивные, холоднонабивные, самоотверждающиеся и т.д., каждая из которых предназначена для конкретных типов блоков и способов их монтажа в подине [1].

Адрес для корреспонденции: Вохидов Миробид Мирвохидович. 734062, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Физико-технический институт. E-mail: supergold84@mail.ru

Необходимо отметить, что Государственное унитарное предприятие Таджикская алюминиевая компания (ГУП ТАЛКо) закупает подовые блоки с ОАО «Укрграфит» (г. Запорожье) с содержанием графита 30%.

Для того чтобы соответствовать эксплуатационным требованиям по стойкости к воздействию натрия при высокой механической прочности, массы должны содержать электрокальцинированные (ЭКА) или термообработанные антрациты (ТА), а также минимальное количество связующего в присутствии спекающих добавок [2].

Основные эксплуатационные свойства ХНПМ приобретают в процессе уплотнения (набойки межблочных швов) и последующего обжига, поэтому для них важными характеристиками являются гранулометрический состав наполнителя, максимальный размер зерна, количество связующего.

При обжиге объём наполнителя остается неизменным, а объём связующего уменьшается за счёт коксования. Возникает разница в усадке связующего и матрицы с безусадочным наполнителем. Это явление называется «нескомпенсированная усадка» [2]. Изменяя соотношение фракции наполнителя в шихте, можно не только снизить усадку, но и получить объёмно-постоянную или расширяющуюся массу.

Шихта наполнителя, как правило, представляет собой полидисперсный материал непрерывного грансостава. Широкая область дисперсности от 0 до 15 мм для ХНПМ обусловлена необходимостью получения высокой степени упаковки наполнителя. Содержание объёмных долей компонентов, например в ХНПМ ГУП ТАЛКо, составляет, %; крупная фракция – 15,0, средняя фракция – 34, мелкая фракция – 20; пылевая фракция – 31.

В качестве связующего были использованы среднетемпературный пек (марки «В») и растворитель – поглотительное масло (продукт отгона каменного угля), которое характеризуется выходом коксового остатка более 34% при динамической вязкости 350-550 МПа·с при 50°C. Каменноугольный пек марки «В» должен удовлетворять требованиям ГОСТ 10200-83, а поглотительное масло – соответствовать ТУ-14-7-132-91. Прокалённый в печах термоантрацит должен удовлетворять требованиям ТУ 48-4804-17-90.

Поглотительное масло представляет собой многокомпонентную смесь сложного состава, в нём содержится, %: нафталин – до 12, α , β – метилнафталин – соответственно 6 и 8, аценафтен – 14,5, флуорен – 6 [4].

Стойкость углеродистой футеровки определяется качеством углеродистых блоков и межблочных швов. Как показала практика промышленной эксплуатации, наиболее слабым звеном в углеродистой подине является межблочный шов: по причине его разрушения отключается до 30% электролизёров. До недавнего времени в СНГ антрацитовая подовая масса перед набивкой в швы разогревалась до 160-190°C. В процессе набивки подина электролизёра постепенно остывает; охлаждается и масса, теряя при этом свою пластичность. Качество набивки при этом снижается. Исключить влияние этих факторов можно при использовании массы, не требующей разогрева.

Применение холодонабивных масс нашло широкое и в ГУП ТАЛКо. До 2003 г. ГУП ТАЛКо производила ХНПМ на основе антрацита Донецкого бассейна Украины.

Предлагаемая работа посвящена изучению свойств подовой массы, полученной на основе антрацита месторождения Назарайлок Республики Таджикистан с целью достижения её пластичности при температуре набивки $25 \pm 10^\circ\text{C}$.

При проведении лабораторных и опытно-промышленных исследований авторы использовали для изготовления ХНПМ компаундированное каменноугольное связующее с различными геологическими характеристиками. Известно, что наилучшими пластифицирующими свойствами из масел каменноугольного происхождения обладает поглотительное масло, которое и использовалось авторами для получения компаунда со среднетемпературным пеком марки «В».

На рисунке приведена зависимость выхода летучих веществ от температуры обжига образцов ХНПМ. Кривая 1 соответствует Назарайлокскому антрациту, а кривая 2 – Донецкому антрациту. Как видно из кривых, максимальный выход летучих веществ наблюдается при температуре 900°C и практически заканчивается при температуре 1000°C , что свидетельствует о том, что обжиг подины алюминиевых электролизёров набитой ХНПМ должен заканчиваться при температуре 950°C .

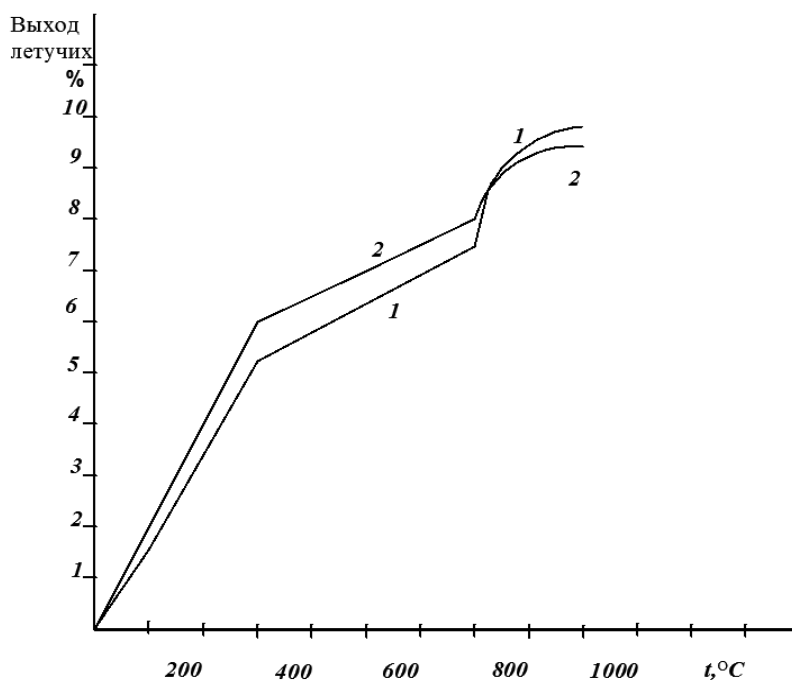


Рис. Зависимость выхода летучих веществ ХНПМ от температуры обжига.

1 – на основе антрацита месторождения Назарайлок,

2 – на основе антрацита месторождения Донецкого бассейна.

В табл. 1 приведены качественные показатели образцов холодонабивной подовой массы, полученной на основе антрацита Назарайлока. Номера рецептов соответствуют различному содержанию композиционного связующего в сухой шихте. Состав шихты вы-

держивался постоянным и соответствовал ТИ 48-0126-50-06-04. Следует упомянуть, что все образцы ХНПМ быстро рассыпаются при сжатии.

Таблица 1

Качественные показатели образцов ХНПМ

Показатели качества	Номер рецепта					
	1	2	3	4	5	6
Механическая прочность на сжатие, кг/см ²	200	250	368	321	260	220
Объёмная плотность, г/см ³	1.30	1.33	1.39	1.40	1.38	1.36
Истинная плотность, г/см ³	1.70	1.73	1.76	1.75	1.75	1.74
Уплотняемость, сек	1.0	2.0	3.0	6.0	10.0	15.0
Пористость (общая), %	26.0	24.0	20.5	21.5	24.0	25.0
Зольность, %	3.6	3.5	3.2	3.3	3.4	3,5
Усадка, %	- *	0.08	0.10	0.12	0.16	0.18
Коэффициент стойкости (Kc)	4.0	5.2	6.0	6.5	5.2	4.8

Как видно из табл.1, наилучшие показатели качества ХНПМ имеет рецептура 3 и 4. В целом содержание композиционного связующего изменялось от 8.0 до 18.0% (по массе).

Для сравнения в табл.2 приведены качественные показатели ХНПМ, производимой в зарубежных странах. Для Донецкого антрацита эксперименты проводились аналогично антрацита Назарайлокского месторождения. Приведённые цифры соответствуют оптимальному содержанию связующего (12.5-13.5%).

Основные качественные показатели ХНПМ должны быть соизмеримы с основными свойствами применяемых подовых блоков. ГУП ТАЛКо закупает подовые блоки с ОАО «Укрграфит» (г. Запорожье). Было бы уместно сравнить основные свойства ХНПМ, производимой на основе антрацита Назарайлок, с подовыми блоками «Укрграфит». В табл. 3 приведены качественные показатели подовых блоков ОАО «Укрграфит».

Известно, что используемое связующее при производстве подовых блоков содержит только пек. Поэтому значения пористости, удельное электросопротивление, коэффициент термического расширения (КТР) подовых блоков меньше, чем у ХНПМ. По прочности и по содержанию золы оба материала соизмеримы. При обжиге подины электролизёра важное значение имеет КТР. Из приведённых данных можно утвердить, что ХНПМ, изготовленная на основе антрацита месторождения Назарайлок, при набойке межблочных швов и после обжига создает монолитность и единую плоскость подины. ХНПМ после обжига также хорошо может проводить ток, что в сочетании с проводимостью подовых блоков может обеспечить эквипотенциальность, что крайне важно для обеспечения равномерного токораспределения по катоду.

Для ХНПМ имеет важное значение усадка, уплотняемость и коэффициент стойкости (Kc). Усадка ХНПМ, изготовленной на основе антрацитов Таджикистана и Украины, незначительная (см. табл. 2), равняются соответственно 0.12 и 0.11%, а уплотняемость в среднем составляет 4-6 сек, что соответствует ТУ-48-013-6-92 (требования ГУП ТАЛКо).

Таблица 2

Качественные показатели ХНПМ разных производителей

Марка массы, страна	Показатели качества												
	Кажущаяся плотность массы, г/см ³		Механическая прочность при сжатии, МПа	Пористость, %		Объемное расширение при обжиге, %	Удельное электрическое сопротивление, мкОм м ²	Потеря массы при обжиге, %	КТР, $\times 10^{-6}$, 1/°C	Кoeff. стойкости (Kc)	Уплотняемость, сек	Усадка, %	Содержание золы, %
	необожженной	обоженной		общая	открытая								
МУПХ, КрАз (Россия) ¹	1.54	1.41	22.5	22.5	18.0	1.5	74.0	3.5	3.4	-	-	-	8.0
	1.50	1.34	15.0	25.0	20.0	1.40	80.0	9.6	3.3				5.0
Carbone Savoie (Франция)	1.51	1.36	12.0	26.0	20	1.2	60.0	10.7	3.9	-	-	-	4.5
Elkeem Carbon (Норвегия)	1.60	1.42	17.0	-	20.0	0.15	70.0	10.0	4.0	-	-	-	5.0
F-12SGL Carbon Group	1.63	1.35	5.0	-	36.0	-	-	11.0	-	-	-	-	0.5
ТалКО (Таджикистан)	1.52	1.40	36.8	21.5	17.0	1,45	75.0	8.8	7.9*	5.5	6.0	0.12	3.3
ТалКО (антрацит Донецка)	1.60	1.44	31.6	24.0	19.0	1.40	72.0	8.6	6.5*	6.0	4.0	0.11	3.8
ЧССР (МПХ)	-	1.49	21.8	23.9	-	-	-	-	-	4.7	-	-	1.5
Япония (ТР-ГРО)	-	1.40	8.7	32.8	-	-	-	-	-	22.0	-	-	1.3
ФРГ	-	1.39	11.2	24.7	-	-	-	-	-	5.8	-	-	6.0

* - коэффициент термического расширения (КТР) измерялся в интервале температур 20 -500°С.

Коэффициент стойкости, определяемый в криолит-глинозёмном расплаве, также соизмерим с другими ХНПМ, производимыми в других странах, исключение составляет значение Кс ХНПМ японской марки TP-IR (табл. 2). Масса марки TP-IR имеет низкие значения мехпрочности, что, очевидно обусловлено превышением срока её хранения. Эксплуатационная стойкость, оценённая по Кс в криолит-глиноземном расплаве, очень высока для японской массы. Это достигнуто, вероятно, использованием в её составе в качестве наполнителя электрокальцинированного антрацита ($УЭС 600 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) и искусственного графита.

В связи с тем, что в производстве углеродной продукции применяются различные сырьевые материалы, необходимо правильно сочетать основные принципы выбора дебета сухой шихты со свойствами наполнителя.

Рецептура, например ХНПМ Красноярского алюминиевого завода (КрАЗ), рассчитана на применение в качестве наполнителя ТА или ЭКА аналогичного грансостава [2]. При этом могут быть получены ХНПМ с одинаковой уплотняемостью и расширяющейся структурой при обжиге, но с разным уровнем физико-механических свойств (табл. 2).

Как видно из табл. 2, мехпрочность ЭКА ниже по сравнению с ТА. Это обусловлено, по-видимому, неоднородностью наполнителя, состоящего из двух компонентов - графитированного и термоантрацита. Механическая прочность массы изготовленного из ТА месторождения Назарайлока гораздо выше по сравнению с ТА МУПХ, КрАЗа. По-видимому, это связано с использованием сухой шихты состоящей из четырёх фракций наполнителя. В КрАЗе используется сухая шихта состоящего из трёх фракций наполнителя. Использование четырёх фракций обеспечивает, по-видимому, структуру массы более плотно - упакованной. Это видно и по величине общей пористости. Детальное изучение влияния грансостава и величин зёрен на свойства ХНПМ будет предметом дальнейших исследований.

Таблица 3

Основные свойства подовых блоков, производимых в ОАО «Укрграфит»

Технические характеристики	Единица измерения	Показатели качества		
		30	50	70
Содержание графита	%	30	50	70
Объемная плотность	г/см ³	1.57 - 1.60	1.59 - 1.62	1.60 - 1.65
Истинная плотность	г/см ³	1.90 - 1.93	1.93 - 1.98	2.00 - 2.04
Пористость общая	%	16 - 19	17 - 20	18 - 21
Пористость открытая	%	14 - 16	15 - 16	15 - 16
Прочность на сжатие	МПа	30 - 45	35 - 45	35 - 45
Прочность на изгиб	МПа	9 - 11	11 - 14	13 - 15
Удельное электросопротивление	мкОм·м	26 - 35	22 - 28	18 - 25
Относительное удлинение	%	0.5 - 0.7	0.4 - 0.6	0.3 - 0.5
Содержание зольных примесей	%	2.0 - 3.0	1.8 - 2.5	1.0 - 1.5
Модуль упругости (Юнга)	ГПа	7 - 9	7 - 9	8 - 10
Коэффициент термического расширения, $\times 10^{-6} (20-520)^\circ\text{C}$	1/°C	2.5	3.0	3.5
Коэффициент теплопроводности при 293К	Вт/м·К	9 - 11	13 - 16	15 - 18

Таким образом, на примере ХНПМ, полученной на основе антрацита месторождения Назарайлоқ, сформулированы основные технологические закономерности и показано, что её использование позволяет не только получить ХНПМ с заданными качественными характеристиками, но и регулировать структуру уплотнённого и обожжённого материала, добываясь расширения при обжиге и постоянства объёма при эксплуатации, а также получить массу с достаточной пластичностью (уменьшенной уплотняемостью - не более 10 сек.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Вергазова Г.Д., Баранцев А.Г., Савинов В.И. – Цветные металлы, 2001, №3, с. 60-62.
2. Вергазова Г.Д. – Цветные металлы, 2001, №9-10, с. 62-65.
3. Третьякова Е.П. и др. – Химия твердого топлива, 1988, №6, с. 121-127.
4. Лейбович Р.Е., Обуховский Я.М. и др. Технология коксохимического производства. – М.: Металлургия, 1974. с. 389-417.
5. Муродиён А., Азизов Б.С., Вахидов М.М., Муродиён П. – Материалы 5-й междуна. научно-практ. конф. «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в стран СНГ», ч.1, 13-15 октября 2011, Душанбе, ТТУ им.акад. М.Осими, с. 272-275.

М.М.ВОХИДОВ, А.МУРОДИЁН*, Б.С.АЗИЗОВ, П.МУРОДИЁН

ХОСИЯТҲОИ ХАМИРАИ ПРЕССАВАНДАИ САРДИ ЭЛЕКТРОЛИЗЁРҲОИ АЛЮМИНИЙ

*Маркази таҳқиқ ва татбиқи манбаъҳои барқароркунандаи энергияи назди Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Намояндагии ТалКо Менечмент ЛТД дар Ҷумҳурии Тоҷикистон

Натиҷаи тадқиқотҳо оиди муайян намудани хосиятҳои хамираи прессшавандаи сард, ки барои мустаҳкам кардани тарқишҳои байни блокҳои катодии электролизёрҳои алюминийи истифода мешаванд, бо истифодаи антрацити кони Назарайлоқ гирд оварда шудааст. Технологияи истеҳсоли хамира, истифодаи он, ки сифатҳои муайяно дорост, метавон танзими структура, мустаҳкамкунӣ, васеъшавӣ ва доимияти ҳаҷмои ҳангоми тафсонидан таъмин намояд.

Калимаҳои калидӣ: антрацит – хамираи прессшавандаи сард – пухтан – мустаҳкамкунӣ – тафсонидан – электролизёр – калтсинатор.

M.M.VOHIDOV, A.MURODIYON*, B.S.AZIZOV, P.MURODIYON

THE MAIN PROPERTIES OF COLD-RAMMED BOTTOM MASS ALUMINUM CEIIS

*Center of Research and Usage of Renewable Sources of Energy under the S.U. Umarovs
Physical-Technical Institute, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
The Representative of Talco Management Ltd in the Republic of Tajikistan

Experimental results determination properties of cold-rammed bottom mass have gotten one base of Nazarayloks anthracite are shown. Main regularities of structure formation of packed cold-rammed bottom mixture are studied. Possibility of adjusting mixture properties and volume-linear changes during roasting via nature and degree of stuff heat treatment, component composition of mixture, granulometric composition of charge material. Usage of basic technological regularities allows to obtain cold-rammed bottom mixture with preset qualitative parameters.

Key words: anthracite – cold-rammed bottom mass – pressing – burnt – heating – electrolyzers – calcinator.

УДК 622.7/669.2.8.21.4

Ш.Р.САМИХОВ, З.А.ЗИНЧЕНКО, Н.ШЕРМАТОВ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХЛОРИДОВОЗГОННОГО
ОБЖИГА КОНЦЕНТРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧОРЕ**

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

Поступила в редакцию 20.09.2013 г.

На основании опытных данных предложена математическая модель определения степени извлечения данного компонента при хлоридовозгонке золотомышьяксодержащих концентратов месторождения Чоре.

Ключевые слова: руды – золото – извлечение – температура – матрица – регрессия – эмпирическая формула – константы.

Одним из методов переработки упорных золотосодержащих концентратов является метод возгонки золота в виде его хлоридов, получивший название метода хлоридовозгонки. В качестве хлорирующих агентов при хлоридовозгонке могут применяться либо твёрдые хлориды натрия и кальция, либо газообразный хлор.

На основе разработанной теории хлорирования золота и испытаний процесса на различных типах упорных золотосодержащих концентратов обоснованы и рекомендованы технологические условия хлоридовозгонки: исключение из состава шихты сернистых соединений; введение в состав шихты минимально необходимого количества хлоридов натрия, кальция; предварительное окисление соединений железа до высшего его оксида; создание условий подвода кислорода к частицам хлорирующего агента и отвода образующихся хлоридов золота; поддержание оптимальной температуры 1100-1150°C при продолжительности 2-3 ч; поддержание оптимального расхода воздуха: 5-10-кратный избыток против теоретически необходимого на реакцию разложения твёрдых хлорирующих агентов. При этих условиях степень возгонки хлоридов золота составляет 98-99.5% [1-3].

Адрес для корреспонденции: Зинченко Зинаида Алексеевна, Самихов Шонавруз Рахимович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, Ул. Айни, 229/2, Институт химии АН РТ. E-mail: mariya14@list.ru, samikhov72@mail.ru

Таблица 1

Извлечение компонентов при хлоридовозгонке Чоринского концентрата с применением хлористого кальция

н/р	Хлорирующий агент	Загрузка шихты	Содержание, компонентов			Получение хвостов	Извлечение компонентов, %			°С	Длительность, мин
			Au	Ag	As		Au	Ag	As		
	CaCl ₂	г	г/т	г/т	%	гр.	Au	Ag	As		
1	4	29	58.20	73.29	8.86	23.2	61.77	50.65	92.43	600	60
2	4	29	58.20	73.29	8.86	22.0	74.20	64.69	99.22	700	60
3	4	29	58.20	73.29	8.86	21.5	84.07	79.90	99.30	800	60
4	4	29	58.20	73.29	8.86	21.8	91.48	92.14	99.12	900	60
5	4	29	58.20	73.29	8.86	20.2	96.48	95.06	99.12	1000	60
6	4	29	58.20	73.29	8.86	26.0	71.62	72.93	72.06	1000	30
7	4	29	58.20	73.29	8.86	23.0	89.39	94.21	99.55	1000	60
8	4	29	58.20	73.29	8.86	21.1	93.13	93.88	99.20	1000	90
9	4	29	58.20	73.29	8.86	22.3	95.62	93.36	99.82	1000	120
10	4	29	58.20	73.29	8.86	21.4	95.38	94.91	99.27	1000	150
11	1	26	64.98	82.20	9.92	23.4	50.44	67.34	97.21	1000	60
12	2	27	62.47	79.79	9.28	22.8	68.29	86.86	98.04	1000	60
13	3	28	60.31	76.40	9.51	21.3	77.80	92.19	99.34	1000	60
14	4	29	58.20	73.29	8.86	21.6	94.61	95.24	99.72	1000	60
15	5	30	55.83	71.20	8.57	21.3	96.42	95.27	99.34	1000	60

В данной работе сделана попытка на основании опытных данных представить математическую модель процесса хлоридовозгонки золотосодержащего флотационного концентрата месторождения Чоре.

Устанавливаем зависимость извлечения золота (Au), серебра (Ag) и мышьяка (As) от температуры ($^{\circ}\text{C}$), длительности процесса (Т) и расхода хлорирующего агента CaCl_2 (m). При этом температура изменяется от 600 до 1000°C , продолжительность процесса от 30 до 150 мин и расход хлорирующего агента от 1 до 5 г.

Выберем линейный вид зависимости

$$y = a + b x \quad (1)$$

Через y_1 , y_2 и y_3 обозначим, соответственно, извлечение Au, Ag и As. В роли x выступают $^{\circ}\text{C}$, Т и m (CaCl_2).

Для подбора параметров a и b воспользуемся методами избранных точек, средних и наименьших квадратов, что позволит сравнить их средние процентные отклонения и сделать соответствующие выводы.

На основании данных табл. 1 производим:

а). Подбор параметров по методу избранных точек.

Выбираем две точки по концам построенной линии и их координаты и подставляем в уравнение (1)

$$\begin{cases} a + 600b = 61.77 \\ a + 1000b = 96.48 \end{cases}$$

Далее, решая систему, находим $a = 9.69$ и $b \approx 0.0868$.

Таким образом, имеем следующую эмпирическую формулу зависимости извлечения золота от температуры

$$y_1 = 9.69 + 0.0868 \text{ } ^{\circ}\text{C}. \quad (2)$$

В табл. 2 приведены вычисленные значения y_1 , а также процентные отклонения по отдельным точкам $^{\circ}\text{C}$.

Таблица 2

$y_1 (\mathcal{E}_{\text{Au}})$	$x (^{\circ}\text{C})$	(y_1) выч.	Процентное отклонение
61.77	600	61.77	0.0
74.20	700	70.45	- 5.05
84.07	800	79.13	- 5.88
91.48	900	87.81	- 4.01
96.48	1000	96.59	+ 0.11

Находим среднее процентное отклонение (СПО):

$$\text{СПО} = \frac{1}{5} [|-5.05| + |-5.88| + |-4.01| + 0.11] = \frac{1}{5} \cdot 15.05 \approx 3.$$

Используя эти же опытные данные для подбора параметров a и b применяем метод средних.

б). При методе средних выполняем следующие условия: данные должны быть расположены в уменьшающемся порядке, по крайней мере для одной из переменных. При подстановке координат точек в уравнение (1), делим полученные уравнения на две группы, суммируем их и, совместно решая два уравнения, находим a и b .

Группа I	Группа II
$a + 600b = 61.77$	$a + 800b = 84.07$
$+ a + 700b = 74.20$	$+ a + 900b = 91.48$
$2a + 1300b = 135.97$	$a + 1000b = 96.48$
	$3a + 2700b = 270.03$

Итак,

$$\begin{cases} 2a + 1300b = 135.97 \quad | \cdot 3 \\ 3a + 2700b = 272.03 \quad | \cdot 2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 6a + 3900b = 407.91 \\ 6a + 5400b = 544.06 \\ \hline -1500b = -136.15 \\ b \approx 0.0908 \end{cases}$$

Значение b подставляем в первое уравнение системы, решив которое, находим

$$a = 8.965$$

Таким образом, имеем следующую эмпирическую формулу:

$$y_1 = 8.965 + 0.0908 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

В табл. 3 приведены вычисленные значения y_1 по формуле (3) и процентные отклонения по каждой отдельной точке C .

Таблица 3

$y_1 (E_{Au})$	$x(^{\circ}\text{C})$	(y_1) выч.	Процентное отклонение
61.77	600	63.44	+ 2.70
74.20	700	72.52	- 2.26
84.07	800	81.60	- 2.94
91.48	900	90.68	- 0.87
96.48	1000	99.76	+ 3.40

Находим среднее процентное отклонение

$$\text{СПО} = \frac{1}{5} [2.7 + |-2.26| + |-2.94| + |-0.87| + 3.4] = \frac{1}{5} \cdot 12.17 \approx 2.4.$$

в). По тем же данным находим неизвестные параметры a и b в уравнении (1) по методу наименьших квадратов. Для этого составим вспомогательную табл. 4.

Таблица 4

	y_1 (E _{Au})	x (°C)	x^2	$x \cdot y_1$	(y_1) выч.	Процентное отклонение
	61.77	600	360000	37062	64.26	+ 4.03
	74.20	700	490000	51940	72.93	- 1.71
	84.07	800	640000	67256	81.60	- 2.94
	91.48	900	810000	82332	90.27	- 1.32
	96.48	1000	1000000	96480	98.94	+ 2.55
Σ :	408	4000	3300000	335070		

Известно, что [4] коэффициенты a и b по методу наименьших квадратов находят-ся по следующим равенствам:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}, \quad (4)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}. \quad (5)$$

Используя материал табл. 4, находим:

$$a = \frac{3300000 \cdot 408 - 4000 \cdot 335070}{5 \cdot 3300000 - 4000^2} = 12.24,$$

$$b = \frac{5 \cdot 335070 - 4000 \cdot 408}{5 \cdot 3300000 - 4000^2} = 0.0867.$$

Имеем следующую эмпирическую формулу зависимости Au от °C:

$$y_1 = 12.24 + 0.0867 \text{ °C}. \quad (6)$$

По процентным отклонениям, приведенным в табл. 4, находим среднее процентное отклонение.

$$\text{СПО} = \frac{1}{5} [4.03 + |-1.71| + |-2.94| + |-1.32| + 2.55] = \frac{1}{5} \cdot 12.55 \approx 2.5.$$

Кстати, процентное отклонение найдено из следующего равенства

$$(y_{\text{выч.}} - y_{\text{опытн.}}) \cdot \frac{100\%}{y_{\text{опытн.}}}$$

Сравнивая средние процентные отклонения по трём методам, приходим к выводу о том, что универсальными методами для подбора параметров в эмпирических формулах являются методы наименьших квадратов и средних.

Но следует отметить, что при необходимости быстрого вывода эмпирической формулы хорошим методом является метод избранных точек.

Нами по полученным опытными данным для каждой из приведенных ниже групп выведены 27 эмпирических формул по трём методам (табл. 5).

x(°C)	y ₁ (E _{Au})		x(T)	y ₁ (E _{Au})		x(mCaCl ₂)	y ₁ (E _{Au})
600	61.77		30	71.62		1	50.44
700	74.20		60	81.39		2	68.29
800	84.07		90	93.13		3	77.80
900	91.48		120	95.62		4	94.61
1000	96.48		150	95.38		5	96.42

x(°C)	y ₁ (E _{Ag})		x(T)	y ₁ (E _{Ag})		x(mCaCl ₂)	y ₁ (E _{Ag})
600	50.65		30	72.93		1	67.34
700	64.69		60	94.21		2	86.86
800	79.90		90	93.88		3	92.19
900	92.14		120	93.36		4	95.24
1000	95.06		150	94.91		5	95.27

x(°C)	y ₁ (E _{As})		x(T)	y ₁ (E _{As})		x(mCaCl ₂)	y ₁ (E _{As})
600	92.43		30	72.06		1	97.21
700	99.22		60	99.55		2	98.04
800	99.30		90	99.20		3	99.34
900	99.12		120	99.82		4	99.72
1000	99.12		150	99.27		5	99.34

Таблица 5

Метод избранных точек		СПО	Метод средних		СПО	Метод наименьших квадратов		СПО
№ п/п	Эмпирические формулы		Эмпирические формулы			Эмпирические формулы		
1	y ₁ = 9.69 + 0.0868 °C	3.0	y ₁ = 8.965 + 0.0908 °C		2.4	y ₁ = 12.24 + 0.0867 °C		2.5
2	y ₁ = 65.68 + 0.198 T	6.0	y ₁ = 71.982 + 0.1894 T		5.2	y ₁ = 72.903 + 0.1792 T		5.2
3	y ₁ = 38.945 + 11.495 CaCl ₂	5.0	y ₁ = 41.218 + 12.098 CaCl ₂		4.2	y ₁ = 42.028 + 11.828 CaCl ₂		4.3
4	y ₂ = - 15.95 + 0.111 °C	4.4	y ₂ = - 23.84 + 0.1254 °C		3.4	y ₂ = - 16.528 + 0.1163 °C		3.8

Метод избранных точек		СПО	Метод средних	СПО	Метод наименьших квадратов	СПО
№ п/п	Эмпирические формулы		Эмпирические формулы		Эмпирические формулы	
5	$y_2 = 67.434 + 0.1832 T$	6.3	$y_2 = 77.2835 + 0.1397 T$	8.6	$y_2 = 76.925 + 0.1437 T$	5.9
6	$y_2 = 60.3575 + 6.9825 CaCl_2$	6.7	$y_2 = 66.82 + 6.8533 CaCl_2$	5.8	$y_2 = 68.108 + 6.424 CaCl_2$	5.9
7	$y_3 = 82.41 + 0.0167 ^\circ C$	2.1	$y_3 = 87.115 + 0.0134 ^\circ C$	1.7	$y_3 = 87.214 + 0.0133 ^\circ C$	1.7
8	$y_3 = 65.256 + 0.2268 T$	8.4	$y_3 = 77.6285 + 0.1817 T$	7.5	$y_3 = 77.573 + 0.1823 T$	7.5
9	$y_3 = 96.6775 + 0.5325 CaCl_2$	0.5	$y_3 = 96.52 + 0.7367 CaCl_2$	0.4	$y_3 = 96.948 + 0.594 CaCl_2$	0.4

ЛИТЕРАТУРА

1. Самихов Ш.Р., Зинченко З.А. Изучение процесса хлоридовозгонки золота-, медь- и мышьяксодержащих флотационных концентратов. – Горный журнал, М.: 2011, №11, с. 59-61.
2. Зырянов М.Н. Губейдулина А.В., Валянин Ю.В. Основные направления и меры по ускорению научно-технического прогресса в золото- и алмазодобывающей промышленности на период до 2000г. – М.: 1985. с. 45-46.
3. Зырянов М.Н. Бавдик Н.В. О кинетике высокотемпературного хлорирования золота газообразным хлором и хлоридами солей. – Цветные металлы, 1988, № 2, с. 31-34.
4. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. – М.: Наука, 1966, 664 с.

Ш.Р.САМИХОВ, З.А.ЗИНЧЕНКО, Н.ШЕРМАТОВ

АМСИЛАСОЗИИ МАТЕМАТИКИИ ХЛОРБУҒРОНКУНИИ ПЎХТАНИ КОНСЕНТРАТИ КОНИ ЧОРЕ

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

Дар асоси маълумотҳои таҷрибавӣ модели математикӣ барои муайян кардани дараҷаи ҷудошавии компонентҳои маълум шуда, ҳангоми хлорбуғронкунии концентрати тиллоарсендори кони Чоре пешниҳод карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: маъдан – тилло – ҷудошавӣ – ҳарорат – матрица – регрессия – формулаи эмперикӣ – константа.

SH.R.SAMIKHOV, Z.A.ZINCHENKO, N.SHERMATOV

**MATHEMATICAL MODELING OF THE CHLORIDE SUBLIMATION BURN
OF CHORE'S DEPOSIT CONCENTRATE**

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

On base experienced data, is offered mathematical model of the determination degree extractions given component at chloride sublimation concoction deposit Chore.

Key words: ore – gold – recovery – temperature – matrix – regression – empirical formula – constants.

УДК 546.662:86 : 669.017.1

Х.А.РАХИМОВ, В.Д.АБУЛХАЕВ, И.Н.ГАНИЕВ, С.О.УБАЙДОВ

МАГНЕТОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ
Gd₅Bi₃-Tm₅Bi₃

*Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 15.08.2013*

В статье приведены результаты исследования магнитных свойств твёрдых растворов, образующихся в системе Gd₅Bi₃ - Tm₅Bi₃. Кристаллохимические исследования показали, что твёрдые растворы системы Gd₅Bi₃ - Tm₅Bi₃ кристаллизуются в ромбической структуре типа Y₅Bi₃. Определены парамагнитные температуры Кюри и магнитные моменты ионов Gd³⁺ и Tm³⁺.

Ключевые слова: сплавы – диаграмма состояния – твёрдые растворы – температура Кюри – магнитная восприимчивость – магнитные моменты.

Ранее диаграммы состояния систем Gd-Bi и Tm-Bi нами были исследованы в полном диапазоне концентраций [1,2]. В указанных системах установлено образование соединений: Gd₅Bi₃, Gd₄Bi₃, GdBi₂, Tm₅Bi₃, TmBi. Соединения Gd₅Bi₃, Gd₄Bi₃, GdBi₂ и Tm₅Bi₃ при 1753, 1853, 1183, 1688 К, соответственно, образуются по перитектическим реакциям, а GdBi и TmBi при 2043 и 2048 К плавятся конгруэнтно.

Среди указанных соединений систем Gd-Bi и Tm-Bi Gd₅Bi₃ и Tm₅Bi₃ являются парамагнетиками [3]. В связи с этим определенным интерес представляет исследование магнитных свойств сплавов, содержащих разные ионы РЗЭ. К таким сплавам могут быть отнесены сплавы, образующиеся в системе Gd₅Bi₃-Tm₅Bi₃.

Целью данной работы явилось получение и исследование магнитных свойств сплавов системы Gd₅Bi₃-Tm₅Bi₃.

Сплавы системы были приготовлены через каждые 10 мол.% Tm₅Bi₃. В качестве исходных компонентов использовали предварительно синтезированные Gd₅Bi₃ и Tm₅Bi₃.

Сплавы системы Gd₅Bi₃-Tm₅Bi₃ синтезировали следующим образом. Порошки предварительно синтезированных Gd₅Bi₃ и Tm₅Bi₃, отвечающие конкретному химическо-

Адрес для корреспонденции: Абулхаев Владимир Джалолович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: abulkhaev-48@mail.ru

му состава сплава, тщательно смешивали, спрессовывали, помещали в герметичный молибденовый тигель и нагревали (со скоростью 20 К/мин) в среде гелия марки ВЧ. Оптимальная температура синтеза составляла 1623±50 К. При этой температуре образцы выдерживали 2-3 ч.

Полученные таким образом сплавы подвергали рентгенофазовому и металлографическому методам анализа. Рентгенофазовый анализ сплавов проводили на дифрактометре «ДРОН-2» с использованием отфильтрованного (фильтр-Ni) $\text{CuK}\alpha$ излучения. Металлографический анализ сплавов осуществляли на микроскопе «НЕОФОТ-21».

Микротвёрдость сплавов и соединений измеряли на микротвёрдомере ПМТ-3.

Молярную магнитную восприимчивость (χ_m) сплавов измеряли в диапазоне температур 298-800 К по методике, приведённой в [4].

Рентгенографическим исследованием установлено, что сплавы, образующиеся в системе $\text{Gd}_5\text{Bi}_3 - \text{Tm}_5\text{Bi}_3$, представляют собой твёрдые растворы замещения $\text{Gd}_{5-x}\text{Tm}_x\text{Bi}_3$ ($x= 0.5-4.5$), кристаллизующиеся, как и исходные компоненты- Gd_5Bi_3 и Tm_5Bi_3 , в ромбической сингонии типа Y_5Bi_3 , с пространственной группой Pnma (табл.1). Из таблицы следует, что параметр элементарной ячейки твёрдых растворов $\text{Gd}_{5-x}\text{Tm}_x\text{Bi}_3$ ($x= 0.5-4.5$) во всём диапазоне концентраций изменяется почти аддитивно. При этом наибольшую микротвёрдость проявляет твёрдый раствор $\text{Gd}_{5-x}\text{Tm}_x\text{Bi}_3$, содержащий 10 мол.% Tm_5Bi_3 .

Таблица 1

Кристаллохимические характеристики висмутидов и твёрдых растворов

$\text{Gd}_{5-x}\text{Tm}_x\text{Bi}_3$ ($x= 0.5-4.5$).

Висмутиды и твёрдые растворы	Параметры элементарной ячейки, ±0.0005 нм			Микротвёрдость, МПа	Плотность, кг/м ³	
	а	в	с		расчет.	экспер.
Gd_5Bi_3	0.8245	0.9630	1.2086	2250	9782	9653
$\text{Gd}_{4.5}\text{Tm}_{0.5}\text{Bi}_3$	0.8204	0.9578	1.1880	2300	10096	10092
Gd_4TmBi_3	0.8204	0.9576	1.1842	2280	10173	10168
$\text{Gd}_{3.5}\text{Tm}_{1.5}\text{Bi}_3$	0.8182	0.9516	1.1778	2220	10363	10357
$\text{Gd}_3\text{Tm}_2\text{Bi}_3$	0.8186	0.9474	1.1986	2208	10265	10262
$\text{Gd}_{2.5}\text{Tm}_{2.5}\text{Bi}_3$	0.8158	0.9438	1.2066	2200	10313	10310
$\text{Gd}_2\text{Tm}_3\text{Bi}_3$	0.8136	0.9418	1.1972	2135	11212	11208
$\text{Gd}_{1.5}\text{Tm}_{3.5}\text{Bi}_3$	0.8114	0.9376	1.1804	2140	10774	10772
GdTm_4Bi_3	0.8102	0.9348	1.1686	2060	10958	10954
$\text{Gd}_{0.5}\text{Tm}_{4.5}\text{Bi}_3$	0.8088	0.9304	1.1644	2020	11112	11110
Tm_5Bi_3	0.8066	0.9278	1.1712	1975	11152	11148

Исследование магнитных свойств показало, что в диапазоне 298-773 К температурная зависимость обратной величины молярной магнитной восприимчивости (χ_m) твёрдых растворов $\text{Gd}_{5-x}\text{Tm}_x\text{Bi}_3$ ($x= 0.5-4.5$) следует закону Кюри-Вейсса, характерному парамагнитным веществам (рис. а, б).

Значения χ_m и парамагнитной температуры Кюри (θ_p) твёрдых растворов, определённой экстраполяцией линейной части зависимости $1/\chi_m - T$ к оси температур, приведены в табл.2. Как видно из таблицы, во всем диапазоне концентраций значения молярной

магнитной восприимчивости и парамагнитной температуры Кюри твёрдых растворов $Gd_{5-x}Tm_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$) выше, чем χ_m и θ_p Tm_5Bi_3 , а также выше θ_p тулия (20 К) [5]. Исходя из этого, можно предположить, что магнетизм твёрдых растворов $Gd_{5-x}Tm_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$), как и самих редкоземельных элементов, устанавливается под действием косвенного обменного взаимодействия через электроны проводимости, так называемым взаимодействием Рудермана-Киттеля-Касуи-Иосиды (РККИ) [6]. Для твёрдых растворов $Gd_{5-x}Tm_xBi_3$, с нашей точки зрения, обменное взаимодействие определяется взаимодействием по линии: Gd – Gd, поскольку, как видно из табл. 2, с увеличением концентрации гадолиния в твёрдых растворах растёт их молярная магнитная восприимчивость и парамагнитная температура Кюри.

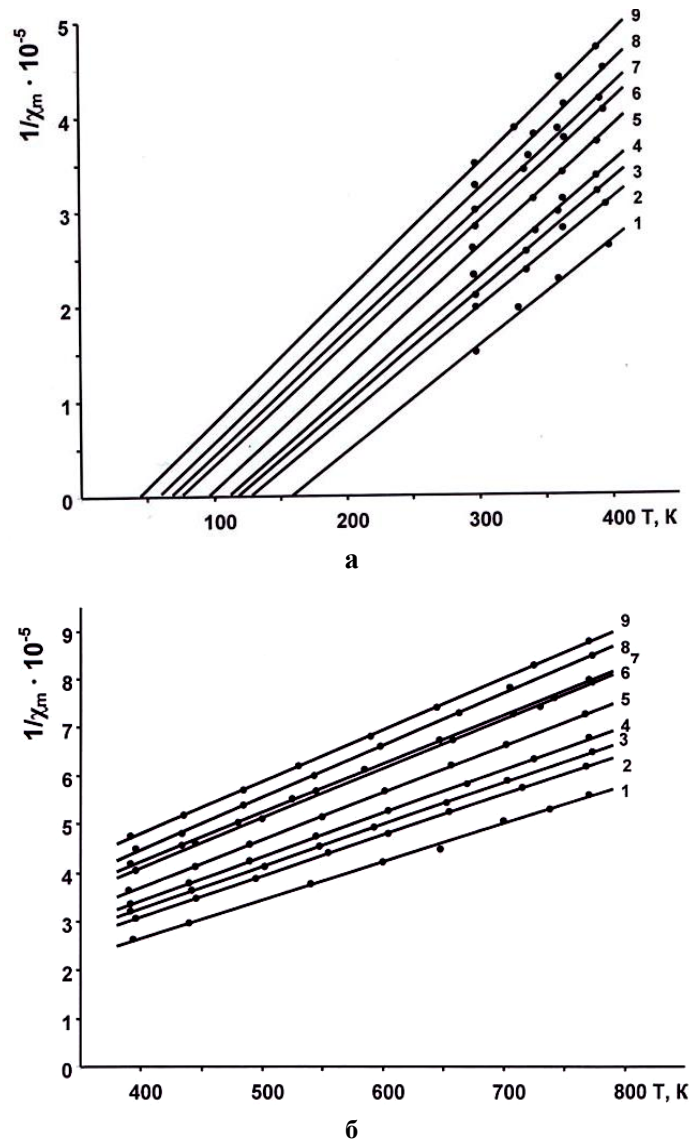


Рис. Температурная зависимость обратной молярной магнитной восприимчивости твёрдых растворов $Gd_{5-x}Tm_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$), содержащих: 1 – 10, 2 – 20, 3 – 30, 4 – 40, 5 – 50, 6 – 60, 7 – 70, 8 – 80, 9 – 90 мол.% Tm_5Bi_3 в диапазоне температур 298...400 К (а) и 400...773 К (б).

Таблица 2

Магнитные свойства соединений и твёрдых растворов $Gd_{5-x}Tm_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$) при 298 К

Индивидуальные соединения и твёрдые растворы	Молярная магнитная восприимчивость $\chi_m \times 10^6$ при 298 К	Парамагнитная температура Кюри θ_p , К	Эффективный магнитный момент ионов РЗЭ $\mu_{эфф.} \times 10^{-24}$, $A \cdot m^2$
Gd_5Bi_3	280526.0	270	73.54
$Gd_{4.5}Tm_{0.5}Bi_3$	53571.4	158	69.55
Gd_4TmBi_3	44470.5	128	72.15
$Gd_{3.5}Tm_{1.5}Bi_3$	41388.8	118	71.6
$Gd_3Tm_2Bi_3$	39462.3	112	71.03
$Gd_{2.5}Tm_{2.5}Bi_3$	36089.2	96	70.85
$Gd_2Tm_3Bi_3$	32117.2	76	70.0
$Gd_{1.5}Tm_{3.5}Bi_3$	30521.7	68	69.55
$GdTm_4Bi_3$	29075.6	60	68.9
$Gd_{0.5}Tm_{4.5}Bi_3$	27007.6	44	68.7
Tm_5Bi_3	26318.2	12	68.7

Следует отметить, что рассчитанные по данным эксперимента эффективные магнитные моменты ионов гадолиния и тулия твёрдых растворов $Gd_{5-x}Tm_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$) (табл. 2) оказались близки к таковым трёхзарядным ионам гадолиния и тулия [5].

Таким образом, результаты данной работы указывают на возможность получения на основе Gd_5Bi_3 и Tm_5Bi_3 твёрдых растворов $Gd_{5-x}Tm_xBi_3$ ($x=0.5-4.5$) с повышенными магнитными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абулхаев В.Д. Диаграмма состояния Gd – Bi // Изв. РАН. Металлы. 1993. №1. с. 187-190.
2. Абулхаев В.Д. Диаграмма состояния и свойства сплавов системы Tm-Bi// Неорганические материалы. 2003. т.39. №1. с. 54-57.
3. Абулхаев В.Д., Рахимов Х.А., Убайдов С.О. Некоторые физические свойства висмутидов редкоземельных элементов состава Ln_5Bi_3 ($Ln = Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu$)// Материалы республиканской научно-теоретической конф.: «Основы педагогико-технологической и технической подготовки преподавателей технологии», посвящ. 35-летию образования кафедры «Техническая механика и черчение» и 20-летию образования национальной армии. - Душанбе.: Ирфон. 2013. с. 38-40.
4. Чечерников В.И. Установка с использованием магнитных весов. Магнитные измерения. – М.: Изд. МГУ. 1963. с. 92-94.
5. Савицкий Е.М., Терехова В.Ф. Металловедение редкоземельных металлов. М.: Наука. 1975, 270 с.
6. Белов К.П. Редкоземельные магнетики и их применение. – М.: Наука, 1980, 239 с.

Х.А.РАҲИМОВ, В.Д.АБУЛҲАЕВ, И.Н.ҒАНИЕВ, С.О.УБАЙДОВ

ХОСИЯТҲОИ МАГНИТИИ ХҶЛАҲОИ СИСТЕМАИ Gd_5Bi_3 - Tm_5Bi_3

Институти химияи ба номи И.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола натиҷаи таҳқиқоти хосиятҳои магнитии маҳлулҳои сахте, ки дар системаи Gd_5Bi_3 - Tm_5Bi_3 ҳосил мешаванд, оварда шудааст.

Таҳлили кристаллохимиявӣ нишон дод, ки маҳлулҳои сахти системаи Gd_5Bi_3 - Tm_5Bi_3 дар панҷараи ромбии намуди Y_5Bi_3 кристаллизатсия мешаванд. Ҳарорати Кюри ва лаҳзаҳои магнитии ионҳои Gd^{3+} ва Tb^{3+} муайян карда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: хўлаҳо – диаграммаи ҳолат – маҳлулҳои сахт – ҳарорати Кюри – таъсирпазирии магнитӣ – лаҳзаи магнитӣ.

KH.A.RAKHIMOV, V.D.ABULKHAEV, I.N.GANIEV, S.O.UBAYDOV

MAGNETIC PROPERTIES OF ALLOYS OF Gd_5Bi_3 - Tm_5Bi_3 SYSTEM

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

The abstract comprises the results of investigation of magnetic properties of solid solutions which have been formed in the Gd_5Bi_3 - Tm_5Bi_3 system. Crystallochemical investigations have shown, that solid solutions of the Gd_5Bi_3 - Tm_5Bi_3 system crystallizes in rhombic Y_5Bi_3 structural type. Values of Curie temperatures and magnetic moment of Gd^{3+} , Tm^{3+} ions was defined.

Key words: alloys – state diagram – solid solutions – Curie temperatures – magnetic susceptibility – magnetic moment.

УДК 669.715:620.193

Н.Ш.ВАЗИРОВ, И.Н.ГАНИЕВ*, М.Т.НОРОВА*, М.С.МАХСУДОВА*

**КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА АМг6,
ЛЕГИРОВАННОГО ЦЕРИЕМ**

*Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими,
*Институт химии им. В.И.Никитина АН Республики Таджикистан,
Поступила в редакцию 14.09.2013 г.*

Потенциодинамическим методом исследовано коррозионно-электрохимическое поведение сплавов системы Al-Mg-Ce в среде электролита NaCl и показано, что легирование церием уменьшает скорость коррозии сплавов в 2-3 раза в зависимости от концентрации электролита.

Ключевые слова: потенциал свободной коррозии – сплав АМг6 – церий – скорость коррозии – концентрация электролита – NaCl – анодные поляризационные кривые.

При выборе материала для той или иной детали конструкции учитывают экономическую целесообразность его применения. Стоимость технического материала связана с затратами на его производства и уровень запасов его в промышленном и государственном резервах, с содержанием в земной коре минералов, необходимых для его производства. Анализ литературных данных показывает, что наиболее перспективным элементом для использования в технике является алюминий [1]. Это совпадает с общемировой тенденцией развития машиностроения.

Алюминий и его сплавы как конструкционный материал используют в самых различных областях техники [2]. Сплавы алюминия в определённом состоянии и в жёстких условиях эксплуатации могут подвергаться опасным видам коррозионных разрушений. Особый интерес представляет коррозия алюминия в растворах, близких к нейтральным ($6 < \text{pH} < 8$). К ней относится коррозия в природных средах, так же как морская, озёрная или речная вода, питьевая вода и атмосферные осадки. В этих условиях при обычных темпе-

*Адрес для корреспонденции: Ганиев Изатулло Наврузович. 734063, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: ganiev48@mail.ru
Вазиров Назир Шамирович. 734042, Республика Таджикистан, г.Душанбе, пр.Раджабовых, 10а, Таджикский технический университет. E-mail: nazir7@mail.ru*

ратурах скорость ионов H^+ или молекул H_2O с выделением водорода пренебрежимо мала [3].

В настоящей работе исследования проводили в нейтральных растворах, содержащих $NaCl$ различной концентрации, согласно рекомендациям ГОСТ 9.017-74, то есть в имитате морской воды, с целью определения влияния хлорид-ионов на коррозионно-электрохимическое поведение алюминиево-магниевого сплава, легированного церием.

Как известно, легирование алюминиевых сплавов церием приводит к увеличению электропроводности и теплопроводности, улучшению способности сплава к прокатке в горячем состоянии. В связи с этим рассматривалось влияние церия на коррозионное поведение сплава алюминия с 6.0мас.% магния.

Экспериментальная часть

Для получения сплавов использовали алюминий марки А995(ГОСТ 110689-74), магний металлический гранулированный марки ХЧ (ТУ-112-40), церий марки Це ЭО ТУ 48-295-83.

Содержание церия в сплаве АМг6 составляло 0.01, 0.05, 0.1; 0.5 мас.%. Сплавы были получены в печи сопротивления типа СШОЛ. Шихтовка сплавов лигатурой проводилась с учётом угара металлов. Состав полученных сплавов выборочно контролировался химическим анализом, а также взвешиванием образцов до и после сплавления. В дальнейшем исследованию подвергались сплавы, у которых разница в весе до и после сплавления не превышала 2% (отн.).

Из полученных сплавов в графитовую изложницу отливали цилиндрические стержни диаметром 8-10 и длиной 80-100 мм, боковую часть которых изолировали, а торцевую часть подвергали шлифовке и полировке тонкой наждачной бумагой, промывали дистиллированной водой, спиртом и после сушки в эксикаторе использовали в качестве рабочего электрода.

Исследования проводили с использованием потенциостата ПИ-50-1.1 и самописца ЛКД-4-002 в растворе $NaCl$ марки ЧДА (ГОСТ 4233-77) при скорости развертки потенциала $2 мВ \cdot с^{-1}$ по методикам, описанным в работе [3]. Электродом сравнения служил хлор-серебряный, а вспомогательным - платиновый.

При электрохимических испытаниях потенциодинамическим методом образцы поляризовали в положительном направлении от потенциала, установившегося при погружении, до резкого возрастания тока в результате питтингообразования. Затем поляризовали в обратном направлении до потенциала $-1800 мВ$, в результате происходило подщелачивание приэлектродного слоя поверхности сплава, после чего образцы поляризовали вновь в положительном направлении. На полученных таким образом потенциодинамических кривых определяли основные электрохимические характеристики сплавов: потенциал коррозии $E_{кор}$ и ток коррозии $i_{кор}$, потенциалы питтингообразования $E_{по}$ и репассивации $E_{реп}$. Величину $E_{реп}$ определяли графически как потенциал, при котором наблюдается первый перегиб на обратном ходе анодной кривой [4]. Расчет тока коррозии как основной

электрохимической характеристики процесса коррозии проводили по катодной кривой с учётом тафельской константы, равной $v_k=0.12$ В, поскольку в нейтральных средах процесс питтинговой коррозии алюминия и его сплавов контролируется катодной реакцией ионизации кислорода. Скорость коррозии определяли по формуле

$$K=i_{\text{кор}}K^1,$$

где $K^1=0.335 \text{ г}\cdot\text{А}^{-1}\cdot\text{ч}^{-1}$ для алюминия, $i_{\text{кор}}$ - ток коррозии.

Результаты исследования представлены на рис. 1,2 и в табл. 1-3.

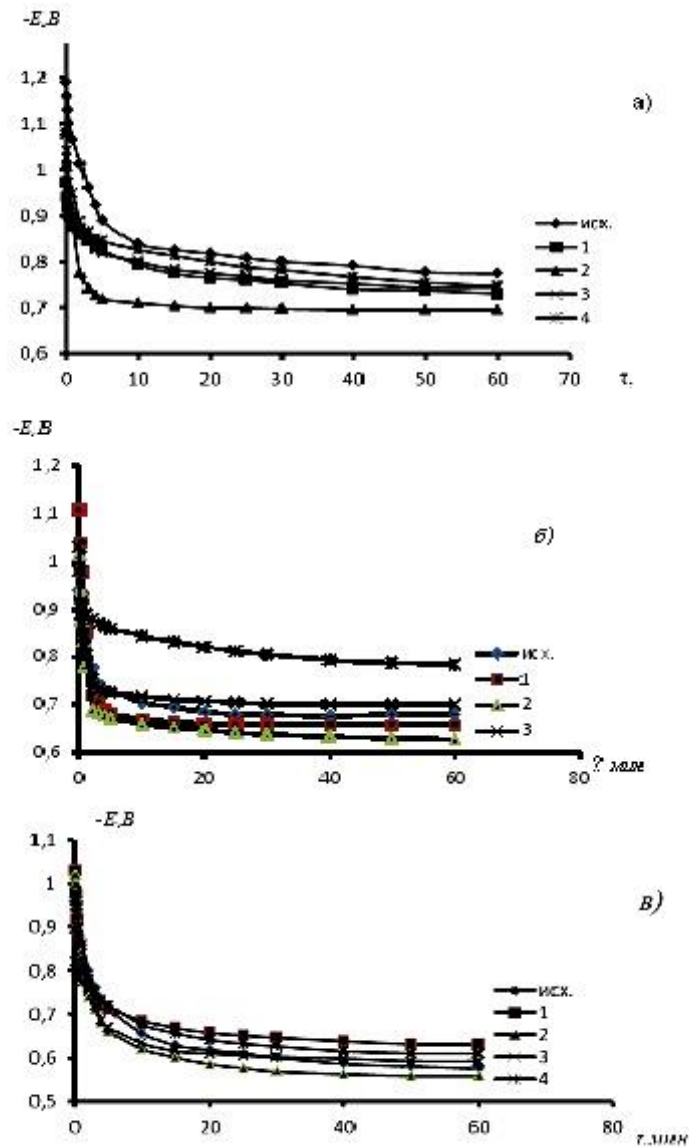


Рис.1. Изменение потенциала свободной коррозии $-E(\text{В})$ во времени τ (мин) сплава $\text{Al}+6\%\text{Mg}$ (1), содержащего церий мас. % : 0.01(2), 0.05 (3), 0.1(4) 0.5(5). Электролит – раствор NaCl (мас. %): а – 3.0, б – 0.3, в – 0.03%.

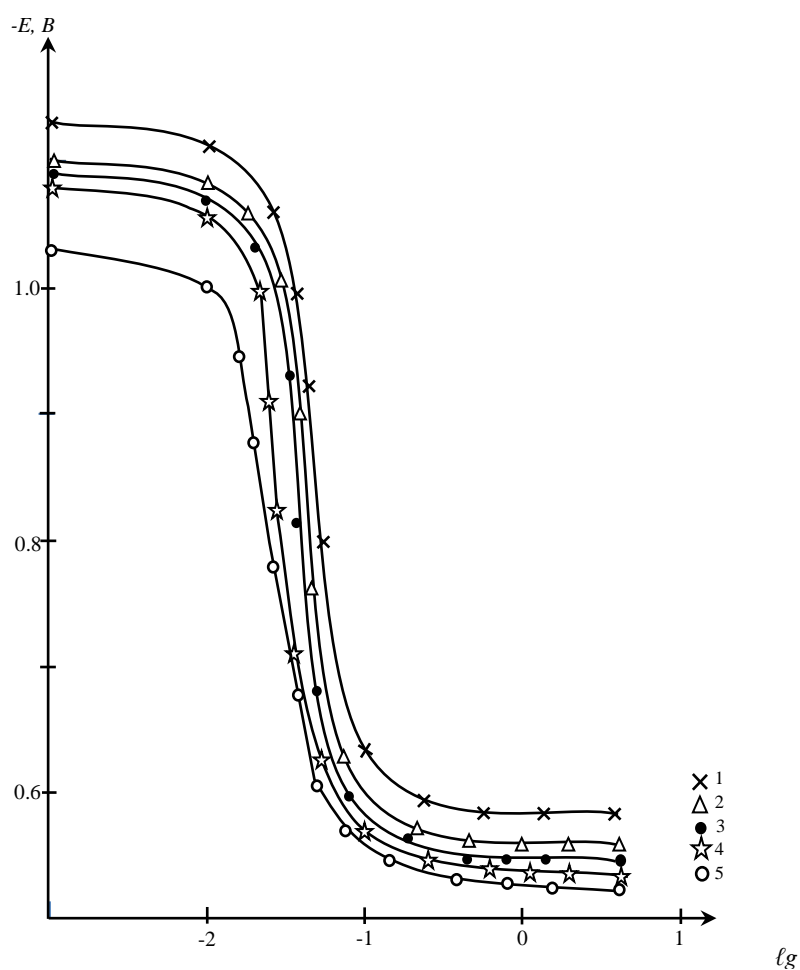


Рис.2. Потенциодинамические анодные поляризационные кривые ($2\text{мВ}\cdot\text{с}^{-1}$) сплава $\text{Al}+6\%\text{Mg}$ (1), содержащего церий (2-5). Электролит – 3%раствор NaCl , 298 К. E – потенциал (В), i – плотность тока ($\text{А}\cdot\text{м}^{-2}$).

Как известно, о коррозионном поведении металлов и сплавов можно судить по различным электрохимическим характеристикам. Установившееся значение потенциала свободной коррозии и характер зависимости от времени испытаний могут дать ряд важных сведений о поведении металла в коррозионной среде. Как правило, большое смещение потенциала коррозии в положительную область указывает на то, что скорость анодной реакции может уменьшиться вследствие пассивации. Тем самым предварительно можно предсказать, что такая система в естественных условиях эксплуатации окажется более коррозионностойкой. Временная зависимость потенциала свободной коррозии исходного сплава $\text{Al}+6\%\text{Mg}$ и сплавов с различным содержанием церия (рис.1) показывает, что в первые минуты погружения сплава в раствор электролита наблюдается резкое смещение потенциала в область положительных значений.

Динамика изменения потенциала свободной коррозии при увеличении времени выдержки в 3%-ном растворе NaCl свидетельствует о скорости формирования защитного оксидного слоя на поверхности сплава. Так, если для исходного сплава (Al+6%Mg) – $E_{св.кор.}$ стабилизируется в течение 1 ч, то для сплавов, легированных церием, данный процесс завершается в течение 40-50 мин., что свидетельствует об ускорении процесса формирования защитного слоя у легированных церием сплавов по сравнению с исходным сплавом. Наиболее положительное значение потенциала (-0.680В) характерно для сплава Al+6%Mg, легированного 0.05 мас% церием. Подобная тенденция имеет место во всех трёх следованных средах.

Таблица 1

Потенциал коррозии сплава Al+6% Mg, легированного церием, при различной концентрации электролита NaCl

Содержание Ce, мас.%	- $E_{кор.}$, В, при концентрации NaCl, мас%		
	0.03	0.3	3.0
-	1.040	1.104	1.124
0.01	0.920	1.065	1.098
0.05	0.880	1.035	1.025
0.10	0.960	1.052	1.075
0.50	1.000	1.062	1.088

Прежде чем анализировать полученные данные, необходимо отметить, что присутствие церия в сплаве незначительно измельчает зерно алюминия. Церий, аналогично магнию, подавляет вредное влияние железа, присутствующего в сплаве в виде примеси. В отношении электродных потенциалов можно видеть, что в целом потенциал коррозии смещается в область положительных значений, однако в интервале исследованных составов отмечен несколько иной характер, то есть сплав, легированный церием – 0.05мас.%, имеет максимальное значение потенциала коррозии.

Таблица 2

Скорость коррозии сплава Al+6% Mg при различном содержании церия в среде электролита NaCl

Содержание Ce, мас.%	Концентрация NaCl, мас.%					
	0.03		0.3		3.0	
	$i_{кор.}$, А·м ⁻²	к.10 ⁻³ , Г·м ⁻² ·час ⁻¹	$i_{кор.}$, А·м ⁻²	к.10 ⁻³ , Г·м ⁻² ·час ⁻¹	$i_{кор.}$, А·м ⁻²	к.10 ⁻³ , Г·м ⁻² ·час ⁻¹
-	0.014	4.69	0.026	8.71	0.038	12.73
0.01	0.013	4.36	0.024	8.04	0.036	12.06
0.05	0.016	5.36	0.022	7.37	0.029	9.71
0.10	0.020	6.70	0.025	8.38	0.031	10.38
0.50	0.031	10.38	0.028	9.38	0.037	12.39

Дальнейшее повышение концентрации приведёт к уменьшению потенциала коррозии. С увеличением концентрации хлорид-ионов потенциал коррозии смещается в отрицательную область, что свидетельствует о снижении коррозионной стойкости сплавов с ростом агрессивности коррозионной среды (табл.1). Это подтверждается расчётом скоро-

сти коррозии сплавов из катодной ветви потенциодинамических кривых. Как видно из табл.2, минимальное значение скорости коррозии в указанных средах относится к сплаву, легированному 0.05мас% церия, при дальнейшем увеличении его концентрации ток коррозии растёт, следовательно, коррозионная стойкость падает.

В качестве примера на рис.2 представлены анодные поляризационные кривые алюминиево-магниевого сплава, легированного церием в среде 3%-ного раствора хлористого натрия. Из рисунка видно, что присутствие церия несколько изменяет ход анодной кривой в сторону меньших значений токов и в более положительную область значений потенциалов. Изучение анодных кривых сплавов в других средах показывает, что с разбавлением раствора NaCl (влияние хлорид-ионов среды ослабляется) исследуемые образцы сплавов более пассивны, то есть более устойчивы к коррозионному разрушению. Об этом свидетельствует и сдвиг $E_{п.о}$ в более положительную область значений потенциалов по мере разбавления раствора.

Таблица 3

Потенциал питтингообразования $E_{п.о}$ сплавов системы Al-Mg- Ce при различной концентрации NaCl

Содержание Ce, мас.%	$-E_{п.о}$, В, при концентрации NaCl, мас.%		
	0,03	0,3	3,0
-	0.352	0.450	0.630
0.01	0.322	0.434	0.600
0.05	0.316	0.424	0.580
0.10	0.332	0.448	0.590
0.50	0.340	0.490	0.600

В табл.3 обобщены величины потенциала питтингообразования сплавов в зависимости от концентрации электролита NaCl и легирующей добавки. С увеличением концентрации хлорид-ионов потенциал питтингообразования, как и потенциал коррозии сплавов, смещается в отрицательную область.

Выводы

Потенциостатическим методом исследовано коррозионно-электрохимическое поведение сплавов системы Al-Mg-Ce в среде электролита NaCl и показано, что легирование церием уменьшает скорость коррозии сплавов в 2-3 раза в зависимости от концентрации электролита NaCl.

Установлено, что оптимальная концентрация церия для улучшения коррозионной стойкости алюминиево-магневых сплавов не должна превышать 0.05мас%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисоглебский Ю. В., Галевский Г.В., Кулагин Н.М. и др. Металлургия алюминия – Новосибирск: Наука СО, 1999, 438 с.
2. Беляев А.И., Бочвар О.С., Буйнов Н.Н и др. Металловедение алюминия и его сплавов: Справ. – М.: Металлургия, 1983, 280 с.
3. Вязовкина Н.В. – Защита металлов, 1999, т.35, № 5, с.493-499.

4. Норова М.Т., Ганиев Н.И., Назаров Х.М. – ЖПХ, 2002, т.75, вып.4, с.567-569.
5. Кеше Г. Коррозия металлов. – М.: Металлургия, 1984, 400 с.

Н.Ш.ВАЗИРОВ, И.Н.ҒАНИЕВ*, М.Т.НОРОВА*, М.С.МАХСУДОВА*

**РАФТОРИ КОРРОЗИОНИ ЭЛЕКТРОХИМИЯВИИ ХҶЛАИ АМg6, БО
СЕРИЙ ЧАВҲАРОНИДАШУДА**

*Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ,
*Пажуишишгоҳи химия ба номи В.И.Никитини
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Омӯзиши рафтори коррозионӣ-электрохимиявии хӯлаи системаи Al-Mg-Ce бо усули потенциодинамикӣ дар муҳити электролити NaCl нишон дод, ки ҳангоми чавҳаронидан бо серий, суръати коррозия вобаста аз консентратсияи электролит 2-3 маротиба кам мешавад..

Калимаҳои калидӣ: потенциали озоди коррозия – хӯлаи АМg6 – серий – суръати коррозия – консентратсияи электролит – NaCl – қачхатаҳои поляризатсионии анодӣ.

N.Sh.VAZIROV, I.N.GANIEV*, M.T.NOROVA*, M.S.MAKHSUDOVA*

**CORROSION-ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF ALLOY AMg6,
CERIUM DOPED**

*M.Osimi Tajik Technical University,
V.I.Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

Potentiodynamic method studied the corrosion-electrochemical behavior of alloys of the Al-Mg-Ce in the environment of the electrolyte NaCl is shown that doping with cerium reduces the rate of corrosion of alloys is 2-3 times depending on the concentration of the electrolyte.

Key words: free corrosion potential – AMg6 alloy – corrosion rate – cerium – concentration of electrolyte – NaCl – anodic polarization curves.

УДК 553.411 (575.3)

М.М.МАМАДВАФОЕВ, Ю.И.ДЫЩУК

**ГЕОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ЗОЛОТОНОСНОСТИ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИНДАР (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТАДЖИКИСТАН)**

*Главное управление геологии при Правительстве Республики Таджикистан
Поступила в редакцию 01.04.2013 г.*

В статье приводятся общие сведения о месторождении, история его изучения, особенности геологического строения, размещение рудных тел и рудосопровождающих метасоматитов, стадийность минерализации, вещественный состав руд, литохимические ореолы, прогнозные ресурсы золота.

Ключевые слова: месторождение Пиндар – рудоносный штокверк – литохимические поиски – ореолы мышьяка и золота – прогнозные ресурсы золота.

Месторождение Пиндар находится на северном склоне Гиссарского хребта, на правом борту одноимённой реки – левого притока р.Ягноб, в 6 км южнее селения Маргеб. В 30 км западнее месторождения расположена обогатительная фабрика Анзобского ГОКа. Электроэнергией может быть обеспечен от ЛЭП с подстанции Анзоб. Экономически район месторождения не освоен. От месторождения до автотракта Душанбе–Айни проходит грунтовая автодорога, протяженностью 12 км. Границы месторождения, площадью в 3.7 км² (см. рис.), на западе проходят по меридиану речки Пиндар, на востоке – по водоразделу рр. Тагрич-Варсаут, на севере – по гряде известняков S₁–D₁₋₂ среди зелёных «ягнобских сланцев» [1], на юге – по северной окраине эпигерцинского субплатформенного покрова, несогласно залегающего на палеозойском складчатом геосинклинальном фундаменте.

Месторождение, как сурьмяной объект, выявлен в 1955 г. В 1956-1957 гг. на нём оконтурены новые рудные тела, в силу чего по запасам оценено как средней крупности, и рекомендовано для предварительной разведки. В 1958 г. Джижикрутским ГОКом проведена частичная его отработка с поверхности. В 1961 г. на нём проведены поисковые рабо-

Адрес для корреспонденции: Мамадвафоев Мабатишо Мамадвафоевич. 734025, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзаде, 27. Главное управление геологии при Правительстве Республики Таджикистан.

ты на Au, и оценено отрицательно. В 1963-1964 гг. на его площади выделено четыре рудных участка – Северный, Основной, Рудный, Центральный, и 23 кварц-антимонитовых рудных тел; произведен подсчёт их запасов по категории С₂. Запасы участка Северного: руды – 109668 т, Sb – 1871 т (при среднем содержании в руде – 1.7%); участка Основного: руды – 106839 т, Sb – 4402 т (то же, 4,12%); участка Рудного: руды – 206279 т, Sb – 15078 т (то же, 7.31%); участка Центрального: руды – 87802 т, Sb – 8227 т (то же, 9.37%). Запасы по месторождению в целом составили: руды – 510588 т, Sb – 29475 т, при среднем содержании Sb в руде – 5.79%. В 1974-1975 гг. изучался восточный фланг месторождения в бассейне р. Тагрич, который был оценён отрицательно. В 1979-1984 гг. на нём проведены поисковые работы с подсчетом прогнозных ресурсов Sb по категории Р₂, оказавшиеся 102388 т; объект оценён средним по крупности месторождением, и даны рекомендации по дальнейшему его изучению. В 1986–1987 гг. проведены комплексные поисковые геохимические и геологоразведочные работы с целью изучения его золотоносности. По данным спектрозолотометрии, Au в различно измененных зелёных «ягнобских сланцах» находится (в мг/т) от 5 до 20 (n = 17), в измененных бурых метабазах – от 5 до 40 (n = 10), в метаморфогенном микрокварците – от 5 до 7 (n = 15); в кварц-сульфидных с пиритом, арсенопиритом и антимонитом жилах – 1100 ÷ 5200 Au (n = 13). По спектрохимическим данным, рудовмещающие зелёные «ягнобские сланцы» имеют следующие фоновые содержания Au (мг/т): метапелиты – 3.9, слюдистые метапелиты – 12.5, хлорит-карбонатные сланцы – 3.0, яшмокварциты – 5 - 15.0, метабазиты – 4.3, в том числе – венчиковые – 3.8, барруазитовые – 1.6. Золотоносность различных минеральных парагенезисов березитов-лиственитов такова, мг/т: альбит-актинолит-хлорит-эпидот-кальцит-кварцевый, с пиритом и арсенопиритом – 1.3, кварц-альбит-мусковит-хлоритовый – 2.1, хлоритовый – 1.0, кальцит-хлорит-актинолит-альбитовый – 2.0, карбонатный – 3.9. Приразломные окварцованные и сульфидизированные метапелиты содержат 50.6 Au, а дискордантные зоны эпигенетической графитизации – 25.8 [4].

Геолог З.Т.Забродина отмечает (1971 г., уст. сообщение), что кварц-антимонитовая минеральная ассоциация месторождения Пиндар не золотоносна. Однако данное мнение представляется преждевременным. Полученные ею всего лишь четыре пробирных анализа, характеризуют содержание Au от 0.01 до < 0.4 г/т на массу жилы, т.е. допущено разубоживание содержания. Ею отмечается, что в одной пробе «метасоматита с антимонитом», пробирным анализом установлено 2.7 г/т Au. Вероятно, что Au связано с антимонитом, но не с кварцем, однако данных по золотоносности антимонитов ею не приводится. Золотоносность антимонитов месторождений региона установлена ещё к началу 70-х годов XX-го столетия, а именно (г/т): Пиндар – 0.1, Валанги-Дароз, Кавнок – 0.2, Гурдара – 0.5, Джижикрут – 0.6 (верхние горизонты, выше 2155 м), Кончоч – 0.8, Нови-Матек – 1.2 [5], глубокие горизонты месторождения Джижикрут (горизонт 2155 и ниже, в этажах 7–12 участка Центральный) – 2 г/т [8]. Промышленная золотоносность ртутно-сурьмяных месторождений и проявлений региона детально рассмотрена в ряде работ [6-8].

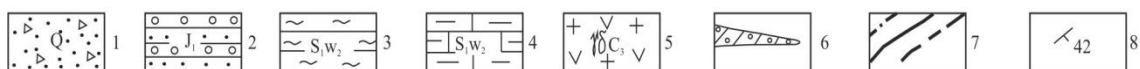
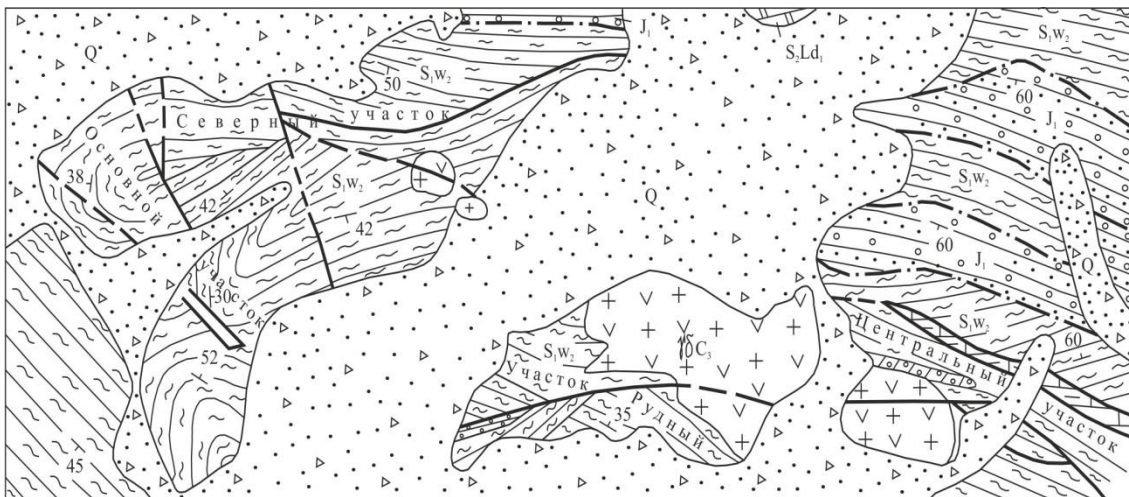


Схема геологического строения сурьмяно-золоторудного месторождения Пиндар (по П.В.Ковальчуку и др., 1964 г.): 1 – четвертичные накопления, QIV; 2 – эпигерцинский субплатформенный покров (конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты с прослоями и линзами углистоглинистых сланцев нижней юры); 3 – кварц-хлорит-серицитовые зеленые «ягнобские сланцы» [1] нижнего силура (по другим данным – венд ? – раннепалеозойские [2] или даже позднекарбоновые [3]); 4 – прослои и линзы известняков силура, возможно и девона; 5 – инверсионные (C2-3) кварцевые диориты, кварцевые монцодиориты и гранодиориты Пиндарской интрузии; 6 – пироксеновые скарны; 7 – разрывы; 8 – элементы залегания геологических тел.

Изучение поверхности месторождения Пиндар усугублено широким (80%) развитием четвертичных накоплений мощностью 1–60 м. Коренные породы представлены нижнепалеозойскими зелёными сланцами, метавулканитами, известняками, и прорывающими их инверсионными гранитоидами (см. рисунок). Кроме того, на участках активных контактов интрузии в сланцах развиты мигматиты и биотит-полевошпат-кварцевые роговики, шириною в десятки и сотни метров. Для зелёных «ягнобских сланцев» характерна чёткая сланцеватость и хорошо выраженная полосчатость, в которую согласно вписываются сегрегации метаморфогенного кварца. В разрезе сланцев отмечаются редкие разрозненные маломощные (1–5 м) и короткие (20–70 м) пласты и линзы темно-зелёных расланцованных метабазитов [2].

Месторождение приурочено к сводовой части и северному крылу крупной антиклинали, осложненной региональным разломом. К зоне разлома тяготеют многочисленные проявления и месторождения ртутно-сурьмяно-золоторудной формации – Джижикрут, Уччадо, Кварцитовое и многие другие. Разлом представляет собой мощную (600–1000 м) зону дробления, смятия, расланцевания, брекчирования и лимонитизации, и имеет сложное внутреннее строение. В его границах отдельные, более мелкие, разрывы

пересекаются под острым углом, обуславливая его линзовидно-ячеистое строение. В зоне разлома широко проявлены различно ориентированные кварцевые, кварц-альбитовые, кварц-альбит-мусковитовые и кварц-альбит-карбонатные с графитом, пиритом и арсенопиритом березит-листвениты. Нередко зоны окварцевания, карбонатизации, графитизации, хлоритизации и серицитизации развиты обособленно. Среди «ягнобских сланцев» также отмечаются многочисленные, различно ориентированные кварц-турмалиновые жилы и прожилки мощностью от 0.2 до 2.5 м, несущие сульфидную минерализацию.

На месторождении выделяются четыре рудных участков – Северный, Основной, Центральный и Рудный, прослеживающиеся с небольшими перерывами на 5.0 км (см. рисунок). В его границах выделено 23 рудных тела, протяженностью от 35 до 305 м, мощностью от 0.3 до 10.1 м (средняя – 2.6 м) со средними содержаниями Sb от 0.99 до 15.29% (среднее по месторождению – 6.65%). Рудные тела не выдержанны по простиранию и падению, и с неравномерным оруденением. Сурьмяное оруденение представлено мелкими кварц-антимонитовыми и собственно антимонитовыми жилами (мощностью 0.1 – 0.3, реже – 1.0 м) и прожилками (мощностью 2–7 см, протяженностью от первых метров до 10–15 м), гнездами (до 20x50 см), желваками (до 5x10 см) и вкрапленностью антимонита. Падения рудных зон и жил крутые.

Выделяются кварц-пирит-арсенопиритовая, кварц-полисульфидная и кварц-антимонитовая стадии минерализации. Первая, ранняя, стадия – основная золотоносная, с содержанием Au в сульфидно-кварцевых жилах от < 0.4 до 10.4 г/т. Содержание Ag в четырех пробах, по данным пробирного анализа, составляет: 26.1, 50.5, 86.4, 97.3 г/т. Вторая стадия сложена в основном станнином, сфалеритом, халькопиритом, галенитом, теннантитом, в брекчиях кварцевых жил и прожилках среди гидротермально измененных зелёных сланцев. Содержание Au в жилах от < 0.4 до 0.8 г/т. Третья, завершающая, стадия развита шире других и представлена кварц-карбонат-барит-антимонитовыми и кварц-антимонитовыми жилами и прожилками. Она определяет основную ценность месторождения на сурьму. Золото в жилах, содержащих антимонит, по весьма скудным данным, приведенным выше, находится в пределах 0.01 – <0.4 г/т.

Прогнозные ресурсы Sb, по категории P₁, подсчитанные по рудным телам, позволяют отнести месторождение к числу средних, по ресурсам же категории P₂, по выявленной геохимической аномалии, до глубины 100 м. – к крупным. Оруденение характеризуется вертикальным размахом в 800 м (интервалы высот 3450 – 2650 м).

Основная масса рудоносных гидротермально-метасоматических образований отмечается между р. Пиндар и руч. Березовый в линейном штокверке, площадью в 2 км². Максимальные содержания Au – 10.4 г/т, установлены в окварцованных сланцах. Около 80% площади штокверка покрыта дельювием, при этом последний на 60% охвачен оползнями. Штокверк тяготеет, по-видимому, к апикальной части интрузии, слабо затронутой эрозией. О последнем свидетельствуют мелкие (10x15 м) выходы гранитоидов среди обширных полей дислоцированных зелёных сланцев.

В восточной части месторождения, в долине руч. Березовый, штокверк сменяется линейно вытянутой рудной зоной, прослеживающейся с перерывами на 2,5 км. Последняя на 75% перекрыта делювием, 50% которого охвачено оползнями. Зона приурочена к СВ экзоконтакту интрузии, падает на ЮЗ под углами 70–75°. Её мощность достигает 300 м. Рудные тела в её границах имеют форму кулисы. Для западной части штокверка пробирный анализ бороздовых проб показал < 0.4 г/т Au. Руды месторождения многокомпонентны и содержат, % : Sb – 0.10 ÷ 44.11, Sn, Pb > 1, Bi – 0.12 ÷ 1; г/т: Au – 1.0 ÷ 5,2, Ag – 26.1 ÷ 97.3. Штокверк сопровождается вторичным литохимическим ореолом As, разделенный русловыми накоплениями ручьи Оби-Калон на две части, а также ореолами Au. В его границах по данным опробования нами выявлено 15 золоторудных интервалов для расчёта среднего содержания Au и подсчета его прогнозных ресурсов. Их характеристики даны ниже в следующих позициях: **1.** Место отбора пробы (при описании объекта нумерация его не приводится). **2.** Объект исследования и его геологическая характеристика. **3.** Вид пробы и её номер. **4.** Размер пробы. **5.** Содержание Au, г/т.

Точка наблюдения (т.н.) № 4285. **2.** Кварц-турмалиновые прожилки с пиритом, арсенопиритом, лимонитом в зоне смятия и дробления сланцев мощностью 50 м. и протяженностью 120 м. Прожилки, разнонаправленные и линзовидные, мощностью 3–5 мм. и протяженностью 5–7 м. Вмещающие породы – окварцованные, карбонатизированные (березитизированные) и лимонитизированные зелёные «ягнобские сланцы». **3.** Штуфная, №№ 8372, 8373. **4.** 7 x 12 см. **5.** 1.1, 5.2.

Точка наблюдения № 8370. **2.** Кварц-серицитовые березиты, слабо катаклазированные и лимонитизированные, на площади 0.7 x 3 м. **3.** Пунктирно-бороздовая, № 8370. **4.** 0,7 м. **5.** 5,0.

Точка наблюдения № 4298. **2.** Обломки кварц-пирит-арсенопиритового агрегата в делювии. **3.** Штуфная, № 8387. **4.** 10 x 15 см. **5.** 1.1.

Точка наблюдения № 4285. **2.** Кварцевая жила (0.3 x 0.7 м) с пиритом, арсенопиритом среди окварцованных, карбонатизированных, серицитизированных, (березитизированных) и лимонитизированных «ягнобских сланцев» в зоне смятия и дробления, площадью 120 x 50 м. **3.** Бороздовая, № 428. **4.** 0,3 м. **5.** 0,8.

Точка наблюдения № 4307. **2.** Рудные обломки (кварц + пирит + арсенопирит), размером 10 x 20 м. в делювии. **3.** Штуф № 8394. **4.** 10 x 15 см. **5.** 4.2.

Точка наблюдения № 4295. **2.** Выход (2 x 7 м.) графитизированных кварц-карбонат-серицит-пирит-арсенопиритовых листовенитов. **3.** Бороздовая, №№ 1,2. **4.** 0.5, 1.2. **5.** 2.7, 2.8

Точка наблюдения № 4296. **2.** Рудная зона, видимой площадью 50 x 100 м., сложенная кварцевыми и кварц-карбонатными прожилками, среди интенсивно перемятых, дробленных, окварцованных, карбонатизированных (лиственитизированных) и лимонитизированных «ягнобских сланцев». **3.** Пунктирно-бороздовая, № 8383; штуфная, № 8384. **4.** 0.2. **5.** 2.0.

Точка наблюдения № 8386. **2.** Кварц-альбитовые метасоматиты в зоне (30–50 х 200 м.) дробления, окварцевания и лимонитизации среди зелёных «ягнобских сланцев» **3.** Бороздовая, №№ 8385 и 8386. **4.** 1.0, 1.5. **5.** 4.8, 2.9.

Точка наблюдения (канавы № 510). **2.** Кварц-альбитовые метасоматиты. **3.** Бороздовая, № 8548. **4.** 1.3. **5.** 1.0.

Точка наблюдения № 4299. **2.** Кварц-альбитовые метасоматиты, площадью в 30–50х300 м. **3.** Пунктирно- бороздовая, № 8388. **4.** 1.0. **5.** 3.6.

Точка наблюдения № 4299. **2.** Кварц-альбитовые метасоматиты, мощностью 3.0 м. при протяженности 100 м. **3.** Бороздовая, №№ 8390; 8391. **4.** 1.5, 1.5. **5.** 1.1, 1.6.

Точка наблюдения № 3693. **2.** Глыба (3 х 5 м) окварцованных и интенсивно лимонитизированных зелёных «ягнобских сланцев» в делювии. **3.** Пунктирно-бороздовая, №8297. **4.** 3.0. **5.** 1,0.

Точка наблюдения (канавы № 3). **2.** Аналогичные предыдущей точке наблюдения образования. **3.** Бороздовая, № к - 3/38. **4.** 1.0. **5.** 2,8.

Точка наблюдения (геохимический профиль № 27). **2.** Зона (40х100м.) дробления, окварцевания, карбонатизации (лиственитизации) и лимонитизации. **3.** Пунктирно-бороздовая, № 2847. **4.** 40.0. **5.** 1.5.

Точка наблюдения (канавы № 155). **2.** Буровато-серые, ороговикованные сланцы, местами слабо брекчированные, интенсивно трещиноватые с вкрапленностью антимонита. **3.** Бороздовая, № №: к-155/4, к-155/5. **4.** 0.6, 1.2. **5.** 2.4, 1.5.

Итак, среднее содержание золота по рудному штокверку – 2.4 г/т. Оно определялось путём деления суммы содержаний золота по позициям 5 (= 59,4) на количество рудных интервалов (точек наблюдений) – 15.

Поскольку Au во вторичных литохимических ореолах площади месторождения тесно связано с As, образующим более контрастные, чем Au, ореолы, постольку площадь рудного штокверка определена, и по контуру ореола Au (по изолинии 0.01 г/т), и по контуру ореола As (по изолинии содержания 0.1%). Прогнозные ресурсы подсчитаны по категории P₂, методом среднего арифметического [9], с учётом площади вторичного литохимического ореола As (эквивалента площади штокверка), по следующим параметрам: с – среднее содержание Au в рудном штокверке – 2.4 г/т; h – прогнозная протяженность оруднения на глубину – 100 м, d – объёмная масса руды – 3 т/м³, s – площадь вторичного ореола As (150 000 м²), v = s.h – объём руды, Q = v.d = прогнозные ресурсы руды – 45000000т., P = Q.c = прогнозные ресурсы золота – 108 т. Исходя из площади вторичного ореола Au (120 000 м²), прогнозные его ресурсы (P) получаются из выражений: v = 12000000 м³; Q = 36 000 000 т; P = 86 т.

Итак, прогнозные ресурсы золота месторождения Пиндар, по категории P₂, находятся в пределах 86–108 т (среднее – 97 т). Согласно десятичной классификации месторождений по масштабам запасов [10], месторождение Пиндар оценивается нами как крупное.

Месторождение Пиндар относится к сурьмяно-золоторудной субформации ртутно-сурьмяно-золоторудной формации, секущему жильному типу плутоногенного класса, характеризующимся большим вертикальным размахом рудонакопления. По аналогии с месторождением Джижикрут можно допустить увеличение содержания золота в сурьмяных рудах с глубиной, что приводит к увеличению его запасов. Месторождение находится в выгодных геолого-экономических условиях, – вблизи Анзобского ГОК-а, действующего на базе золото-ртутно-сурьмяного месторождения Джижикрут.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марковский А.П. – Таджикская комплексная экспедиция 1932 г. Труды экспедиции. – Л.: ОНТИ-Госхимтехиздат, 1934, с.1 – 48.
2. Власов Н.Г. – В кн.: Расчленение стратифицированных и интрузивных образований Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1976, с. 28 – 30.
3. Шадчинев А.С., Бахтдавлатов Р.Д. Геологическое строение и полезные ископаемые фанерозоя Кухистана (Центральный Таджикистан). – Душанбе, 2008, 406 с.
4. Баратов Р.Б, Минаев В.Е., Гавриленко Б.В. – ДАН СССР, 1981, т. 260, № 4, с. 956 – 958.
5. Великий А.С., Иванов В.С. – В кн.: Средние содержания элементов-примесей в минералах. – М.: Недра, 1973, с.68 – 75.
6. Азим Иброхим, Мамадвафоев М.М., Джанобилов М.Д., Фахрутдинов Р.С. Зеравшанский горнопромышленный регион Таджикистана: геология и минеральные ресурсы. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2012, 344 с.
7. Мамадвафоев М.М., Хасанов А.Х., Кривошекова Н.И., Ниёзов А.С. Раннепермский магматизм и ртутно-сурьмяное оруденение Зеравшано-Гиссарского рудного пояса (Центральный Таджикистан). – Душанбе.: Недра, 2010, 136 с.
8. Вазиров К.В. Ртутно-сурьмяно-золоторудная формация Центрального Таджикистана и её промышленное значение. – Душанбе.: Дониш, 1992, 348 с.
9. Смирнов В.И., Прокофьев А.П., Борзунов В.М. и др. – Подсчёт запасов месторождений полезных ископаемых. – М.: Госгеолтехиздат, 1960, 672 с.
10. Соловов А.П., Архипов А.Я., Бугров В.А. и др. – Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых.– М.: Недра, 1990, 335 с.

М.М.МАМАДВАФОЕВ, Ю.И.ДИШУК

ГЕОЛОГИЯ ВА БАҲОДИҲИИ ОЯНДАНОКИИ ТИЛЛОНОКИИ КОНИ ПИНДАР (ТОЧИКИСТОНИ МАРКАЗӢ)

Саридораи геологии назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола иттилооти умумии оиди кон, таърихи омӯзиши он, хусусиятҳои сохти геологӣ, ҷойгиршавии қисмҳои маъданӣ ва метасоматҳои маъдандор, давранокии минералшавӣ, таркиби маҳлули маъданҳо, ореолҳои литохимиявӣ ва захираҳои пешгӯишудаи тилло иншо шудааст.

Калимаҳои калидӣ: кони Пиндар – штокверки маъданӣ – ореолҳои литохимиявӣ – захираҳои пешгӯишуда – маргимуш – тилло.

M.M.MAMADVAFOEV, Y.I.DISCHUK

**GEOLOGY AND GOLD PRESENCE PERSPECTIVES OF PINDAR DEPOSIT
(CENTRAL TAJIKISTAN)**

The article provides general data of the deposit, history of its investigation, features of its geological structure, distribution of ore bodies and ore-accompanying metasomatites, staging of mineralization, material constitution of ores, lithochemical aureoles, expected resources and gold reserves.

Key words: Pindar deposit – ore-bearing ore fold lithochemical prospecting – arsenic and gold aureoles – expected resources and gold reserves.

УДК 561.31(575)

А.Н.КОЛЧИН, А.Р.ФАЙЗИЕВ

**ОБ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ МЕЗОКАЙНОЗОЙСКОЙ СТРУКТУРЫ
КАНИМАНСУРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ**

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии

АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 28.07.2013 г.

Охарактеризованы основные альпийские (пострудные) разрывные нарушения Канимансурского рудного поля, расположенного в нижнепермской Адрасманской вулкано-тектонической депрессии.

Ключевые слова: разлом – рудное поле – альпийские нарушения – мульда – штокверк.

В геологической литературе применительно и рудному полю гигантского серебро-полиметаллического месторождения Большой Канимансур мало данных о его пликативно-разрывной структуре мезокайнозойского времени [1-7, 9-12]. Признано, что послерудные, преимущественно альпийские (неоген-четвертичные) разрывы не оказали существенного влияния на морфологию рудных тел. Из них только Аккурский надвиг, ограничивающий рудное поле с северо-востока, получил частичную характеристику [3].

Канимансурское рудное поле расположено в горах Центрального Карамазара. Здесь в северной и северо-восточной частях нижнепермской Адрасманской полукольцевой вулкано-тектонической депрессии А.С.Колчиным выделен краевой вулканический прогиб северо-западного простирания с наиболее полным (1500-2000м) разрезом эффузивных толщ средне-верхнего карбона-нижней перми. В границах прогиба выделены шесть небольших мульд эффузивно-экструзивных куполов трахириолитов, риолитов, дацитандезитов, андезитобазальтов (Четсу, Дрешсай, Акпет, Канимансур, Долоны, Курбантау). Мульды близки по характеру стратиграфических колонок, структурному оформлению и составу слагающих пород. Непосредственно рудное поле приходится на Канимансурскую мульду эффузивного купола кушайнакских дацитандезитов, являющейся цен-

Адрес для корреспонденции: Файзиев Абдулхак Раджабович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 263, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ. E-mail: faiziev38@mail.ru

тральной в прерывистой гирлянде подобных структурных форм с примечательной для них центробежной схемой вулканической деятельности. Такое «разбегание» очагов извержений вдоль прогиба (шаг 2-3 км) по линии Осевого вулканического разлома маркируется приоритетными объёмами всё более молодых эффузивных толщ. Мульды рассекаются поперечными разломами нижнепермского времени, обновлёнными частью в эпоху альпийского тектогенеза, и продольно усложнены неоген-четвертичным Аккурским взбросо-надвигом на отрезке прогиба от Баштавакского взброса до регионального Северо-Ферганского надвига (Колчин, 2000).

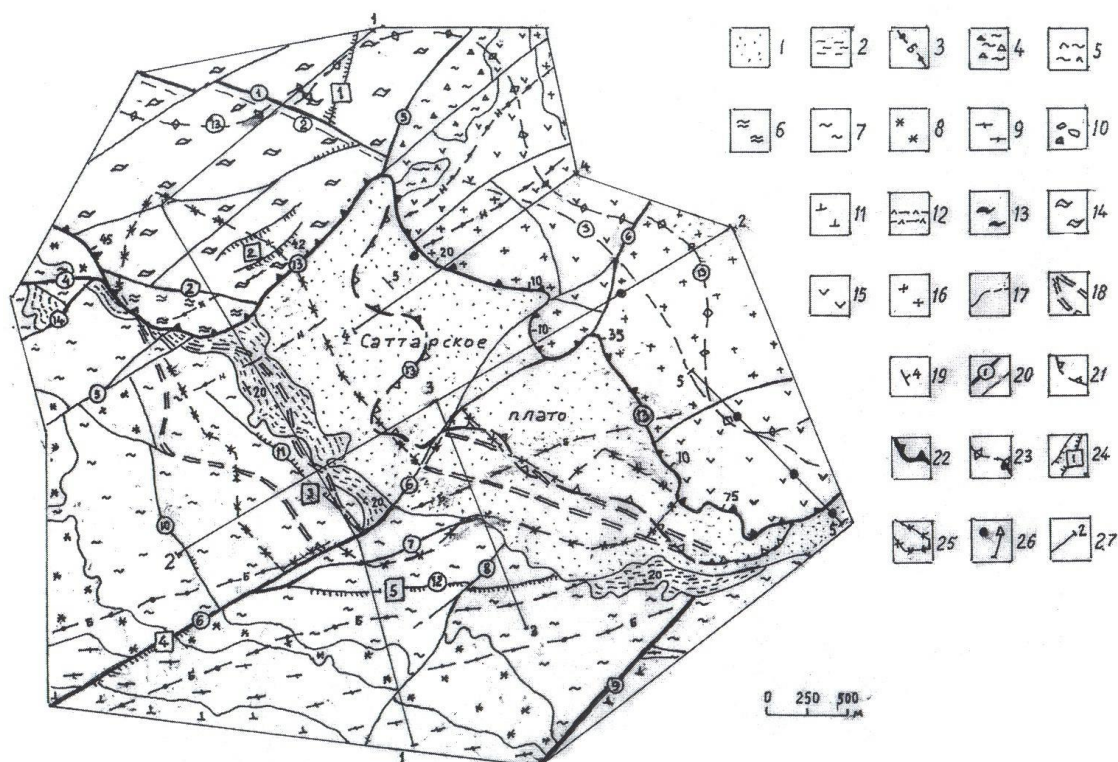


Рис. 1. Геологическая карта Канимансурского рудного поля

Рудные залежи серебра и полиметаллов Большого Канимансура разведаны в нижнепермских вулканитах у поверхности пенепленизации древнего рельефа, сформированной в верхнепермское и предверхнемеловое время. Реликтом верхнепермской эрозии на северо-востоке рудного поля является Саттарская впадина, выполненная одноимённой толщей песчаников и алевролитов возраста верхняя пермь-нижний триас [7]. Вскрытая скважинами большая юго-западная часть впадины (5.0x1.5км) с осью северо-западного направления имеет неровное дно с перепадами высот от 50 до 150 м и мощность терригенных осадков до 200-250 м, максимум 380 м. В базальных конгломератах толщи наряду с валунами местных вулканитов, исключая адрасманские туфолавы риодацитов, нами обнаружены гальки изменённых фельзопорфиров и диабазовых порфиритов Бурочарского поствулканического дайкового пояса, содержащих вкрапленность халькопирита и гале-

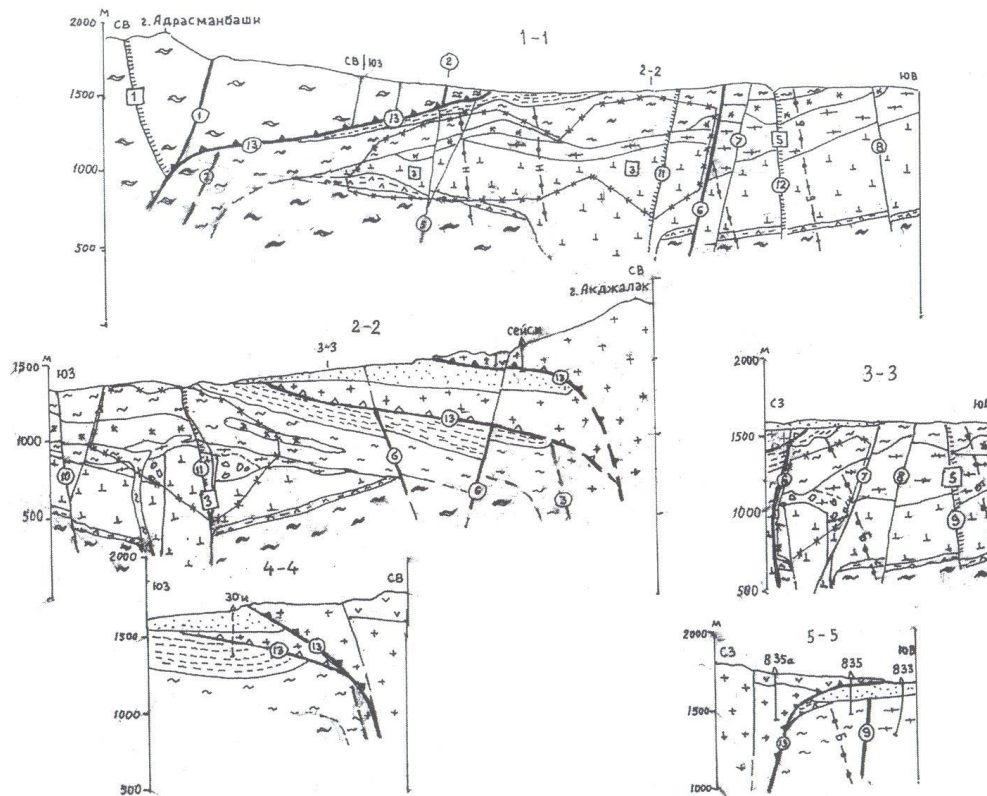


Рис. 2. Разрезы к карте Канимансурского рудного поля

Условные обозначения к рисункам 1, 2: 1 – красноцветные песчаники, глины, известняки (K_2-P), 2 – саттарская толща (P_2-T_1): конгломераты, песчаники, алевролиты, 3 – малые интрузии (дайки) риолит-диабазов (P_1), 4-5 – поздние (послетавакские) экстррузии (P_1): 4 – лавобрекчии фельзориолитов, 5 – кластолавы риолитов флюидалные, 6-7 – тавкская толща (P_1): 6 – трахиты, трахидациты, 7 – туфолавы трахириолитов бордовые, 8 – сферолитовая толща (P_1): туфопесчаники, туфы, лавы сферолитовых риолитов, 9-10 – тарыэканская толща (P_1): 9 – песчаники, туфы, лавы и лавобрекчии флюидалных риолитов, трахириолитов, 10 – агломераты осыпные крупноглыбовые, 11 – кушайнакская толща (P_1): лавы, туфы, туфобрекчии дацитоандезитов, 12 – кзылтауская толща (P_1): туфопесчаники, туфы и лавы риолитов, 13 – алмалысайская толща (C_3-P_1): туфолавы риодацитов, 14 – адрасманская толща (C_3-P_1): туфолавы, игнимбриты риодацитов, 15 – джамансайская толща (C_{2-3}): дациты, андезиты, 16 – гранодиориты (C_2), 17 – контакты пород резкие и постепенные, 18 – контур скрытой канальной части Канимансурского вулканического купола дацитоандезитов, 19 – элементы залегания пород, разломов, 20 – разломы (1. Свинцовый, 2. Кармазарский, 3. Аккурский, 4. Аксайский, 5. Адрасманский, 6. Комсомольский, 7. Северный, 8. Поперечный, 9. Кошмуллинский, 10. Подгорный, 11. Меридиональная зона, 12. Главная рудная зона Восточного Канимансура, 13. Аккурский: предверхнемеловая (21) и неоген-четвертичная (22) составляющие, 14. Задорожный), 23 – предполагаемое положение Аккурского взброснадвига на абс. уровне 1000 м, 24 – рудные жилы месторождений (1. Адрасман, 2. Чукур-Джилга, 3. Большой Канимансур, 4. Западный Канимансур, 5. Восточный Канимансур), 25 – обобщённый контур слепого рудного штокверка Большого Канимансура, 26 – скважины, 27 – линии геологических разрезов.

Примечание. Четвертичные отложения с карты и разрезов сняты. Бурочарский (Б) и Новоканимансурский (Н) дайковые пояса маркированы только краевыми дайками.

Послерудный верхнепермский рельеф с осадочными породами Саттарской приразломной впадины был сnivelирован предверхнемеловой «вселяньшаньской» эрозией до почти ровной поверхности (абс. отметки около 1600м) и несогласно с разрывом перекрыт терригенно-хемогенными осадками верхнего мела и палеогена. Пенеппенизация верхней перми в отличие от предверхнемеловой несёт следы древней коры выветривания: на выходах тавакских бордовых трахириолитов кое-где сохранился их красно-бурый элювий с железисто-глинистым цементом. Обе разноплановых поверхности пенеппенизации нарушены альпийскими разрывами и частично погребены с перекрывающими мезокайнозойскими отложениями под плоскостью Аккурского взброснадвига.

Рудосмещающую и рудопоисковую роль альпийских разрывных нарушений в границах Канимансурского рудного поля можно оценить на примерах Аккурского взброснадвига, Комсомольского, Поперечного и других разломов (рис. 1-3).

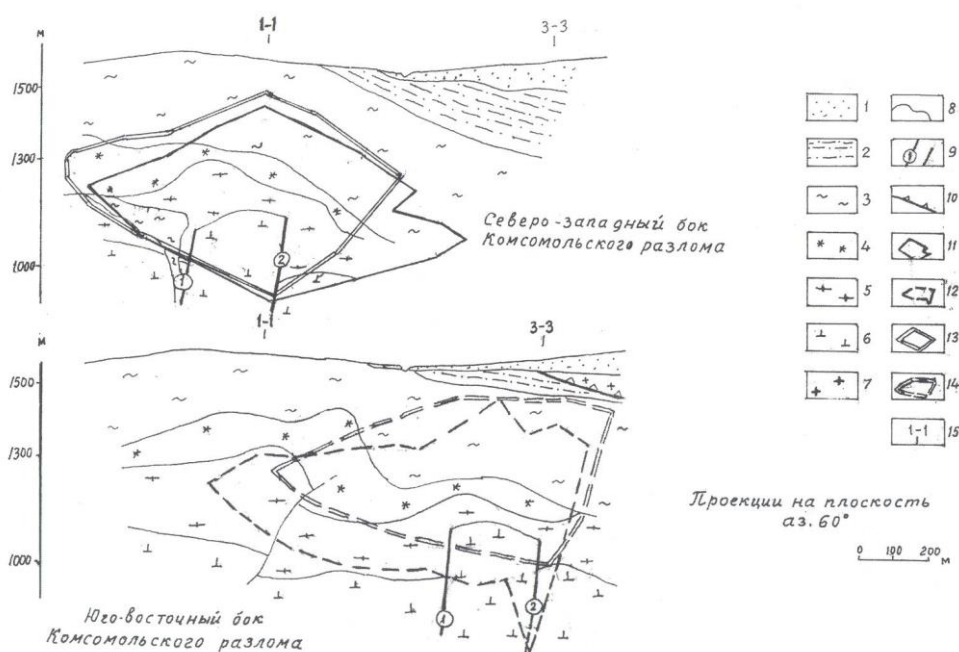


Рис. 3. Схематические вертикальные проекции северо-западного и юго-восточного боков Комсомольского разлома (Участок пересечения разломом рудного штокверка Б.Канимансура): 1 – красноцветные песчаники (K_2), 2 – саттарская осадочная толща (P_2-T_1), 3-5 – кислые эффузивы (P_1): 3 – тавакской, 4 – сферолитовой, 5 – тарыэканской толщ, 6 – дацитоандезиты кушайнакской толщи (C_3-P_1), 7 – гранодиориты (C_2), 8 – границы эффузивных толщ, 9 – синвулканические разрывы (1. Юго-Западный, 2. Северо-Восточный), 10 – Аккурский палеонадвиг, 11-14 – сопоставляемые контуры рудного штокверка: 11, 12 – в плоскости сместителя разлома, 13, 14 – в 100 м от разлома, 15 – линии геологических разрезов.

Аккурский взброснадвиг. Фронтальная пологая часть взброснадвига не является северной и северо-восточной границей Канимансурского рудного поля. На севере геологическая граница поля представлена на поверхности лишь небольшим северо-

западного простирания отрезком палеозойского Кармазарского разлома, сохранившимся в аллохтоне надвига к югу от свинцово-цинкового месторождения Чукур-Джилга. По разлому контактируют адрасманские риодациты (C_3-P_1) с тавакскими трахитами, трахидаци-тами (P_1)*. Поднадвиговая часть разлома находится примерно в створе Свинцового разло-ма на глубине 700 метров от дневной поверхности, где разделяет адрасманские и алмалы-сайские риодациты и, возможно, унаследована субэффузивными трахириолитами тавак-ской толщи. Секущий же взброснадвиг, согласно разведчикам уран-висмутового место-рождения Адрасман, отмечается здесь в адрасманских риодацитах висячего бока Карма-зарского разлома (см. рис. 2, разрез 1-1). К сожалению, поднадвиговая полоса тектониче-ского раздела Адрасманского и Канимансурского рудных полей осталась неразведанной. В юго-восточном направлении Кармазарский разлом можно параллелизовать с выделяе-мым геофизиками и геологами Кайраккумской экспедиции Аккурским разломом.

Вертикальная амплитуда Аккурского взброснадвига составляет не менее 600 м. Величина её соответствует разнице абсолютных высот между двумя морфоступенями предверхнемелового пенеппена, выделяемых на южном склоне Кураминского альпийско-го мегаподнятия: Джелтимесской и Тавакской [10]. Для площади Канимансурского рудно-го поля первая из них, северная морфоступень, характеризуется изогипсами 2200-2300м, вторая южная – 1600 м. На юго-восток от рудного поля, в сторону «материнского» Севе-ро-Ферганского надвига, вертикальная составляющая взброснадвига увеличивается до 700-800 м, а на северо-запад к Баштавакскому взбросу сокращается на 100-150 м в связи с обновлением нижнепермского Аксайского разлома и подвижками по Задорожному поло-гому разрыву.

Определение горизонтальной составляющей взброснадвига может быть сделано для северной части рудного поля с учётом выкручивания на глубину (угол пад. 60-70° СЗ) и подрезки им на абс. уровне 1000 м Свинцового разлома и Главной рудной зоны уран-висмутового месторождения Адрасман в районе горы Адрасманбаши (Шурупов, 1954; Сушков, 1955). Амплитуда наблюдаемого смещения аллохтонного блока пород порядка 1200-1300 м.

На северо-западе рудного поля природа Аккурского надвига несомненно тектони-ческая. Здесь, к западу от Адрасманского разлома, при отмечаемом первичном залегании эффузивов в аллохтонном блоке, давно известен факт подрезки надвигом свинцово-цинковых жил месторождения Чукур-Джилга на глубине до 250 м от поверхности (Ажги-рей, 1935; Некрасов, 1960). Продолжение надвига в сторону Кармазарская подтверждено многочисленными разведочными скважинами (Байков, Тимонов и др., 1987). Высказаны, однако, мнения об отсутствии вообще надвига (Данилевский, 1985; Амосов, 1986; Пота-пьев, 1990; Лобанов, 1991) или его части за Адрасманским разломом (Запромётов, 1988;

* Стратиграфическое положение и возраст верхнепалеозойских эффузивных и осадочных толщ Ад-расманской вулкано-тектонической депрессии приняты по [8, 9].

Корниенко, 1989). Первое мнение сугубо неправильное, так как нельзя принимать саттарские алевролиты и глины (P_2-T_1), способствующие надвиговому движению, за базальные слои адрасманской риодацитовый толщи (C_{2-3}) или за локальный горизонт экранирования для восходящих гидротермальных растворов в разрезе вулканитов Адрасман-Канимансурского рудного узла. Адрасманские риодациты не залегают на нижнепермских трахириолитах тавакской толщи, а саттарские алеврито-глинистые осадки постдайкивые и послерудные [7, 9].

Тектоническая природа надвига на Саттарском плато, где почва надвинутой эффузивно-гранодиоритовой массы участками субпараллельна полого залегающим слоям палеогеновых известняков, берется рядом геологов под сомнение (Марущенко, 1960; Шихин, 1979; Починок, 1987; Запромётов, 1988). Аллохтонная масса при этом рассматривается как гравитационный материал козырьковой части крутого Аккурского палеозойского взброса, подновлённого в постнеогеновое время между Адрасманским и Кошмуллинским разломами. Этому, однако, противоречат наблюдаемое задирание до запрокидывания пластов автохтонных известняков, отсутствие в «козырьке» структурной границы между гравитационной и тектонической частями, целостность в головке надвига даек северо-восточного простирания, малое (Адрасманский разлом) и нулевое (Кошмуллинский разлом) участие в альпийском тектогенезе; настораживает и ширина «обрушения» пород – 500 м. Еще более широкая такая полоса устанавливается для предневерхнемелового (постсаттарского) гранодиоритового аллохтона – не менее 1500-2000 м, считая от того же Аккурского взброса. На фронте надвига отдельные «экзоглыбы» палеозойских пород могут иметь оползневое происхождение.

Отсутствие структурных скважин и геофизических профилей в аллохтоне Аккурского надвига на Саттарском плато не позволяет однозначно решить вопрос о профиле погружения его плоскости к северо-востоку под гору Акджалак с предполагаемым переходом во взброс на абс. уровне 1000 м за Аккурским (Кармазарским) разломом. То есть представлять кармазарскую и саттарскую части надвига как единый северо-западного простирания взбросонадвиг с увеличивающимися к юго-востоку в сторону «материнского» Северо-Ферганского надвига амплитудными составляющими – вертикальной до 700-800 м и горизонтальной не менее 2000 м. Такое представление может быть подкреплено структурными скважинами.

Имеющиеся по Аккурскому надвику геолого-геофизические материалы характеризуют приповерхностные части его нижней постсаттарской (предверхнемеловой) и верхней послепалеогеновой (неоген-четвертичной) поверхностей скольжения с их пологими и некрутыми углами падения и местами (участок Чукур-Джилга, Саттарское плато) жёлобообразных в продольном сечении. Плоскость «палеонадвига» унаследовала холмистый рельеф дна Саттарской впадины с её физически-некомпетентными песчано-алевролитовыми осадками, а «неонадвиг» – благоприятный на разрыв слоистый разрез известняков и глин палеогена. О профиле выкручивания обеих надвиговых поверхностей

на глубину, как уже отмечалось, судить трудно. Несомненно одно: аллохтонный материал – местный, участвующий в строении периферии Адрасманской вулcano-тектонической депрессии и смежного с ней Долонинского гранитоидного массива. Ошибочна версия геофизиков Кайракумской экспедиции о субгоризонтальности надвига и его амплитуде в первые десятки километров с допускаемым перемещением аллохтонного материала из удалённой на 20-25 км Лашкерекской вулканической мульды (Балашов, Пучков, 1987). Движение аллохтонных масс происходило в юго-западном направлении. Свидетельством этого представляются унаследование взброснадвигом линии Кармазарского взброса, а также ориентировка небольших структурных выступов в головках нижней и верхней надвиговых поверхностей на Саттарском плато.

Полутора-двухкилометровая горизонтальная амплитуда Аккурского надвига и нахождение под его плоскостью северной части серебро-полиметаллического штокверка Большого Канимансура позволяет признать за ним, наряду с рудосмещающей, и значимую рудопоисковую («рудоконтролирующую») роль. Продолжение поиска таких поднадвиговых руд возможно не только на дальних флангах рудного поля, но и вдоль всего несущего гидротермальную минерализацию краевого прогиба Адрасманской депрессии. Постановка структурно-поискового бурения на поднадвиговые руды возможна в нижнепермских эффузивах Акпетской (дополнительно), Долоньсайской и Курбантауской мульды в створах Тарыэканского, Кошмуллинского, Бирюзового разломов и Джеркамарского дайкового пояса.

Комсомольский разлом. Обобщающая характеристика разлома дается по материалам Кайракумской КГЭ (Байков, Вашкарин, Тимонов, 1987; Балашов и др., 1987), сотрудников ЦНИГРИ (Амосов, 1982; Лобанов, 1988), отчасти согласно [7]. Считается, что разлом представляет собой северо-восточное продолжение Канимансурского разлома и, как левый взбросодвиг, смещает не только толщи верхнепалеозойских эффузивов и послевулканические дайки Бурочарского пояса, но и последайковый серебро-полиметаллический штокверк Большого Канимансура с перекрывающей его пострудной саттарской осадочной толщей. Видно, однако, резкое различие во взглядах рудничных геологов-геофизиков и научных сотрудников на историю развития разлома-сдвига.

Комсомольский разлом пересекает поперёк Канимансурскую мульду карбон-пермских эффузивов с её центральным куполом кушайнакских дацитоандезитов (см. рис. 1-3). Канальная часть купола представлена дайкообразным (400x100-750м) телом северо-западного простирания. Им маркируется Осевой разлом, прослеживаемый во всех мульдах краевого прогиба Адрасманской депрессии по субэффузивным фациям пород местных вулканогенных толщ. Смещённые части канала излияния дацитоандезитов в Канимансурской мульде – это наиболее достоверные индикаторы крупного сдвига по Комсомольскому разлому. Менее представительны определения масштаба сдвигового смещения по полого залегающим эффузивам тарыэканской и сферолитовой толщ или условным границам пересекаемого Бурачарского пояса риолит-диабазовых даек. По размаху и

направлению сдвига в плоскости сместителя Комсомольский разлом относится к поздней нижнепермской группе северо-восточных левых сдвигов Центрального Карамазара. Разлом косо сечёт и смещает широтный рудовмещающий Канимансурский разлом Е.Г.Краснова (1966) – малоамплитудный разрыв, проявленный между Тарыэканским и Кошмуллинским левыми сдвигами крупного (1000-2000 м) масштаба. Восточная часть этого разрыва представлена Главной рудной зоной месторождения Восточный Канимансур. Юго-западным продолжением Комсомольского разлома на правом борту Карамазарская следует считать Кызылалмалысайский левый сдвиг.

Авторские рисунки 1-3 иллюстрируют пространственное положение смещённых частей Осевого вулканического разлома (канала излияния дацитоандезитов) и рудного штокверка Большого Канимансура в северо-западном и юго-восточном боках Комсомольского разлома. Видно, что в обоих боках сместителя «гребень» эффузивного купола (по Р.А.Амосову, разрушенный дайкообразный обелиск высотой 50-150 м с осыпными агломератами по бокам) имеет мощность порядка 300 м и ограничен от вмещающих пород синвулканическими разрывами. Смещение лавового обелиска происходило, судя по его кровле, на одном и том же высотном уровне (~1150 м), что указывает на чистый сдвиг в плане до 800 м. В сопоставляемых створах над лавовым «гребнем» отмечается конформность залегания эффузивов тарыэканской и сферолитовой толщ.

Нарушение единства рудного штокверка Большого Канимансура геологи Кайракумской Экспедиции связывают со взбрососдвигом, имевшем место в плоскости Комсомольского разлома в послерудное время (Байков, Вашкарин, Тимонов, 1987). По их данным обе части штокверка разобщены в плане на 780 м и на 180 м по высоте. Геофизики этой же экспедиции сокращают величину сдвига до 200 м (Балашов и др., 1987). Особый взгляд у сотрудников ЦНИГРИ (Амосов, Лобанов, 1982, 1986), которыми сдвиг вообще отрицается и следовательно юго-восточная часть штокверка ими рассматривается в качестве самостоятельной дорудной блоковой структуры. Взброс же юго-восточной части штокверка, определённый по смещению почвы саттарской осадочной толщи, признан всеми оппонентами. Со своей стороны один из авторов статьи дополнительно проанализировал геологическую ситуацию на участке пересечения Комсомольским разломом рудного штокверка.

Сопоставление поперечных сечений рудного штокверка в обоих боках Комсомольского разлома вроде бы, на первый взгляд, подтверждает представление геологов-разведчиков о крупном левом послерудном сдвиге в плоскости разлома (см. рис. 3). Но сходство рудных сечений весьма грубое, особенно для промышленных руд, контактирующих непосредственно в плоскости сместителя. Так, например, неровный контур таких руд в юго-восточном боку сместителя своей нижней части усложнён еще клином окисленных богатых руд, опускающимся на большую глубину. Отмечаемые несоответствия рудных контуров можно объяснить, конечно, развитием на месторождении разновозрастных зон окисления и вторичным перераспределением серебра трещинного и площадного

типов. Согласно Р.А.Амосову (1986), Комсомольский разлом был в верхнепермское, предверхнемеловое и четвертичное время благоприятным объектом инфильтрации трещинных вадозных вод. Отчасти разница в контурах сечений является следствием условности оконтуривания руд по разведочным скважинам. Не исключено также, что глубоко залегающие богатые руды клина окисления можно рассматривать в качестве индикатора пути восхождения гидротермальных растворов на участке пересечения Комсомольским разломом рудоконтролирующего Осевого вулканического разлома.

Сопоставляемые поперечные сечения рудного штокверка равны по своей длине (~1000 м); их одноуровневое по абс. высоте положение подчёркивает «чистоту» сдвига в горизонтальной плоскости. Однако для штокверка фиксируется амплитуда сдвижения порядка 400-600 м, вместо устанавливаемой для обелиска кушайнакских дацитоандезитов 800-метровой, что противоречит представлению рудничных геологов о сдвиге как одноактном, только пострудном, явлении. Для канальных дацитоандезитов более вероятен дорудный сдвиг, подобный крупным нижнепермским левым сдвигам Кармазара – в плоскости его локализовано серебряное месторождение Западный Канимансур (древний Канимансур). Послерудное же время смещения частей штокверка не очевидно. Обращает на себя внимание различие длины и формы флангов сопоставляемых рудных сечений, в положении кровли штокверка относительно почвы саттарской осадочной толщи и общей структурной обстановке боков Комсомольского разлома: отсутствие в его юго-восточном боку субмеридиональных рудовмещающих разрывов, характерных для северо-западного бока (Зона Меридиональная и др.). Всё это, вслед за Р.А.Амосовым (1986), склоняет к мнению, что Комсомольским разломом разобщены два самостоятельных по своей внутренней структуре блока – составляющих дорудной мегаструктуры рудного штокверка месторождения Б.Канимансур. От себя добавим, что юго-восточную часть штокверка, в свою очередь, можно разделять на два дорудных блока южной ветвью Комсомольского разлома, определяемой рудничными геологами только как взброс (100-160 м), хотя с ним связаны ясно выраженная ступенчатая в плане конфигурация рудных контуров и возможное продолжение в аллохтоне Аккурского надвига (см. рис. 1, 2).

Всё вышесказанное не позволяет поддержать представление разведчиков месторождения Большой Канимансур (Байков и др., 1987) об имевшем место в плоскости Комсомольского разлома только послерудного сдвига. Основная фаза крупного сдвигового движения по разлому нижнепермская, дорудная. Масштаб последующих пострудных триас-юрских сдвиговых подвижек однозначно не определён. Этот вопрос остаётся пока открытым. Разобщённые Комсомольским разломом блоки рудного штокверка можно рассматривать и как дорудные структуры, образованные на участке пересечения сдвигом рудоконтролирующего Осевого вулканического разлома.

Между Комсомольским разломом и Аккурским взбросонадвигом обнаруживается структурно-динамическая связь. В предверхнемеловое («постсаттарское») время левый сдвиг по разлому, фиксируемый по несбойке разрезов саттарской осадочной толщи, со-

ставлял динамопару с нижней надвиговой составляющей взброснадвига. Подтверждением этого служат: изгиб фронта надвига со структурным «носом» юго-западной направленности в северном боку разлома, нахождение в створе разлома наиболее крупной тектопластины гранодиоритов в плоскости палеонадвига, блокировка разлома по восстанию палеонадвигом. Система «сдвиг-надвиг» перекрыта с размывом песчаниками верхнего мела. Время проявления системы соответствует триас-юрской стадии формирования мезозойской платформы Среднего Тянь-Шаня [13]. Это основное время коллизии Индостана и Евразии, когда в условиях субмеридионального сжатия происходили значительные взбрососдвиговые и надвиговые движения блоков пород с образованием приразломных впадин. На примере Саттарской впадины для начальной стадии формирования мезозойской платформы нами принято верхнепермское время [7].

В мел-палеогеновых отложениях выше блокирующего палеонадвига Комсомольский разлом представлен двумя субпараллельными малоамплитудными тектоническими швами крутого залегания. Межшовное пространство их занято фронтальным выступом неоген-четвертичного надвига. В гранодиоритовом аллохтоне оба шва, сливаясь, маркируют материнский разлом, прослеживаемый к северо-востоку за гору Акджалак, и могут быть отнесены к разрывам новейшего (четвертичного) времени как секущие Аккурский взброснадвиг.

Прочие пострудные разрывные нарушения. Альпийское обновление разломов автохтонного блока Аккурского взброснадвига наиболее выражено у нижнепермских разломов северо-восточного направления: Аксайского Адрасманского и Поперечного. Аксайский разлом взаимосвязан с взброснадвигом: масштаб его взбросовой составляющей увеличивается от 40-60 до 100-120 м по мере приближения к надвиговой плоскости. По двум сместителям Адрасманского разлома произошли подвижки типа левого сдвига небольшой амплитуды (первые десятки метров) со смещением пород саттарской осадочной толщи. Поперечный разлом, разделяющий Главную рудную зону Восточного Канимансура на западную и восточную части, представляется правым взбрососдвигом (Шарифбаев, 2001). Смещение по нему мощной флюоритовой жилы с медно-висмутовой минерализацией в плане равно 50-60 м, западный бок её опущен на 20-25 м. Сама Главная рудная зона испытала при этом незначительные продольные подвижки преимущественно по южному висячему боку. Для субмеридионального Подгорного разрыва установлено взбросовое перемещение (50-60 м) восточных частей фельзориолитовых даек Бурочарского пояса. Непосредственно в контуре рудного штокверка Большого Канимансура отмечается большое количество разноплановых небольших разрывов и швов с амплитудами сдвижения жильно-рудного материала 1-2 м, реже до 5-10 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наследов Б.Н. Карамазар. – Тр. Таджикско-Памирской экспедиции, 1935, вып. XIX, 401с.
2. Ажгирей Г.Д. – Сб.: Рудные месторождения Карамазара. М.-Л.: ОНТИ, 1935, с. 82-107.
3. Марущенко А.А. – ДАН Тадж. ССР, 1960, т. XII, №7.

4. Лукин Л.И., Жаркова О.В. – Сб.: Особенности структур гидротермальных рудных месторождений в различных структурных этажах и ярусах. М.: Наука, 1968, с. 91-108.
5. Сафонов Ю.Г., Лукин Л.И. – Сб.: Особенности структур гидротермальных рудных месторождений в различных структурных этажах и ярусах. - М.: Наука, 1968, с. 108-127.
6. Рудные поля Карамазара. – Душанбе: Ирфон, 1972, т. II.
7. Колчин А.Н., Файзиев А.Р. – Сб.: Труды Института геологии. Новая серия. Выпуск 3. Душанбе, 2004, с. 119-130.
8. Колчин А.Н. – Сб.: Труды Института геологии. Новая серия. Выпуск 3. Душанбе, 2004, с. 63-73.
9. Колчин А.Н., Файзиев А.Р. – Сб.: Труды Института геологии. Новая серия. Выпуск 4. Душанбе, 2005, с. 22-35.
10. Колчин А.Н. – Сб.: Труды Института геологии. Новая серия. Выпуск 7. Душанбе, 2008, с. 68-76.
11. Злобина Т.М. – Геология рудн. месторождений, 1989, №6, с. 83-94.
12. Файзиев А.Р. – Сб.: Труды Института геологии. Новая серия. Выпуск 6. Душанбе, 2007, с. 141-164.
13. Лучников В.С. – Сб.: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Республики Таджикистан, 2001, с. 97-104.

А.Н.КОЛЧИН, А.Р.ФАЙЗИЕВ

ДАР БОРАИ МАСНУОТҲОИ АСОСИИ СОҲТОРИ МЕЗОКАЙНОЗОИИ МАЙДОНИ МАЪДАНИИ КОНИМАНСУР

*Институти геология, сохтмони ба заминҷунбӣ тобовар ва сейсмологияи
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Сухан дар бораи чокҳои асосии алпӣ, яъне баъди маъдании майдони маъдании Конимансур, ки дар пастхамии вулкони-тектоникии Адрасмони синну солаш перми поёнбуда ҷойгир аст, меравад.

Калимаҳои калидӣ: чок – майдони маъданӣ – вайронаҳои алпӣ – мулда – штокверк.

A.N.KOLCHIN, A.R.FAYZIEV

THE MAIN ELEMENTS OF THE MESOZOIC AND CENOZOIC STRUCTURE KANIMANSUR ORE FIELD

*Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

Describes the main Alpine (post-ore) faults Kanimansur ore field, located in the Lower Permian Adrasman volcano-tectonic depression.

Key words: fault – ore field – alpine violations – mold – stockwork.

УДК 632.472.535.52

Х.С.КАРИМОВ, М.Ф.ХАН*, М.ХАН*, М.САРВАР*, М.А.КАЙСЕР*, М.З.ХАССАН*,
С.ХАФИЗ*, З.К.КАБУТОВ

МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Физико-технический институт им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан,
*Институт прикладных наук и технологии, Топи, Сваби, КПК Пакистан
Поступила в редакцию 26.08.2013 г.*

В работе описаны результаты мониторинга параметров фотоэлектрического модуля и окружающей среды. А именно проводились измерения тока, напряжения, интенсивности солнечного излучения, температуры окружающей среды и скорости ветра. Приведены результаты исследований как в Пакистане (г. Топи), так и в Таджикистане (г. Душанбе).

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль – мониторинг фотоэлектрического модуля – электрический ток – электрическое напряжение – электрическая мощность – температура окружающей среды – интенсивность солнечного излучения – скорость ветра.

При использовании фотоэлектрических модулей в естественных условиях их параметры существенно отличаются от параметров, полученных в стандартных лабораторных или заводских условиях [1-3]. Вследствие этого необходимо использовать оптимальное количество модулей в естественных условиях, то есть провести мониторинг их электрических параметров, а также параметров окружающей среды, прежде чем устанавливать в каком-либо месте большое количество модулей [4-6].

В настоящее время, как правило, используют компьютеризованные устройства для мониторинга. При этом модуль и компьютер могут быть соединены как проводной связью, так и беспроводной, то есть радиосвязью, что является более удобным, а иногда сравнительно дешёвым на практике.

В данной работе приведены результаты исследования в естественных условиях беспроводного устройства для мониторинга параметров фотоэлектрического модуля и

Адрес для корреспонденции: Кабутов Зохиридзо Курбончинович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1, Физико-технический институт АН РТ. E-mail: rcre@mail.ru

окружающей среды, разработанного в Пакистане и использованного для этих же целей в Таджикистане, где экспериментальные данные были получены непосредственно в месте расположения фотоэлектрического модуля [7].

На рис. 1 приведена упрощённая блок-схема устройства для мониторинга, использованная в Пакистане. Около модуля были установлены датчики для измерения интенсивности солнечного излучения, температуры окружающей среды и скорости ветра, а к модулю были подключены датчики для измерения электрического тока и напряжения. В Пакистане данные с выхода датчиков передавались приёмнику, связанному с компьютером, с помощью передатчика, работающего на частоте 2.5 ГГц. В Таджикистане на выходе приборов информация регистрировалась на месте установки модуля.

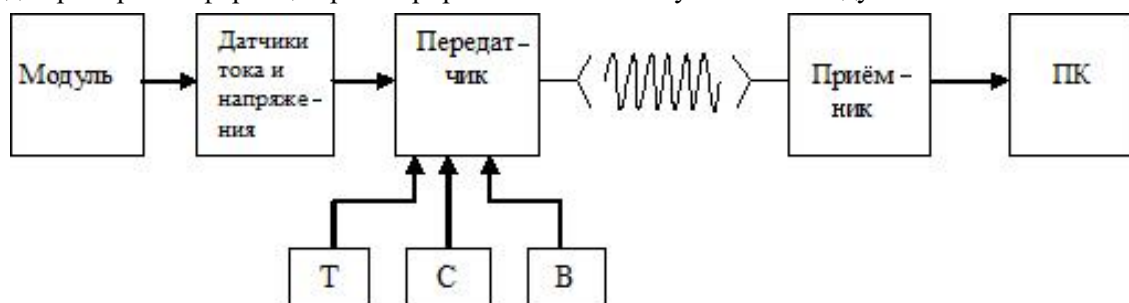


Рис.1. Блок-схема беспроводного устройства для мониторинга, где: Т - датчик температуры, С - датчик солнечного излучения, В - датчик скорости ветра.

В передатчике расположен микропроцессор 18f452 с аналогово-цифровым преобразователем. Данные приёмника обрабатываются микропроцессором специальной программой.

В качестве датчика температуры использовалась микросхема LM35, которая преобразовала температуру в напряжение. Чувствительность датчика была равна $10\text{мВ}/^\circ\text{C}$. Данный датчик является сравнительно дешёвым и обладает высокой линейностью.

В качестве датчика интенсивности солнечного излучения (G) использовали фоторезистор, сопротивление ($R_{\text{си}}$) которого зависит от G следующим образом:

$$R_{\text{си}} = 500/G \text{ (лк), к}\Omega. \quad (1)$$

Фоторезистор подключался к источнику напряжения (SB) через сопротивление $3.3 \text{ к}\Omega$.

В качестве датчика тока использовалось сопротивление, последовательно соединенное с нагрузкой модуля. Напряжение на вышеуказанном сопротивлении усиливалось операционным усилителем.

Так как напряжение на выходе модуля высокое (20 В) по сравнению с напряжением, необходимым на входе аналого-цифрового преобразователя (5 В), датчик напряжения содержал делитель напряжения.

Мощность (P) определялась как произведение тока и напряжения. В качестве датчика скорости ветра использовался микровентилятор, который был откалиброван в аэродинамической трубе.

Для беспроводной связи между модулем и компьютером использовался приёмопередатчик (X-bee). Связь осуществлялась в диапазоне частот, предназначенных для промышленных, научных и медицинских целей. На приёмной стороне данные передавались в компьютер с помощью микросхемы MAX232 со скоростью 9600 бит/сек. Микропроцессор 18f452 был запрограммирован для использования в устройстве для мониторинга.

Программа LabVIEW, как известно, широко используется для измерительных систем в промышленности и в научных учреждениях.

На рис. 2 и 3 приведены зависимости параметров модуля (напряжения, тока и мощности) от времени и параметров окружающей среды (интенсивности солнечного излучения, температуры окружающей среды и скорости ветра) от времени.

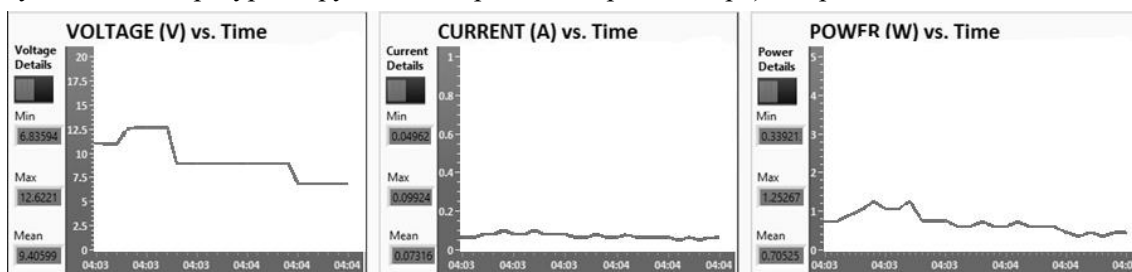


Рис.2. Зависимость параметров модуля (напряжения, тока и мощности) от времени.

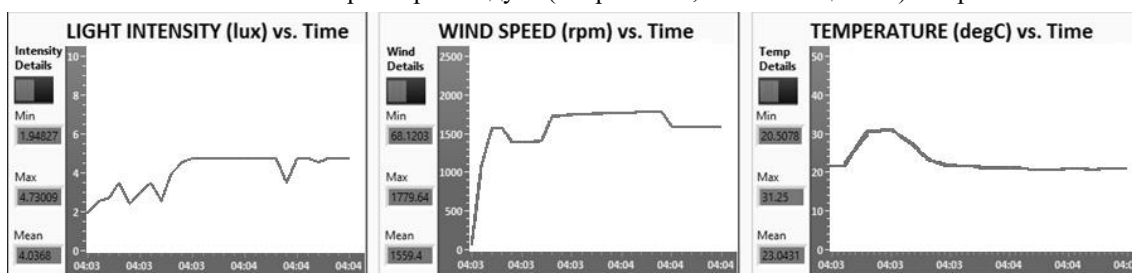


Рис.3. Зависимость параметров окружающей среды (интенсивности солнечного излучения, температуры и скорости ветра) от времени.

Устройство для проведения мониторинга параметров фотоэлектрического модуля и окружающей среды является сравнительно дешёвым и с достаточно низкой погрешностью.

В Таджикистане были также исследованы параметры фотоэлектрического модуля и окружающей среды. Полученные данные приведены на рис. 4 и 5.

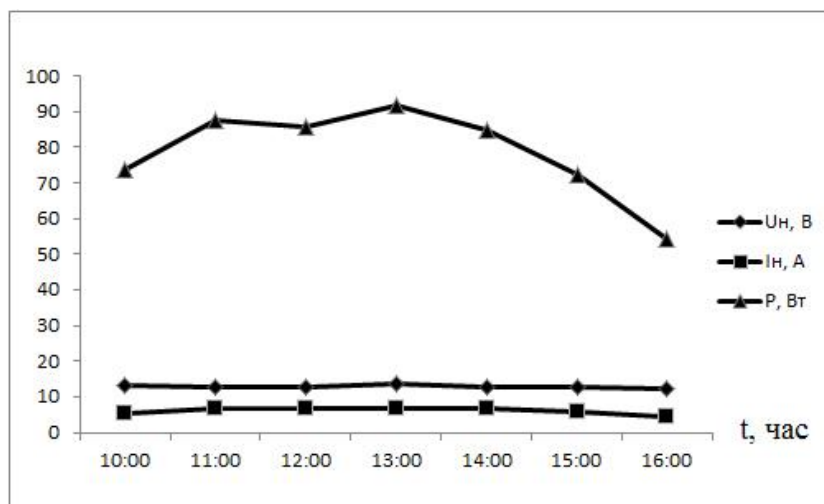


Рис.4. Зависимость параметров модуля (напряжения, тока и мощности) от времени (лето 2012 г.).

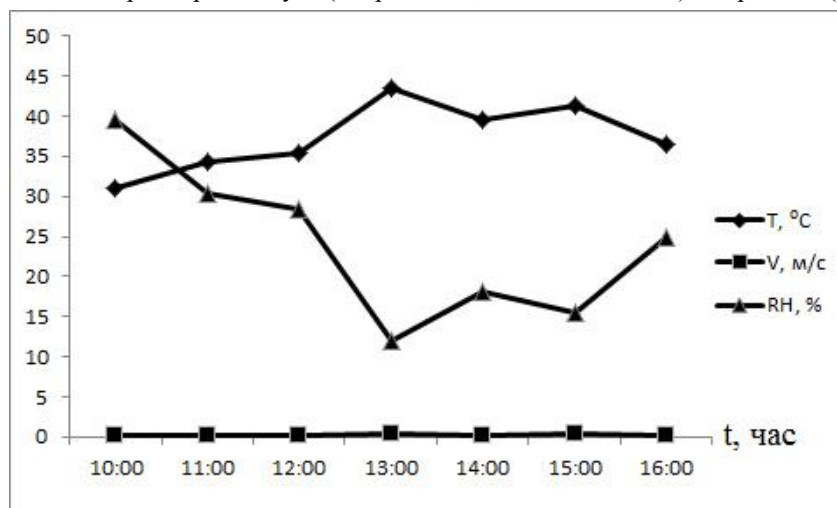


Рис.5. Зависимость параметров окружающей среды (интенсивности солнечного излучения, температуры, влажности и скорости ветра) от времени (лето 2012 г.).

Таким образом, проведен мониторинг электрических параметров фотоэлектрических модулей и параметров окружающей среды устройствами, использованными как в Пакистане, так и в Таджикистане. Устройство для беспроводного мониторинга является весьма удобным для экспериментатора и обладает высокой производительностью. Мониторинг параметров, производимый непосредственно в месте расположения фотоэлектрического модуля, является сравнительно дешёвым, но вместе с тем весьма трудоёмким для исследователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar K., Sharma S.D., Jain L. – “Stand alone PV module testing facility for UAE climate”, CSEM-UAE Innovation Centre LLC Ras Al Khaimah, United Arab Emirates, 2011, pp.1-7.

2. Sharko G., Hodri N. – “Photovoltaic module V-I and P-V characterization through instrumentation control tool kit of MATLAB”. – Science and technology innovations, Perspectives of innovations Economics and Business, v.9, №3, 2011, pp.78-85.
3. Markvart T. – “Solar Electricity”, New York: Jhon Wiley & Sons, 2000, p.212.
4. Virtuani A., M’ullejans H., Dunlop E. – Prog. Photovoltaic: Res. Appl., 2011, v.19, pp.11-20,.
5. Ali M., Mahmood K., Karimov Kh.S. – Proceedings of the International symposium, Khujand, Tajikistan, May 17-19, 2012, pp.262-276.
6. Adamo F., Attivissimo F., Spadavecchia M. – IEEE Transaction on instrumentation and measurements, May 2011, pp.104-109.
7. Sarwar M., Qaiser M.A., Hassan M.Z., Hafeez S. – Wireless real time environmental monitoring of photo-voltaic systems, Svabi, CPC, Pakistan, april 2013.

**Ҳ.С.КАРИМОВ, М.Ф.ХАН*, М.ХАН*, М.САРВАР*, М.А.КАЙСЕР*,
М.З.ҲАССАН*, С.ҲАФИЗ*, З.К.КАБУТОВ**

МОНИТОРИНГИ ПАРАМЕТРҲОИ МОДУЛИ ФОТОЭЛЕКТРИКИ ВА МУҲИТ

*Институтуи физикаю техникаи ба номи С.У.Умарови
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,*

**Институтуи илм ва технологияи амалӣ, Топи, Сваби, КПК Покистни*

Дар мақола натиҷаҳои мониторинги (ташҳиси) параметрҳои модули фото-электрикӣ ва параметрҳои муҳит таҳлил карда шудаанд. Мониторинги алоқаи бисими модул ва компютер, дар Покистон (ш. Топи) ва ҷанкунии бевосита дар маҳали ҷойгиршавии модул, дар Тоҷикистон (ш. Душанбе), амалӣ карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: модули фотоэлектрикӣ – мониторинги модули фотоэлектрикӣ – ҷараёни электрикӣ – шиддати электрикӣ – тавонони электрикӣ – ҳарорати муҳити атроф – интенсивнокии шуъои офтоб – суръати бод.

KH.S.KARIMOV, M.FAISAL KHAN*, MAHMOOD KHAN*, MAHMOOD SARWAR*,
M.ADNAN QAISER*, M.ZOHAIB HASSAN*, SALMAN HAFEEZ*, Z.Q.KABUTOV

MONITORING OF PHOTO-VOLTAIC MODULE PROPERTIES AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS

*S.U.Umarov Physical–Technical Institute, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
Institute of Engineering Sciences and Technology, Topi, Svabi, CPC Pakistan

It is described a monitoring of photo-voltaic module properties and environmental parameters. The wireless computerized monitoring was realized in Pakistan (Topi city). In Tajikistan (Dushanbe city) the data were obtained in the spot.

Key words: the photo-electric module – monitoring of the photo-electric module – an electric current – electric pressure – electric capacity – air temperature – intensity of sunlight – speed of a wind.

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«СТИХИЙНЫЕ БЕДСТВИЯ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ»**

г.Чолпон-Ата, Кыргызская Республика (КР), 16-18 сентября 2013 г.

Международная конференция «Стихийные бедствия в горных районах», организованная «Программой развития ООН по управлению риском стихийных бедствий», Чешским попечительским фондом, Фондом «Адиген», Шведской инкорпораций «Гелветас», «Норвежской лесоводческой группой», Парламентом КР, проходила 16-18 сентября в г. Чолпон-Ата КР.

На конференции обсуждались актуальные проблемы, связанные с природными катастрофами в горных районах и обусловленные изменениями климата, прорывами высокогорных озёр, землетрясениями, селевыми потоками, оползнями, обвалами, паводками, подтоплениями территорий. Цель конференции – обмен опытом, налаживание международного сотрудничества и взаимодействия в деле снижения риска стихийных бедствий и уменьшение ущерба от опасных природных явлений. Работа конференции началась с официального открытия, на котором от имени Правительства КР были переданы тёплое приветствие и пожелания успешной работы участникам конференции. В приветственных речах отмечалась чрезвычайная важность вопросов охраны и рационального использования окружающей среды, которые особенно обострились в связи с глобальными климатическими изменениями. В качестве примеров приводилось сокращение числа ледников и снижение ледниковой массы за последние 50 лет: на 30% на территории КР, на 25-30% в РТ, на 50% в Афганистане. В этой связи в КР недавно был принят Закон по охране ледников. Подчёркивалась необходимость улучшения качества природных вод – сегодня почти 2 млрд. населения Земли испытывают острый недостаток воды, причём этот разрыв увеличивается в связи с ростом народонаселения и другими факторами, почти 20% всех заболеваний вызвано низким качеством вод. Уже сегодня последствия глобального потепления отрицательно отражаются на водных ресурсах, сельском хозяйстве, социальном положении людей, росте числа чрезвычайных ситуаций. В странах Центральной Азии такая отрицательная тенденция напрямую влияет на государственные бюджеты стран, вынуждая их делать значительные отчисления на снижение физического и экономического риска.

Работа конференция проходила в пяти секциях: Изменения климата и вода в горах, Природные катастрофы в горных районах, Изменения климата, климатические риски: исследование, управление, адаптация, Международное сотрудничество. Рассматривались системы мониторинга водных ресурсов, методы прогноза природных водных потоков, мероприятия по лесонасаждению, направленные против деградации земель, эффективность применения капельного орошения в сельском хозяйстве, гендерные аспекты природных катастроф, оценки опасности прорывных озёр, методы оценок оползневой, лавинной и селевой опасности, влияние климатических изменений на экологическую обстановку в Центральной Азии, методы определения баланса ледниковых масс, техногенные факторы в устойчивости окружающей среды.

На конференции особо подчёркивалась ответственная роль науки в решении экологических проблем – через изучение природных объектов и явлений, развитие методов исследований и накопление опыта, укрепление научно-технической базы научно-исследовательских институтов, обмен накопленным опытом. Было отмечено, что страны Азии и, в частности, Центральной Азии относятся к самым уязвимым странам, подверженным риску опасных природных явлений. Опасные природные явления «не знают границ», поэтому уже сегодня карты природных рисков должны составляться не только по административным территориям соседних стран, но и по природным зональным территориям и поэтому крайне важно укреплять международное сотрудничество, особенно на региональном уровне – между всеми соседями Центральной Азии.

Ф.Х.Каримов – доктор физ.-мат. наук.

Редакция и корректура – Н.Г.Сапожников

Сдано в набор 28.10.2013 г. Подписано в печать 11.11.2013 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.*
