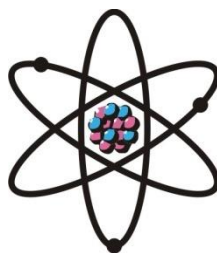


ОТДЕЛЕНИЕ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал основан
в январе 1952 г.



№ 4 (165)
2016 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

С.О.Одинаев – главный редактор, академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Кохирова Г.И.** – зам.главного редактора, доктор физико-математических наук; **Н.Г.Сапожников** – ответственный секретарь; **Х.М.Ахмедов** – академик, доктор химических наук; **П.Б.Бабаджанов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **И.Н.Ганиев** – академик, доктор химических наук, профессор; **М.И.Илолов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Р.М.Марупов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **У.М.Мирсаидов** – академик, доктор химических наук, профессор; **Х.Х.Муминов** – член-корреспондент, доктор физико-математических наук, профессор; **С.Х.Негматуллаев** – академик, доктор технических наук; **Н.Р.Раджабов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Ф.Рахими** – 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

Д.С.Сафаров, М.З.Замонов. О многообразии решений уравнения обобщённых аналитических функции с отклоняющимся аргументом 7

О.А.Джурахонов. Некоторые экстремальные задачи приближения функций двух переменных суммами Фурье-Эрмита в пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ 15

С.К.Зарипов. Об одном классе немодельных интегро-дифференциальных уравнений первого порядка с одной сингулярной точкой в ядре..... 26

ФИЗИКА

Т.Х.Салихов, А.Махмалатиф, Ю.П.Ходжаев. Особенности возбуждения второй гармоники нелинейного фотоакустического отклика в оптически неоднородных двухслойных образцах 38

Ш.Туйчиев, Д.Рашидов, У.Шоимов, Л.Туйчиев, Ш.Акназарова. Надмолекулярные перестройки в эластомерах при внешних воздействиях 50

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

И.Каландарбеков, Д.Н.Низомов, И.И.Каландарбеков. Сравнительный анализ различных типов сейсмоизоляции в многоэтажных зданиях..... 58

ТЕХНИКА

Х.С.Каримов, Хина Гохар, Х.М.Ахмедов, Аднан Нур, М.Файсал Хан. Разработка и испытание безындуктивного контроллера заряда в системе солнечной фотоэлектрической установки..... 65

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Ф.А.Назаров, А.С.Курбонов, Ш.Б.Назаров, Ж.А.Мисратов, Г.У.Бахридинова. Сравнительная оценка разложения боросиликатных руд кислотами и щёлочью 71

О.А.Азизкулова, А.Ш.Эгамбердиев, М.И.Абдулхаева. Исследование процессов комплексообразования молибдена (v) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К..... 76

СЕЙСМОЛОГИЯ

С.Х.Негматуллаев, Р.У.Джураев, Т.Р.Улубиева. Проявление сильных землетрясений на территории Таджикистана в 2015 году..... 84

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

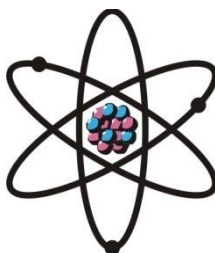
Геннадий Хатамович Салибаев (к 80-летию со дня рождения)..... 95

Указатель статей, опубликованных в 2012-2016 гг. 98

Авторский указатель за 2012-2016 гг. 123

ШҮЪБАИ
ИЛМҲОИ ФИЗИКАЮ МАТЕМАТИКА,
ХИМИЯ, ГЕОЛОГИЯ ВА ТЕХНИКА

Маҷалла аз моҳи
январӣ соли 1952
нашр мешавад



№ 4 (165)
с. 2016

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

С.О.Одинаев – сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор;
Кохирова Г.И. – муовини сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор;
Н.Г.Сапожников – котиби масъул; **Ҳ.М.Ахмедов** – академик, доктори илми химия;
Р.Б.Бобочонов – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор;
И.Н.Ғаниев – академик, доктори илми химия, профессор; **М.И.Илолов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Р.М.Маърупов** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Ҷ.М.Мирсаидов** – академик, доктори илми химия, профессор;
Ҳ.Ҳ.Муминов – узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор;
С.Х.Неъматуллоев – академик, доктори илмҳои техника; **Ф.Раҳимӣ** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **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

- Д.С.Сафаров, М.З.Замонов.** Дар бораи ҳалли умумии муодилаи функсияҳои умумишудаи аналитикии аргументашон тамоюлёрфта 7
- О.А.Ҷӯраҳонов.** Баъзе масъалаҳои экстремалии наздиккунии функсияҳои ду тағйирёбанда бо суммаи Фуре-Эрмит дар фазои $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ 15
- С.К.Зарипов.** Дар бораи як синфи муодилаҳои интегро-дифференсиалии ғайримоделии тартиби якум бо як нуқтаи сингулярӣ дар ядрояш 26

ФИЗИКА

- Т.Ҳ.Солиҳов, А.Маҳмалатиф, Ю.П.Хочаев.** Хусусиятҳои ангезиши гармоникаи дуоми сигнали ғайрихатии фотоакустики намунаҳои ғайрирякчинсаи оптикӣ 38

Ш.Туйчиев, Д.Рашидов, У.Шоимов, Л.Туйчиев, Ш.Акназарова. Табодули сохтори боломолекули дар эластомерҳо зери таъсири беруни **50**

МЕХАНИКАИ БИНОКОРӢ

И.Қаландарбеков, Ҷ.Н.Низомов, И.И.Қаландарбеков. Таҳлили муқоисавии хархел хифзқунандаҳои биноҳои бисёршӯна **58**

ТЕХНИКА

Х.С.Каримов, Хина Гохар, Ҳ.М.Ахмедов, Аднан Нур, М.Файсал Хан. Коркард ва озмоиши контроллери беиндуктивии заряд барои системаи дастгоҳи офтобии фотоэлектрикӣ **65**

ХИМИЯИ ҒАЙРИОРГАНИКӢ

Ф.А.Назаров, А.С.Қурбонов, Ш.Б.Назаров, Ж.А.Мисратов, Г.У.Бахридинова. Баҳои таҷзияи муқоисавии маъданҳои боросиликатдор бо кислотаҳо ва ишқорҳо **71**

О.А.Азизқуллова, А.Ш.Эгамбердиев, М.И.Абдулҳаева. Комплекси силкунии молибден (V) бо 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тион дар муҳити 6.5 мол/л HCl дар 308 K **76**

СЕЙСМОЛОГИЯ

С.Х.Негматуллоев, Р.У.Ҷӯраев, Т.Р.Улубиева. Зоҳиршавии заминҷунбҳои саҳт ва ҳисшаванда дар қаламрави Тоҷикистон дар соли 2015 **84**

ӢДБУДИ ОЛИМ

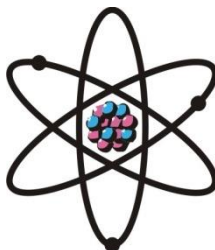
Геннадий Хатамович Салибаев **95**

Фехристи мақолаҳои нашршуда дар солҳои 2012-2016 **98**

Фехристи муаллифон дар солҳои 2012-2016 **123**

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

The journal was established
in January 1952



№ 4 (165)
2016

EDITORIAL BOARD

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

CONTENTS

MATHEMATICS

- D.S.Safarov, M.Z.Zamonov.** On the manifold of solutions of the equations of generalized analytic functions with deviating argument **7**
- O.A.Jurakhonov.** Some extremum problems of approach of functions of two variables the sums Fourier-Ermita in space $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ **15**
- S.K.Zaripov.** About one class first order non model integro-differential equation with one singular point in the kernel..... **26**

PHYSICS

- T.Kh.Salikhov, A.Mahmalatif, Yu.P.Khodjaev.** Features of excitation of the second harmonic of nonlinear photoacoustic response in optically inhomogeneous two-layer samples..... **38**

Sh.Tuichiev, D.Rashidov, U.Shoimov, L.Tuichiev, Sh.Aknazarova. The supramolecular rearrangements in elastomers under external influence **50**

STRUCTURAL MECHANICS

I.Kalandarbekov, J.N.Nizomov, I.I.Kalandarbekov. Comparative analysis of different types seismic multi-storey buildings **58**

TECHNICS

Kh.S.Karimov, Hina Gokhar, Kh.M.Akhmedov, Adnan Noor, M.Faisal Khan. Development and testing of non-inductive charge controller in the system of solar photovoltaic installation **65**

INORGANIC CHEMISTRY

F.A.Nazarov, A.S.Qurbonov, Sh.B.Nazarov, Zh.A.Misratov, G.U.Bahridinova. Comparative assessment of boron-silicate ores decomposition with acids and bases **71**

O.A.Azizkulova, A.Sh.Egamberdiev, M.I.Abdulhaeva. Complexation with molybdenum (V) 1-phenil-2,3-dimetilpirazolin-5-tionnum in the 6.5 mol/l HCl at 308 K **76**

SEISMOLOGY

S.H.Negmatullaev, R.U.Juraev, T.R.Ulubieva. The manifestation of strong and perceptible earthquakes on the territory of Tajikistan in 2015 **84**

Памяти ученого

Gennadiy Khatamovich Salibaev **95**

The index of clauses published in 2012-2016 **98**

The author's index published in 2012-2016 **123**

УДК 517.496.2

Д.С.САФАРОВ, М.З.ЗАМОНОВ*

**О МНОГООБРАЗИИ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ ОБОБЩЁННЫХ
АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИИ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ**

Курган-Тюбинский государственный университет им. Н.Хусрава,

**Российско-Таджикский (Славянский) университет*

Поступила в редакцию 17.04.2017 г.

В работе строятся частные решения уравнения обобщённых аналитических функций с отклоняющимся аргументом. После подстановки их в данное уравнение выводятся трансцендентные уравнения и, в зависимости от свойств корней последних, изучаются многообразия решений, которые содержат однопериодические или двоякопериодические аналитические функции с основными периодами ω_1, ω_2 .

Ключевые слова: уравнение обобщённых аналитических функций, отклоняющийся аргумент, многообразие решений.

На комплексной плоскости \mathbb{C} рассмотрим уравнение вида:

$$\frac{\partial w}{\partial \bar{z}} + aw(z) + bw(z+h) = 0, \quad (1)$$

где $z = x + iy$, $w(z) = u(x, y) + iv(x, y)$, $2w_{\bar{z}} = \partial_x w + i\partial_y w$, a, b, h – постоянные.

В случае $h = 0$ уравнение (1) легко интегрируется через одну аналитическую функцию [1]. Это означает, что многообразие решений уравнения содержит одну произвольную аналитическую функцию.

Под регулярным решением уравнения (1) будем понимать функцию класса C^1 , удовлетворяющую уравнение (1) в любой области $\Omega \subset \mathbb{C}$, содержавшей точку z вместе с $z+h$.

Адрес для корреспонденции: Замонов Маликасроп Замонович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. М.Турсун-заде, 30, Российско-Таджикский (Славянский) университет.
E-mail: mzamonov@mail.ru

Под обобщённым решением уравнения (1) понимается функция, допускающая в области Ω полюсы (как мероморфные функции) и принадлежащая классу $C^1(\Omega \setminus \Omega_0)$ (Ω_0 – часть области Ω , которая не содержит полюсов решения). Класс таких решений уравнения (1) обозначим через \widetilde{C}^1 . В случае, когда множество полюсов пусто, то $\widetilde{C}^1 \equiv C^1$.

В случае, когда в (1) все входящие функции являются вещественными и $y = 0$, а h также вещественно, то уравнение (1) есть обыкновенное дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом, которое изучено в [2].

Сразу отметим, что теория уравнения (1) несколько отличается от теории обыкновенных дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. В отличие от последней, частные решения уравнения (1) можно искать посредством двух функций

$$\mathcal{G}_1(z) = e^{\lambda \bar{z}}, \quad \mathcal{G}_2(z) = e^{\mu z}, \quad (2)$$

где λ, μ – некоторые постоянные.

Подставляя $\mathcal{G}_1(z)$ в уравнение (1), получим, что λ – должна удовлетворять трансцендентному уравнению

$$\lambda + a + be^{\lambda \bar{h}} = 0. \quad (3)$$

Аналогично, для μ получим уравнение вида:

$$a + b^{\mu h} = 0 \quad (4)$$

Функции

$$F_1(\lambda) = \lambda + a + be^{\lambda \bar{h}}, \quad F_2(\mu) = a + b^{\mu h}$$

– целые аналитические функции, соответственно на плоскостях $\mathbb{C}_\lambda, \mathbb{C}_\mu$. Поэтому уравнения (3), (4) допускают бесчисленное множество решений на плоскостях \mathbb{C}_λ и \mathbb{C}_μ , соответственно при $a \neq 0, b \neq 0$.

Функции $\mathcal{G}_1(z)$ и $\mathcal{G}_2(z)$ удовлетворяют условиям

$$\mathcal{G}_1(z+h) = e^{\lambda \bar{h}} \mathcal{G}_1(z), \quad \mathcal{G}_2(z+h) = e^{\mu h} \mathcal{G}_2(z). \quad (5)$$

Всякая функция $w_1(z)$, удовлетворяющая первому соотношению (5), представима в виде

$$w_1(z) = \varphi(z) e^{\lambda \bar{z}}, \quad (6)$$

где $\varphi(z)$ периодическая функция с периодом h .

Аналогично, функция $w_2(z)$, удовлетворяющая второму соотношению (5), представляется в виде:

$$w_2(z) = \psi(z)e^{\mu z}, \quad (7)$$

где $\psi(z)$ также периодическая функция с периодом h .

Подставляя (6) и (7) поочередно в (1) при условии, что λ, μ соответственно корни уравнения (3), (4), находим, что $\varphi(z)$, $\psi(z)$ аналитические периодические функции с периодом h .

Таким образом, если λ, μ соответственно корни уравнения (3), (4), то уравнение (1) имеет соответственно два решения вида (6), (7). Если решения уравнения (1) допускают полюсы в ограниченной области $\Omega \subset \mathbb{C}$, то функции $\varphi(z), \psi(z)$ – суть мероморфные периодические функции с периодом h .

Полную характеристику множества периодов для таких функций дает следующая теорема Абеля [3] и Якоби [4].

Теорема. Мероморфная функция $f(z)$ может иметь не более двух линейно независимых периодов. Иными словами, существуют два периода ω_1 и ω_2 таких, что любой период T функции $f(z)$ имеет вид

$$T = n\omega_1 + n'\omega_2,$$

где n и n' целые числа.

Числа ω_1 и ω_2 называются основными периодами функции $f(z)$. Из этой теоремы вытекает, что мероморфные периодические функции делятся на два класса:

1. Просто-периодические или однопериодические функции. Для них один из основных периодов, например $\omega_2 = 0$, а другой $\omega_1 \neq 0$. В силу теоремы все периоды просто-периодической функции представляют собой целое кратное основного периода ω_1 , то есть $T = n\omega_1$, $n = \pm 1, \pm 2, \dots$. Примерами мероморфных однопериодических функций являются элементарные функции tgz , $ctgz$ и их производные (основной период $\omega_1 = \pm \pi$) и др.

2. Двоякопериодические функции. Для них оба основных периода ω_1 и ω_2 отличны от нуля и $Im(\omega_1 / \omega_2) \neq 0$.

Двоякопериодические мероморфные функции называются эллиптическими. Эллиптических функций среди элементарных функций не существует [3, 4].

Такие функции образуют поле, и образующими этого поля служат эллиптические функции Вейерштрасса $\wp(z)$ и $\wp'(z)$ [3, 4].

Если отношение ω_1 / ω_2 рациональное число, то периодические функции приводятся к просто-периодическим функциям. Если ω_1 / ω_2 – иррационально, то, как было показано Якоби [3], функции приводятся к постоянной.

Теперь в силу теоремы Абеля, представляя постоянное h в виде

$$h = m_1\omega_1 + m_2\omega_2, \quad \operatorname{Im}\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right) \neq 0, \quad (8)$$

где m_1, m_2 – некоторые целые числа, опишем многообразие решений уравнения в классе, как регулярных, то есть из C^1 , так и обобщённых, из класса \widetilde{C}^1 решений.

Так как уравнение (1) линейно, то справедлива

Теорема 1. Пусть в уравнении (1) λ, μ , соответственно корни уравнений (3), (4) и отклонение h имеет вид (8), а $\varphi(z), \psi(z)$ эллиптические функции с периодами ω_1, ω_2 и имеющие полюсы решений уравнения (1). Тогда все функции вида:

$$w(z) = \varphi(z)e^{\lambda z} + \psi(z)e^{\mu z} \quad (9)$$

дают решения уравнения (1).

Из этой теоремы и свойств корней уравнения (3), (4) и эллиптических функций получается следующий результат.

Теорема 2. Пусть выполнены условия теоремы 1 и λ_r, μ_r простые корни уравнений (3), (4), тогда в классе C^1 уравнение (1) имеет решение вида

$$w_r(z) = c_1 e^{\lambda_r z} + c_2 e^{\mu_r z} \quad (10)$$

где c_1, c_2 произвольные постоянные.

Действительно, подставляя (9) в уравнение (1), получим, что функции $\varphi(z), \psi(z)$ являются эллиптическими функциями нулевого порядка. Тогда в силу теоремы Лиувилля [3,4] эти функции тождественно постоянны. Поэтому $\varphi(z) \equiv c_1, \psi(z) \equiv c_2$ и имеет место формула (10).

Уравнения вида (3), (4) имеют не более чем счетное множество корней λ_r, μ_r [5]. Взяв любые корни этих уравнений, найдем соответствующие решения

$$\varphi(z, \lambda_r) = \varphi_r(z)e^{\lambda_r z}, \quad \psi(z, \mu_r) = \psi_r(z)e^{\mu_r z},$$

где $\varphi_r(z)$, $\psi_r(z)$, – эллиптические функции с периодами ω_1, ω_2 , а $\text{Im}(\omega_2 / \omega_1) \neq 0$.

Если λ_r имеет кратность s_r , то непосредственной постановкой легко проверить, что следующая система функций будет решениями (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{G}_{r1}(z) = \varphi_{r1}(z) e^{\lambda_r \bar{z}}, \\ \mathcal{G}_{21}(z) = [\varphi_{r1}(z) \bar{z} + \varphi_{r2}(z)] e^{\lambda_r \bar{z}}, \\ \mathcal{G}_{3r}(z) = \left[\varphi_{r1}(z) \frac{\bar{z}^2}{2!} + \varphi_{r2}(z) \frac{\bar{z}}{1!} + \varphi_{r3}(z) \right] e^{\lambda_r \bar{z}}, \\ \dots\dots\dots \\ \mathcal{G}_{r,s_r}(z) = [\varphi_{r1}(z) \frac{\bar{z}^{s_r-1}}{(s_r-1)!} + \varphi_{r2}(z) \frac{\bar{z}^{s_r-2}}{(s_r-2)!} + \dots + \varphi_{r,s_r}(z)] e^{\lambda_r \bar{z}}, \end{array} \right. \quad (11)$$

где $\mathcal{G}_{ij}(z)$ – двоякопериодические функции с периодами ω_1, ω_2 .

Легко видеть, что функция $\mathcal{G}_{r,s_r}(z)$ удовлетворяет уравнению

$$\frac{\partial^{s_r} \mathcal{G}_{r,s_r}(z)}{\partial \bar{z}^{s_r}} = 0. \quad (12)$$

Такие функции называются полианалитическими функциями порядка $s_r \geq 1$ [9].

В работе В.И.Показеева [6, стр. 103] на основе формулы обобщённого ряда Лорана для полианалитической функции дается определенная классификация особых точек таких функций. Полианалитические функции, кроме особых точек аналитических функций, еще допускают особые точки ограниченности. В окрестности такой точки функция ограничена, хотя предела в ней в общем случае не имеет.

Двоякопериодические полианалитические функции изучены в работах Ф.Эрве [7], В.В.Показеева [9]. Однако еще раньше двоякопериодические бианалитические функции изучены и использованы при решении краевых задач теории упругости В.Я.Натанзоном [8].

Справедлива следующая

Теорема 3. Пусть в уравнении (1) $h = h_1 \omega_1 + h_2 \omega_2$, m_1, m_2 – некоторые целые числа, $\text{Im} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right) \neq 0$ и λ_r – корень уравнения (3) кратности s_r , а μ_r – корень уравнения (4). Тогда уравнение (1) в классе регулярных функций C^1 допускает решение вида

$$w(z) = \varphi_{r,s_r}(z) e^{\lambda_r \bar{z}} + c_r e^{\mu_r z},$$

где c_r – произвольная постоянная, $\varphi_{r,s_r}(z)$ – регулярная полианалитическая функция порядка s_r , имеющая вид:

$$\varphi_{r,s_r}(z) = \left[c_1 \frac{\bar{z}^{s_r-1}}{(s_r-1)!} + c_2 \frac{\bar{z}^{s_r-2}}{(s_r-2)!} + \dots + c_{s_r} \right] e^{\lambda_r \bar{z}}$$

где c_1, c_2, \dots, c_r – постоянные.

Пусть $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r$ – корни уравнения (3), соответственно с кратностями s_1, s_2, \dots, s_r и $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_r$ корни уравнения (4), тогда, если ряды

$$\sum_{i=1}^{\infty} \varphi_{r,s_r}(z) e^{\lambda_r \bar{z}}, \quad \sum_{i=1}^{\infty} c_r e^{\mu_r z},$$

сходятся и допускают почленное дифференцирование, где

$$\varphi_{r,s_r}(z) = \left[c_1^r \frac{\bar{z}^{s_r-1}}{(s_r-1)!} + c_2^r \frac{\bar{z}^{s_r-2}}{(s_r-2)!} + \dots + c_{s_r}^r \right] e^{\lambda_r \bar{z}} \quad \text{и} \quad c_j^r, c_r^r \text{ – постоянные, то их сумма}$$

также дает решение уравнения (1) в классе C^1 .

Если λ и μ соответственно являются d_1 и d_2 точками функций [10], то есть корнями уравнений

$$F_1(\lambda) = \lambda + a + b e^{\lambda \bar{h}} = d_1, \quad F_2(\mu) = a + b e^{\mu h} = d_2, \quad d_2 \neq a, \quad (13)$$

то справедлива следующая

Теорема 4. Пусть λ и μ соответственно являются d_1 и d_2 точками целых функций $F_1(\lambda)$ и $F_2(\mu)$. Тогда, если d_1 и $d_2 \notin \Gamma_1$, то любое решение уравнения (1), представляемое в виде (9), тождественно равняется нулю, то есть $w(z) \equiv 0$.

Доказательство этой теоремы следует из результатов работы [11]. Действительно, отыскивая решение уравнения (1) в виде (6), в котором λ , μ соответственно решения уравнений (13) для искомых функций $\varphi(z)$ и $\psi(z)$, получим уравнения обобщённых аналитических функций:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \bar{z}} + d_1 \varphi = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial \bar{z}} + d_2 \psi = 0. \quad (14)$$

Как показано в классе C^1 – регулярных решений системы (14), соответственно, имеют решения вида

$$\varphi(z) = \begin{cases} c_1 \exp(-d_1 \bar{z} + d_1 z) & \text{при } d_1 \in \Gamma_1, \\ 0 & \text{при } d_1 \notin \Gamma_1; \end{cases}$$

$$\psi(z) = \begin{cases} c_2 \exp(-d_2 \bar{z} + d_2 z) & \text{при } d_2 \in \Gamma_2, \\ 0 & \text{при } d_2 \notin \Gamma_2, \end{cases}$$

где c_1, c_2 – постоянные.

Таким образом, если λ и μ соответственно d_1 и d_2 точки функции $F_1(\lambda)$ и $F_2(\mu)$, то пространство решений уравнения бесконечномерно или нульмерно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Векуа И.Н. Обобщенные аналитические функции. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988, 512 с.
2. Эльсгольц Л.Э., Норкин С.Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1971, 296 с.
3. Лаврентьев М.А. Шабат Б.Т. Методы теории функции комплексного переменного. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973, 749 с.
4. Ахиезер Н.И. Элементы теории эллиптических функций. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1970, 304 с.
5. Беллман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. – М.: Мир, 548 с.
6. Показеев В.И. Нерегулярные полианалитические функции. – Изв.вузов. Математика, 1975, №6, с. 103-113.
7. Erwe F. Über gewisse klassen doppelt periodischer Functionen. – Acta Math., 1957, v. 97(157), pp.145-187.
8. Натанзон В.Я. О напряжениях в растягиваемой пластине, ослабленной отверстиями, расположенными в шахматном порядке. – Математический сборник, 1935, v.42, №5, с.617-636.
9. Показеев В.В. Полианалитические двоякопериодические функции. – Тр. сем. по краев. задачам, 1982, вып. 18, с.155-167.
10. Титчмарш Е. Теория функций. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980, 2-е изд., 468 с.
11. Сафаров Д.С. Двоякопериодические обобщенные функции. – Душанбе: Дониш, 2012, 190 с.

Д.С.САФАРОВ, М.З.ЗАМОНОВ*

ДАР БОРАИ ҲАЛЛИ УМУМИИ МУОДИЛАИ ФУНКСИЯҲОИ УМУМИШУДАИ АНАЛИТИКИИ АРГУМЕНТАШОН ТАМОЮЛЁФТА

Донишгоҳи давлатии Қургонтеппа ба номи Н.Хусрав,

**Донишгоҳи Славянии Россия ва Тоҷикистон*

Дар мақола баъзе ҳалҳои хусусии муодилаи таҳқиқшавандаи функсияҳои аналитикии умумишуда бо аргументи тамоюлѐфта ѐфта шудаанд. Баъди ин ҳалҳоро ба муодилаи мазкур гузоштан, муодилаҳои транссендентӣ ҳосил карда шудаанд ва вобаста аз хусусиятҳои решаҳои онҳо, ҳалли умумии муодилаи додашуда, ки функсияҳои аналитикии якдavra ва ё дувavra бо даврҳои асосии ω_1, ω_2 - ро дар бар мегиранд, ҳосил карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: муодилаи функсияҳои умумишудаи аналитикӣ, аргументи тамоюлҷӯфта, ҳалли умумӣ.

D.S.SAFAROV, M.Z.ZAMONOV*

**ON THE MANIFOLD OF SOLUTIONS OF THE EQUATIONS OF
GENERALIZED ANALYTIC FUNCTIONS WITH DEVIATING ARGUMENT**

N.Khusrav Qurgantube State University,

**Russian-Tajik Slavonic University*

In the article by considering some particular solutions of equations of generalized analytic functions with a deviating argument and substituting them into the equations, derive the transcendental equations depending on properties of the roots, receives the manifold of solutions which contains one-periodic or doubly periodic analytical functions with fundamental periods.

Key words: equation of generalized analytic functions, deviating argument, manifold of solutions.

УДК 517.5

О.А.ДЖУРАХОНОВ

НЕКОТОРЫЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИБЛИЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ
ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ СУММАМИ ФУРЬЕ-ЭРМИТА В ПРОСТРАНСТВЕ

$$L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$$

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 02.11.2016 г.

В работе вычислены точные верхние грани приближения функций двух переменных треугольными частичными суммами двойного ряда Фурье-Эрмита на классе функций $L_2^r(D)$ в пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$, где D – оператор Эрмита второго порядка. Также получены точные неравенства типа Джексона-Стечкина на множествах $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$, в которых величины наилучших полиномиальных приближений оцениваются сверху через модули непрерывности m -го порядка.

Ключевые слова: наилучшие приближения, модуль непрерывности, ряд Фурье-Эрмита, K -функционал, неравенство.

1. Введение. В настоящее время вопросы приближения функций алгебраическими полиномами на всей оси $\mathbb{R} := \{x: -\infty < x < +\infty\}$ с весом Чебышева-Эрмита $\rho(x) := \exp\{-x^2\}$ достаточно хорошо изучены. Так, например, указанные вопросы в разное время изучались в работах [1-3], где получены асимптотические точные оценки приближения функций суммами Фурье.

В недавно опубликованных работы С.Б.Вакарчука и А.В.Швачко [4] и С.Б.Вакарчука [5] решены некоторые экстремальные задачи приближения функций в среднем на вещественной оси суммами Фурье-Чебышева; получены точные неравенства типа Джексона-Стечкина, в которых величины наилучших полиномиальных

Адрес для корреспонденции: Шабозов Мирганд Шабозович, Джурахонов Олимджон. 734025, Республика Таджикистан, г.Душанбе, пр.Рудаки, 17, Таджикский национальный университет.
E-mail: shabozov@mail.ru; olim74@tajnet.tj

приближений оцениваются сверху через обобщенные модули гладкости k -го порядка и K - функционалов r -х производных и вычислены точные значения различных поперечников. Но если для функций, заданной на вещественной оси, указанные задачи достаточно хорошо изучены, то количество работ, где решаются экстремальные задачи полиномиального приближения в среднем для функции двух переменных на всей плоскости $\mathbb{R}^2 := \{(x, y) : -\infty < x, y < +\infty\}$, совсем немного. Укажем на некоторые точные результаты полученных в недавно опубликованных работах М.Г. Есмаганбетова [2] и В.А. Абилова и М.Б. Абилова [3].

Настоящая статья посвящена решению ряда экстремальных задач полиномиального приближения функций двух переменных на всей плоскости с весом $\exp\{-(x^2 + y^2)\}$, получению точных неравенств типа Джексона-Стечкина, а также вычислению точных значений поперечников некоторых классов функций. Также получены точные значения величины наилучших полиномиальных приближений через K -функционалы.

2. Верхние грани приближения функций треугольными суммами Чебышева-Эрмита в пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$

Введем необходимые понятия и определения, нужные нам в дальнейшем. Всюду далее \mathbb{R}_+ - множество положительных, \mathbb{Z}_+ - множество целых неотрицательных, \mathbb{N} - множество натуральных чисел. Обозначим через $L_{2,\rho} := L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$, где $\rho(x) := \exp\{-(x^2 + y^2)\}$, множество вещественных суммируемых с квадратом функций с конечной нормой

$$\|f\|_{2,\rho} := \|f\|_{L_{2,\rho}} := \left(\iint_{\mathbb{R}^2} \rho(x, y) f^2(x, y) dx dy \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Пусть $\{H_k(x)H_l(y)\}_{k,l \in \mathbb{Z}_+}$ - ортонормированная на всей плоскости \mathbb{R}^2 с весом ρ система многочленов Эрмита (см. например, [8, с.170])

$$H_q(u) = \frac{(-1)^q}{\sqrt{q!2^q\sqrt{\pi}}} e^{x^2} \frac{d^q}{dx^q} (e^{-x^2}), \quad q \in \mathbb{Z}_+.$$

Для функции $f \in L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ запишем её разложение в двойной ряд Фурье-Эрмита следующего вида

$$f(x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} c_{kl}(f) H_k(x) H_l(y), \quad (1_)$$

где

$$c_{kl}(f) = \iint_{\mathbb{R}^2} \rho(x, y) f(x, y) H_k(x) H_l(y) \quad (1)$$

– коэффициенты Фурье-Эрмита функции f , а равенство в (1) понимается в смысле сходимости в метрике пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$.

Обозначим через

$$S_{N-1}(f; x, y) := \sum_{0 \leq k+l \leq N-1} c_{kl}(f) H_k(x) H_l(y)$$

треугольную сумму N -го порядка ряда (1) Фурье-Эрмита $f \in L_{2,\rho}$.

Если \mathcal{P}_n -совокупность полиномов двух переменных степени более $N-1$ вида

$$P_{N-1} = \sum_{0 \leq k+l \leq N-1} a_{kl} x^k y^l,$$

то, как известно [1-3],

$$\begin{aligned} E_{N-1}(f)_{2,\rho} &:= E_{N-1}(f)_{L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)} = \inf \{ \|f - P_{N-1}\|_{2,\rho} : P_{N-1} \in \mathcal{P}_{N-1} \} = \\ &= \|f - S_{N-1}\|_{2,\rho} = \left\{ \sum_{k+l \geq N} c_{kl}^2(f) \right\}^{\frac{1}{2}}. \end{aligned} \quad (3)$$

В пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ рассмотрим оператор сдвига

$$F_h f(x, y) = \frac{1}{\pi} \iint_{\mathbb{R}^2} \rho(u, v) f(x\sqrt{1-h^2} + hu, y\sqrt{1-h^2} + hv) du dv,$$

где $0 < h < 1$. В работе [2] доказано, что в смысле сходимости в пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ имеет место равенство

$$F_h f(x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} c_{kl}(f) (1-h^2)^{(k+l)/2} H_k(x) H_l(y). \quad (4)$$

Известно [3], что является $F_h : L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2) \rightarrow L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ является ограниченным линейным оператором и, кроме того, для всех $k, l \in \mathbb{Z}_+$ имеет место равенство

$$F_h H_k(x) H_l(y) = (1-h^2)^{(k+l)/2} H_k(x) H_l(y), \quad 0 < h < 1. \quad (5)$$

Следуя работе [3], определим конечные разности первого и второго порядков следующими равенствами

$$\Delta_h^1(f; x, y) := F_h(f; x, y) - f(x, y) = (F_h - E)f(x, y), \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta_h^m(f; x, y) &= \Delta_h^1(\Delta_h^{m-1}(f; \cdot, \cdot), x, y) = \\ &= (F_h - E)^m f(x, y) = \sum_{i=0}^m (-1)^{m-i} \binom{m}{i} F_h^i f(x, y), \quad m = 2, 3, \dots, \end{aligned}$$

где

$$F_h^0 f(x, y) = f(x, y), \quad F_h^i f(x, y) = F_h(F_h^{i-1} f(x, y)), \quad (i = 1, 2, \dots, m; m \in \mathbb{N}),$$

а E – единичный оператор в пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$.

Из равенства (6), учитывая соотношения (1) и (4), в смысле сходимости в $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$, запишем равенство

$$\Delta_h^1(f; x, y) = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} c_{kl}(f) \left((1-h^2)^{(k+l)/2} - 1 \right) H_k(x) H_l(y). \quad (7)$$

Пользуясь равенством (7) и используя формулу (5), по индукции находим

$$\Delta_h^m f(f; x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} C_{kl}(f) \left((1-h^2)^{(k+l)/2} - 1 \right)^m H_k(x) H_l(y). \quad (8)$$

Применяя равенство Парсеваля, из (8) получаем

$$\| \Delta_h^m(f; x, y) \|_{2,\rho}^2 = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \left(1 - (1-h^2)^{(k+l)/2} \right)^{2m} c_{kl}^2(f), \quad 0 < h < 1.$$

Равенством

$$\Omega_m(f, t)_{2,\rho} = \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} \left(1 - (1-t^2)^{(k+l)/2} \right)^{2m} c_{kl}^2(f) \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (9)$$

определим обобщенный модуль непрерывности m -го порядка. Положим

$$D := \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial y^2} - x \frac{\partial}{\partial x} - y \frac{\partial}{\partial y}$$

- дифференциальный оператор второго порядка.

Если полагать, как обычно, $D^0 f = f, D^r f := D(D^{r-1} f), r \in \mathbb{N}$, то через $L_{2,\rho}^{(r)} := L_{2,\rho}(D^r)$ ($r \in \mathbb{Z}_+, L_{2,\rho}^{(0)} \equiv L_{2,\rho}$), обозначим класс функций $f \in L_{2,\rho}$ имеющих обобщенные частные производные

$$\frac{\partial^s f}{\partial x^2 \partial y^j}, \quad i+j=s, \quad s=1,2,\dots,2r, \quad r \in \mathbb{N}$$

в смысле Леви [6] такие, что все они принадлежат пространству $L_{2,\rho}$ и для которых $\|D^r f\|_{2,\rho} < \infty$.

В [3] доказано, что для произвольной функции $f \in L_{2,\rho}$ имеет место равенство

$$\begin{aligned} \Omega_m(D^r f, t)_{2,\rho} &= \sup\{\|\Delta_h^m(f; \dots)\|_{2,\rho}^2 : 0 < h < t\} = \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} \left(1 - (1-t^2)^{(k+l)/2}\right)^{2m} (k+l)^{2r} c_{kl}^2(f). \end{aligned} \quad (10)$$

Прежде всего условимся, что далее в соотношениях общего характера при вычислении верхней грани по всем функциям $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$ мы всегда будем подразумевать, что $D^r \neq \text{const}$

Имеет место следующая

Лемма 1. Для произвольной $N \in \mathbb{N}$ и $r \in \mathbb{Z}_+$ справедливо равенство

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{E_{N-1}(D^r f)_{2,\rho}} = \frac{1}{N^r}.$$

Доказательство. В [2] доказано что для произвольной функции $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$ её коэффициенты Фурье-Эрмита удовлетворяют равенству

$$c_{kl}(f) = (-1)^r (k+l)^{-r} c_{kl}(D^r f), \quad k, l \in \mathbb{Z}_+. \quad (11)$$

Учитывая равенство (11) и заметив, что

$$\begin{aligned} D^r f(x, y) &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} c_{kl}(D^r f) H_k(x) H_l(y) = \\ &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} (-1)^r (k+l)^r c_{kl}(f) H_k(x) H_l(y), \end{aligned} \quad (12)$$

находим

$$E_{N-1}^2(D^r f)_{2,\rho} = \sum_{k+l \geq N} (k+l)^{2r} c_{kl}^2(f). \quad (13)$$

Принимая во внимания (13), из равенства (3) получаем

$$E_{N-1}^2(D^r f)_{2,\rho} = \sum_{k+l \geq N} c_{kl}^2(f) = \sum_{k+l \geq N} \frac{1}{(k+l)^{2r}} (k+l)^{2r} c_{kl}^2(f) \leq$$

$$\leq \frac{1}{N^{2r}} \cdot \sum_{k+l \geq N} (k+l)^{2r} c_{kl}^2(f) = \frac{1}{N^{2r}} \cdot E_{N-1}^2(D^n f)_{2,\rho}, \quad (14)$$

откуда для произвольной функции $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$ запишем оценку сверху

$$\frac{E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{E_{N-1}(D^r f)} \leq \frac{1}{N^r}. \quad (15)$$

Чтобы получить противоположное неравенство, введем в рассмотрение функцию $f_0(x, y) := H_N(x)H_0(y) \in L_{2,\rho}^{(r)}$, для которой, как следует из равенств (3) и (13), имеют место соотношения

$$E_{N-1}(f_0)_{2,\rho} = 1, E_{N-1}(D^r f_0) = N^r. \quad (16)$$

Учитывая соотношения (16), получаем оценку снизу

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{E_{N-1}(D^r f)_{2,\rho}} \geq \frac{E_{N-1}(f_0)_{2,\rho}}{E_{N-1}(D^r f_0)_{2,\rho}} = \frac{1}{N^r}. \quad (17)$$

Сопоставляя оценки сверху (15) и снизу (17), завершаем доказательство леммы 1.

Лемма 2. При любых $m \in \mathbb{N}$ и $r \in \mathbb{Z}_+$ справедливо равенство

$$\sup_{N \in \mathbb{N}} \sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\Omega_m(D^r f, \frac{1}{\sqrt{N}})_{2,\rho}} = (1 - \frac{1}{\sqrt{e}})^{-m}. \quad (18)$$

Доказательство. В [3] доказано, что для любых $m \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$ и произвольной $f \in L_2^r$ справедливо равенство

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\Omega_m(D^r f, t)_{2,\rho}} = \frac{1}{\left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}}\right]^m} \quad (0 < t < 1). \quad (19)$$

Если в (19) полагать $t = 1/\sqrt{N}$ и переходя к верхней грани по всем $N \in \mathbb{N}$, то получим равенство (18). Из (18) следует, что для произвольной функции $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$ имеет место следующее неравенство типа Джексона-Стечкина

$$E_{N-1}(f)_{2,\rho} \leq \frac{1}{N^r} (1 - \frac{1}{\sqrt{e}})^{-m} \Omega_m(D^n f, \frac{1}{\sqrt{N}})_{2,\rho}.$$

Справедлива следующая общая

Теорема 1. Пусть $m, n \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $0 < p \leq 2$, $h \in (0, 1]$ и q – неотрицательная измеримая суммируемая на интервале $(0, h)$ неэквивалентная нулю функция. Тогда справедливо равенство

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left(\int_0^h \Omega_m(D^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt \right)^{1/p}} = \frac{1}{\left\{ \int_0^h \left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}} \right] q(t) dt \right\}^{1/p}}. \quad (20)$$

Доказательство. С целью получения оценки сверху величины, стоящей в левой части равенства (20), воспользуемся одним вариантом неравенства Минковского, проведенной в [7, с.104]:

$$\left(\int_0^h \left(\sum_{j=N}^{\infty} |f_j(t)|^2 \right)^{p/2} dt \right)^{1/p} \geq \left(\sum_{j=N}^{\infty} \left(\int_0^h |f_j(t)|^p dt \right)^{2/p} \right)^{1/2}, \quad (21)$$

где $0 < p \leq 2$. Полагая в неравенстве (20) $f_j := f_j q^{1/p}$, получаем

$$\left(\int_0^h \left(\sum_{j=N}^{\infty} |f_j(t)|^2 \right)^{p/2} q(t) dt \right)^{1/p} \geq \left(\sum_{j=N}^{\infty} \left(\int_0^h |f_j(t)|^p q(t) dt \right)^{2/p} \right)^{1/2}. \quad (22)$$

Используя формулу (10), из неравенства (21), в силу монотонно возрастающей последовательности чисел $\{(k+l)^r\}, k+l = N, N+1, \dots; r \in \mathbb{Z}_+$ с учетом определения величины наилучшего приближения (3), имеем:

$$\begin{aligned} & \left\{ \int_0^h \Omega_m^p(D^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt \right\}^{\frac{1}{p}} \geq \\ & \geq \left\{ \int_0^h \left(\sum_{k+l \geq N} \left[1 - (1-t^2)^{\frac{(k+l)}{2}} \right]^{2m} (k+l)^{2r} c_{kl}^2(f) \right)^{\frac{p}{2}} q(t) dt \right\}^{\frac{1}{p}} \geq \\ & \geq \left\{ \sum_{k+l \geq N} (k+l)^{2r} c_{kl}^2(f) \left(\int_0^h \left[1 - (1-t^2)^{\frac{(k+l)}{2}} \right]^{mp} q(t) dt \right)^{\frac{2}{p}} \right\}^{\frac{1}{2}} \geq \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\geq \left\{ N^{2r} \left(\int_0^h \left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}} \right]^{mp} q(t) dt \right)^{\frac{2}{p}} \cdot \sum_{k+l \geq N} c_{kl}^2(f) \right\}^{\frac{1}{2}} = \\ &\geq \left\{ N^r \left(\int_0^h \left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}} \right]^{mp} q(t) dt \right)^{\frac{1}{p}} \cdot E_{N-1}(f)_{2,\rho} \right\}. \end{aligned}$$

Отсюда получаем оценку сверху экстремальной характеристики, стоящей в левой части равенства (20):

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left\{ \int_0^h \Omega_m^p(D^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt \right\}^{\frac{1}{p}}} \leq \frac{1}{\left\{ \int_0^h \left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}} \right]^{mp} q(t) dt \right\}^{\frac{1}{p}}}. \quad (23)$$

Для получения оценки снизу указанной величины рассмотрим функцию $f_0(x, y) := H_N(x)H_0(y) \in L_{2,\rho}^{(r)}$, использованную нами при доказательстве леммы 1. В силу формулы (10)

$$\Omega_m(D^r f_0, t)_{2,\rho} = N^r \left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}} \right]^m, \quad 0 < t < 1, \quad (24)$$

а потому имеем:

$$\int_0^h \Omega_m^p(D^r f_0, t)_{2,\rho} q(t) dt = N^{rp} \int_0^h \left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}} \right]^{mp} q(t) dt.$$

Отсюда и из первого равенства в (16) следует оценка снизу

$$\begin{aligned} \sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left(\int_0^h \Omega_m^p(D^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt \right)^{\frac{1}{p}}} &\geq \frac{N^r E_{N-1}(f_0)_{2,\rho}}{\left(\int_0^h \Omega_m^p(D^r f_0, t)_{2,\rho} q(t) dt \right)^{\frac{1}{p}}} = \\ &= \frac{1}{\left(\int_0^h \left[1 - (1-t^2)^{\frac{N}{2}} \right]^{mp} q(t) dt \right)^{\frac{1}{p}}}. \end{aligned} \quad (25)$$

Требуемое равенство (20) вытекает из сопоставления оценки сверху (23) и снизу (25), чем и завершаем доказательство теоремы 1.

Из доказанной теоремы 1 вытекают ряд следствий.

Следствие 1. Пусть $k, n \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $0 < p \leq 2$, $h \in (0, 1]$ и $g(t) = Nt(1-t^2)^{N/2-1}$. Тогда имеет место равенство

$$\begin{aligned} \sup_{N \in \mathbb{N}} \sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^{\frac{r-1}{p}} E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left\{ \int_0^h \Omega_m^p(D^r f, t)_{2,\rho} t(1-t^2)^{\frac{N-1}{2}-1} dt \right\}^{\frac{1}{p}}} = \\ = \left\{ \frac{mp+1}{\left(1 - (1-h^2)^{\frac{N}{2}}\right)^{mp+1}} \right\}^{1/p}. \end{aligned} \quad (26)$$

Из (26), в частности при $h = 1/\sqrt{N}$, $p = 1/m$, $r \geq m$, $r, m, N \in \mathbb{N}$, вытекает экстремальное равенство

$$\sup_{N \in \mathbb{N}} \sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left\{ \int_0^{1/\sqrt{N}} \Omega_m^m(D^r f, t)_{2,\rho} t(1-t^2)^{\frac{N-1}{2}-1} dt \right\}^m} = 2^m \left(1 - \frac{1}{\sqrt{e}}\right)^{-2m}.$$

Следствие 2. Пусть $m, n \in \mathbb{N}$, $r \in \mathbb{Z}_+$, $p = 1/m$, $h \in (0, 1]$ и $q(t) = t$. Тогда справедливо равенство

$$\begin{aligned} \sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left\{ \int_0^h \Omega_m^{1/m}(D^r f, t)_{2,\rho} t dt \right\}^m} = \\ = \left\{ \frac{h^2}{2} + \frac{2}{N+2} (1-h^2)^{(N+2)/2} - \frac{2}{N+2} \right\}^{-m}. \end{aligned} \quad (27)$$

Из равенства (27), в частности при $h = \sqrt{2/N}$, вытекает результат В.А.Абилова и М.Б.Абилова [3], а в случае $h = 2/\sqrt{N+2}$ получаем следующее равенство

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left\{ \int_0^{2/\sqrt{N+2}} \Omega_m^{1/m}(D^r f, t)_{2,\rho} t dt \right\}^m} = 2^m \left\{ \left(1 - \frac{4}{N+2}\right)^{\frac{N+2}{2}} \right\}^{-m}. \quad (1)$$

Переходя в обеих частях равенства (28) к верхней грани по всем $N \in \mathbb{N}$, получаем

$$\sup_{N \in \mathbb{N}} \sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{N^r E_{N-1}(f)_{2,\rho}}{\left\{ \int_0^{2/\sqrt{N+2}} \Omega_m^{1/m}(D^r f, t)_{2,\rho} t dt \right\}^m} = (2e^2)^m.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Абилов В.А., Абилов М.В. Приближение функций в пространстве $L_2(\mathbb{R}^N; \exp(-|x|^2))$. – Матем. заметки, 1995, т.57, 1, с.3-19.
2. Есмаганбетов М.Г. Точные неравенства Джексона-Стечкина и поперечники классов функций из $L_2(\mathbb{R}^2, e^{-x^2-y^2})$. – Изв. высших учебных заведений. Математика, 2007, 2 с.3-9.
3. Abilov V.A., Abilov M.V. Approximation of function in two variables by Fourier-Hermite sums. – Analysis mathematica, 2006, v. 32, pp.163-171.
4. Никольский С.М. Приближение функций многих переменных и теоремы вложения. – М.:Наука, 1969, 684 с.
5. Вакарчук С.Б., Швачко А.В. О наилучшей аппроксимации в среднем алгебраическими полиномами с весом и точных значениях поперечников классов функций. – Укр.мат.журнал, 1999, т.65, 12, с.186-193.
6. Вакарчук С.Б. Приближение функций в среднем на вещественной оси алгебраическими полиномами с весом Чебышева-Эрмита и поперечники функциональных классов. – Матем. заметки, 2014, т.95, вып. 5, с.666-684.
7. Pinkus A. n -Widths in Approximation Theory. – Berlin, Springer-Verlag, 1985, 291 p.
8. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. – М.: Физматгиз, 2005, 480 с.

О.А. ЧЎРАХОНОВ

БАЪЗЕ МАСЪАЛАҲОИ ЭКСТРЕМАЛИИ НАЗДИККУНИИ ФУНКСИЯҲОИ ДУ ТАҒИЙРЁБАНДА БО СУММАИ ФУРЕ-ЭРМИТ ДАР ФАЗОИ $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақола сарҳади аниқи болоии наздиккунии функцияҳои ду тағирёбанда ба воситаи суммаҳои хусусии секунҷаи қатори дуқаратаи Фуре-Эрмит барои синфи функцияҳои $L_2'(D)$ дар фазои $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ ёфта шудааст, ки дар ин ҷо D оператори Эрмити тартиби дуум мебошад. Инчунин нобаробариҳои аниқи намуди Джексона-Стечкин дар маҷмуъи $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ ёфта шудааст, ки дар онҳо бузургии наздиккунии полиномиалии беҳтарин аз боло бо модули бефосилагии тартиби m -ум баҳо дода шудааст.

Калимаҳои калидӣ: наздиккунии беҳтарин, модули бефосилагӣ, қатори Фуре-Эрмит, K -функционал, нобаробариҳо.

O.A.JURAKHONOV

**SOME EXTREMUM PROBLEMS OF APPROACH OF FUNCTIONS OF TWO
VARIABLES THE SUMS FOURIER-ERMITA IN SPACE $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$**

Tajik National University

In work the exact are calculated least upper bounds of approximation of functions of two variables the triangular the partial sums of a double series Fourier-Ermite on a class of functions $L_2(D)$ in space $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ where D -an operator Hermite of the second order. Also exact inequalities of type are received Jackson-Stechkina on sets $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ in which the values of the best polynomial approximations are estimated from above as through continuity modules m -th an order.

Key words: best approximation, modulus of continuity, sums Fourier-Ermite, K -functional, inequalities.

УДК 517.9

С.К.ЗАРИПОВ

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ НЕМОДЕЛЬНЫХ ИНТЕГРО-
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА С ОДНОЙ
СИНГУЛЯРНОЙ ТОЧКОЙ В ЯДРЕ

Таджикский национальный университет

Поступила в редакции 28.09.2016 г..

Для немодельного интегро-дифференциального уравнения первого порядка с одной сингулярной точкой, в зависимости от корней характеристического уравнения, найдены интегральные представления многообразия решений. Используемый метод можно применять для изучения немодельных интегро-дифференциальных уравнений высшего порядка.

Ключевые слова: интегро-дифференциальные уравнения, граничные сингулярные точки, многообразия решений, интегральные представления, интегральные уравнения.

Имеется обширная публикация [1-7], посвящённая исследованию некоторых классов интегро-дифференциальных уравнений типов Фредгольма и Вольтерра. Например, в [1] рассматривается обыкновенное интегро-дифференциальное уравнение

$$L_x[u] = \lambda T[u] + f(x),$$

где λ - вещественный параметр и

$$L_x[u] = u^{(n)}(x) + \sum_{k=1}^n a_k(x) u^{(n-k)}(x),$$

$$T[u] = \int_a^{\xi} F[x, y, u(y), u'(y), \dots, u^{(m)}(y)] dy,$$

причём либо $\xi = b$, либо $\xi = x$. Это уравнение в линейном случае, то есть когда

Адрес для корреспонденции: Зарипов Сарвар Кахрамонович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: sarvar8383@list.ru

$$T[u] = \int_a^{\xi} K(x, t) P_y[u] dy, \quad P_y[u] = \sum_{i=0}^m b_i(y) u^{(m-i)}(y),$$

и $\xi = b$ изучено в известной работе А.И.Некрасова [2].

Многие задачи, имеющие важное значение, приводятся к изучению сингулярного интегро-дифференциального уравнения вида

$$\sum_{r=0}^m \left[a_r(t_0) \varphi^{(r)}(t_0) + \frac{1}{\pi i} \int_L \frac{K(t_0, t) \varphi^{(r)}(t) dt}{t - t_0} \right] = f(t_0),$$

которое впервые рассмотрел Л.Г.Магнарадзе в работе [3]. Частным случаем этого уравнения является сингулярное интегро-дифференциальное уравнение Прандтля

$$\frac{\Gamma(x)}{B(x)} - \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\Gamma'(t)}{t - x} dt = f(x),$$

решению которого посвящено большое число работ, в частности работы И.Н.Векуа [5] и Л.Г.Магнарадзе [4].

Заметим, что до настоящего времени в основном изучались интегро-дифференциальные уравнения с регулярными коэффициентами или сингулярные интегро-дифференциальные уравнения с интегралами, понимаемыми в смысле главного значения по Коши. В связи с этим вопрос об изучении интегро-дифференциальных уравнений, ядра которых имеют особенности первого порядка и выше, до настоящего времени остаётся открытым. Поэтому в отличие от вышеуказанных работ мы в данной статье будем рассматривать интегро-дифференциальное уравнение, ядро которого имеет особенности первого порядка и с интегралами, понимаемыми не в смысле главного значения по Коши.

Пусть $\Gamma = \{x: a < x < b\}$ - множество точек на вещественной оси. На Γ рассмотрим немодельное интегро-дифференциальное уравнение первого порядка с одной сингулярной точкой в ядре

$$y'(x) + \frac{A(x)}{x-a} y(x) + \int_a^x \frac{B(x,t)}{(t-a)^2} y(t) dt = f(x), \quad (1)$$

где $A(x)$, $f(x)$ - заданные функции на Γ , $B(x,t)$ - заданная функция в прямоугольнике $R = \{(x,t): a < x < b, a < t < b\}$, $y(x)$ - искомая функция.

Заметим, что модельное уравнение типа (1), то есть когда $A(x) = A = const$, $B(x,t) = B = const$, было изучено в [7].

В настоящей работе на основе способа, разработанного в [6] и [7], получены представления многообразия решений через произвольные постоянные.

Используя методы, разработанные Н.Раджабовым в [6] для решения интегрального уравнения с сингулярными и сверхсингулярными ядрами, решение уравнения (1) будем искать в классе функций $y(x) \in C'[a, b]$ и обращающихся в нуль в точке $x = a$ со следующим асимптотическим поведением $y(x) = o[(x-a)^{\gamma_1}]$, $\gamma_1 > 1$.

Для решения уравнения (1) вначале переписываем его в таком виде

$$y'(x) + \frac{A(a)}{x-a} y(x) + \int_a^x \frac{B(a,a)}{(t-a)^2} y(t) dt = F(x), \quad (2)$$

где

$$F(x) = f(x) - \frac{A(x) - A(a)}{x-a} y(x) - \int_a^x \frac{B(x,t) - B(a,a)}{(t-a)^2} y(t) dt. \quad (3)$$

Если в (2) функцию $F(x)$ считать известной, тогда, используя результаты работы [7], в зависимости от корней характеристического уравнения

$$\lambda^2 - (1 - A(a))\lambda + B(a,a) - A(a) = 0, \quad (4)$$

решение уравнения (2) можно получить в следующем виде:

I. 1. Пусть корни характеристического уравнения (4) являются вещественными и разными и $1 < \lambda_1 < \lambda_2$, тогда согласно [7] решение уравнения (2) даётся при помощи формулы:

$$y(x) = (x-a)^{\lambda_1} c_1 + (x-a)^{\lambda_2} c_2 - \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \left[(\lambda_1 - 1) \left(\frac{x-a}{t-a} \right)^{\lambda_1} - (\lambda_2 - 1) \left(\frac{x-a}{t-a} \right)^{\lambda_2} \right] F(t) dt \equiv E_1^+[c_1, c_2, F(x)].$$

В правой части этой формулы вместо $F(t)$, подставляя его значение из (3) и перенося в левую часть этой равенства те слагаемые, которые содержат неизвестную функцию, и проводя соответствующие преобразования, приходим к решению следующего интегрального уравнения типа Вольтера:

$$y(x) - \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \frac{K(x,t)}{t-a} y(t) dt = E_1^+[c_1, c_2, f(x)], \quad (5)$$

где

$$K(x,t) = \left[(\lambda_1 - 1) \left(\frac{x-a}{t-a} \right)^{\lambda_1} - (\lambda_2 - 1) \left(\frac{x-a}{t-a} \right)^{\lambda_2} \right] [A(t) - A(a)] + \\ + \int_t^x \left[(\lambda_1 - 1) \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right)^{\lambda_1} - (\lambda_2 - 1) \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right)^{\lambda_2} \right] \frac{B(\tau,t) - B(a,a)}{t-a} d\tau.$$

Введём обозначение $\frac{y(x)}{(x-a)^{\lambda_1}} = V(x)$, затем преобразуем уравнение (5) к такому

виду:

$$V(x) - \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \frac{K_1(x,t)}{t-a} V(t) dt = E_{1,1}^+ [c_1, c_2, f(x)], \quad (6)$$

где

$$K_1(x,t) = \left[\lambda_1 - 1 - (\lambda_2 - 1) \left(\frac{x-a}{t-a} \right)^{\lambda_2 - \lambda_1} \right] [A(t) - A(a)] + \\ + \int_t^x \left[(\lambda_1 - 1) \left(\frac{t-a}{\tau-a} \right)^{\lambda_1} - (\lambda_2 - 1) \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right)^{\lambda_2} \left(\frac{t-a}{x-a} \right)^{\lambda_1} \right] \frac{B(\tau,t) - B(a,a)}{t-a} d\tau,$$

$$E_{1,1}^+ [c_1, c_2, f(x)] = c_1 + (x-a)^{\lambda_2 - \lambda_1} c_2 - \\ - \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \left[(\lambda_1 - 1) \frac{1}{(t-a)^{\lambda_1}} - (\lambda_2 - 1) \frac{(x-a)^{\lambda_2 - \lambda_1}}{(t-a)^{\lambda_2}} \right] f(t) dt.$$

Пусть функции $A_1(x) = A(x) - A(a)$ и $f(x)$ при $x \rightarrow a$ обращаются в нуль с асимптотическим поведением

$$A_1(x) = o \left[(x-a)^{\gamma_2} \right], \quad \gamma_2 > \lambda_2 - \lambda_1, \quad \text{когда } x \rightarrow a, \quad (7)$$

и

$$f(x) = o \left[(x-a)^{\gamma_3} \right], \quad \gamma_3 > \lambda_2 - 1, \quad \text{когда } x \rightarrow a, \quad (8)$$

и при $x \rightarrow a$, $t \rightarrow a$ функция $B_1(x,t) = B(x,t) - B(a,a)$ обращается в нуль с асимптотическим поведением

$$B_1(x,t) = o \left[(x-a)^{\gamma_4} (t-a)^{\gamma_5} \right], \quad \gamma_4 > \lambda_2 - 1, \quad \gamma_5 > 1, \quad \text{когда } x \rightarrow a, \quad (9)$$

тогда интегральное уравнение (6) будет интегральным уравнением вольтерровского типа со слабой особенностью и его решение через резольвенту, согласно общей теории, даётся при помощи формулы

$$V(x) = E_{1,1}^+ [c_1, c_2, f(x)] + \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \Gamma_1^+(x, t) E_{1,1}^+ [c_1, c_2, f(t)] dt,$$

где $\Gamma_1^+(x, t)$ - резольвента интегрального уравнения (6).

Теперь, возвращаясь к прежней неизвестной функции $y(x)$, решение уравнения (5) или эквивалентного ему уравнения (1) получим в таком виде:

$$y(x) = E_1^+ [c_1, c_2, f(x)] + \frac{(x-a)^{\lambda_1}}{\sqrt{D}} \int_a^x \Gamma_1^+(x, t) E_{1,1}^+ [c_1, c_2, f(t)] dt.$$

2. Пусть корни характеристического уравнения (4) являются вещественными и разными и $\lambda_1 < 1 < \lambda_2$, тогда, согласно [7], решение уравнения (2) даётся при помощи формулы:

$$y(x) = (x-a)^{\lambda_2} c_2 - \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \left[(\lambda_1 - 1) \left(\frac{x-a}{t-a} \right)^{\lambda_1} - (\lambda_2 - 1) \left(\frac{x-a}{t-a} \right)^{\lambda_2} \right] F(t) dt \equiv E_1^+ [0, c_2, F(x)].$$

Поступая точно так, как в случае 1 приходим к решению интегрального уравнения

$$y(x) - \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \frac{K(x, t)}{t-a} y(t) dt = E_1^+ [0, c_2, f(x)], \quad (10)$$

решение которого при выполнении условий (7), (8) и (9), согласно общей теории, даётся при помощи формулы

$$y(x) = E_1^+ [0, c_2, f(x)] + \frac{(x-a)^{\lambda_1}}{\sqrt{D}} \int_a^x \Gamma_{1,1}^+(x, t) E_{1,1}^+ [0, c_2, f(t)] dt,$$

где $\Gamma_{1,1}^+(x, t)$ - резольвента интегрального уравнения (10).

Таким же способом легко можно показать, что в случае, когда $\lambda_1 < \lambda_2 < 1$, решение уравнения (1) даётся при помощи формулы

$$y(x) = E_1^+ [0, 0, f(x)] + \frac{(x-a)^{\lambda_1}}{\sqrt{D}} \int_a^x \Gamma_{1,2}^+(x, t) E_{1,1}^+ [0, 0, f(t)] dt,$$

где $\Gamma_{1,2}^+(x,t)$ - резольвента интегрального уравнения

$$y(x) - \frac{1}{\sqrt{D}} \int_a^x \frac{K(x,t)}{t-a} y(t) dt = E_1^+[0,0, f(x)].$$

Таким образом, когда корни характеристического уравнения (4) являются вещественными и разными, решение уравнения (1) даётся при помощи формулы

$$y(x) = \begin{cases} E_1^+[c_1, c_2, f(x)] + \frac{(x-a)^{\lambda_1}}{\sqrt{D}} \int_a^x \Gamma_{1,1}^+(x,t) E_{1,1}^+[c_1, c_2, f(t)] dt, & \text{когда } 1 < \lambda_1 < \lambda_2, \\ E_1^+[0, c_2, f(x)] + \frac{(x-a)^{\lambda_1}}{\sqrt{D}} \int_a^x \Gamma_{1,1}^+(x,t) E_{1,1}^+[0, c_2, f(t)] dt, & \text{когда } \lambda_1 < 1 < \lambda_2, \\ E_1^+[0, 0, f(x)] + \frac{(x-a)^{\lambda_1}}{\sqrt{D}} \int_a^x \Gamma_{1,2}^+(x,t) E_{1,1}^+[0, 0, f(t)] dt, & \text{когда } \lambda_1 < \lambda_2 < 1. \end{cases} \quad (11)$$

II. 1. Пусть корни характеристического уравнения (4) являются вещественными и равными и $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda = \frac{1-A(a)}{2} > 1$, тогда, согласно [7], решение уравнения (2) даётся при помощи формулы:

$$\begin{aligned} y(x) &= (x-a)^\lambda c_3 + (x-a)^\lambda \ln(x-a) c_4 + (\lambda-1) \int_a^x \left(\frac{x-a}{t-a}\right)^\lambda \left[\ln\left(\frac{x-a}{t-a}\right) + \frac{1}{\lambda-1} \right] F(t) dt \equiv \\ &\equiv E_2^+[c_3, c_4, F(x)] \end{aligned}$$

В этом случае тоже в правой части этой формулы, вместо $F(t)$ подставляя его значение из (3) и проводя соответствующие преобразования, приходим к решению следующего интегрального уравнения типа Вольтера:

$$y(x) + (\lambda-1) \int_a^x \frac{K_2(x,t)}{t-a} y(t) dt = E_2^+[c_3, c_4, f(x)], \quad (12)$$

где

$$\begin{aligned} K_2(x,t) &= \left(\frac{x-a}{t-a}\right)^\lambda \left[\ln\left(\frac{x-a}{t-a}\right) + \frac{1}{\lambda-1} \right] [A(t) - A(a)] + \\ &+ \int_t^x \left(\frac{x-a}{\tau-a}\right)^\lambda \left[\ln\left(\frac{x-a}{\tau-a}\right) + \frac{1}{\lambda-1} \right] \frac{B(\tau,t) - B(a,a)}{t-a} d\tau. \end{aligned}$$

Если в (12) обозначить $\frac{y(x)}{(x-a)^\lambda} = V_1(x)$, тогда приходим к решению интегрального уравнения

$$V_1(x) + (\lambda - 1) \int_a^x \frac{K_2^+(x,t)}{t-a} V_1(t) dt = E_{2,1}^+[c_3, c_4, f(x)], \quad (13)$$

где

$$K_2^+(x,t) = \left[\ln \left(\frac{x-a}{t-a} \right) + \frac{1}{\lambda-1} \right] [A(t) - A(a)] + \\ + \int_t^x \left(\frac{t-a}{\tau-a} \right)^\lambda \left[\ln \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right) + \frac{1}{\lambda-1} \right] \frac{B(\tau,t) - B(a,a)}{t-a} d\tau, \\ E_{2,1}^+[c_3, c_4, f(x)] = \frac{E_2^+[c_3, c_4, f(x)]}{(x-a)^\lambda}.$$

Если функции $A_1(x)$, $f(x)$ и $B_1(x,t)$ при $x \rightarrow a$, $t \rightarrow a$ соответственно обращаются в нуль с асимптотическим поведением

$$A_1(x) = o \left[(x-a)^\varepsilon \right], \quad \varepsilon > 0, \text{ когда } x \rightarrow a, \quad (14)$$

$$f(x) = o \left[(x-a)^{\gamma_6} \right], \quad \gamma_6 > \lambda - 1, \text{ когда } x \rightarrow a, \quad (15)$$

и

$$B_1(x,t) = o \left[(x-a)^{\gamma_7} (t-a)^{\gamma_8} \right], \quad \gamma_7 > \lambda, \quad \gamma_8 > 1 - \lambda, \text{ когда } x \rightarrow a, t \rightarrow a, \quad (16)$$

тогда интегральное уравнение (13) будет интегральным уравнением вольтерровского типа со слабой особенностью и его решение через резольвенту даётся при помощи формулы

$$V_1(x) = E_{2,1}^+[c_3, c_4, f(x)] - (\lambda - 1) \int_a^x \Gamma_2^+(x,t) E_{2,1}^+[c_3, c_4, f(t)] dt,$$

где $\Gamma_2^+(x,t)$ - резольвента интегрального уравнения (13).

Возвращаясь к неизвестной функции $y(x)$, решение уравнения (1) получим в таком виде:

$$y(x) = E_2^+ [c_3, c_4, f(x)] + (\lambda - 1)(x - a)^\lambda \int_a^x \Gamma_2^+(x, t) E_{2,1}^+ [c_3, c_4, f(t)] dt$$

2. В случае $\lambda < 1$, поступая аналогичным образом, решение уравнения (1) получим в таком виде:

$$y(x) = E_2^+ [0, 0, f(x)] - (\lambda - 1)(x - a)^\lambda \int_a^x \Gamma_{2,1}^+(x, t) E_{2,1}^+ [0, 0, f(t)] dt,$$

где $\Gamma_{2,1}^+(x, t)$ – резольвента интегрального уравнения

$$V_1(x) + (\lambda - 1) \int_a^x \frac{K_2^+(x, t)}{t - a} V_1(t) dt = E_{2,1}^+ [0, 0, f(x)].$$

Таким образом, в случае, когда корни характеристического уравнения (4) являются вещественными и равными, решение уравнения (1) даётся при помощи формулы

$$y(x) = \begin{cases} E_2^+ [c_3, c_4, f(x)] + (\lambda - 1)(x - a)^\lambda \int_a^x \Gamma_2^+(x, t) E_{2,1}^+ [c_3, c_4, f(t)] dt, & \text{когда } \lambda > 1, \\ E_2^+ [0, 0, f(x)] + (\lambda - 1)(x - a)^\lambda \int_a^x \Gamma_{2,1}^+(x, t) E_{2,1}^+ [0, 0, f(t)] dt, & \text{когда } \lambda < 1. \end{cases} \quad (17)$$

III. 1. Пусть корни характеристического уравнения (4) являются комплексно-

сопряжёнными $\lambda_{1,2} = \alpha \pm i\beta$, $\alpha = \frac{1 - A(a)}{2}$, $\beta = \frac{\sqrt{4(B(a, a) - A(a)) - (1 - A(a))^2}}{2}$ и

$\alpha > 1$. Тогда, согласно [7], решение уравнения (2) даётся при помощи формулы:

$$y(x) = (x - a)^\alpha \left[\cos[\beta \ln(x - a)] c_5 + \sin[\beta \ln(x - a)] c_5 \right] + \\ + \frac{1}{\beta} \int_a^x \left(\frac{x - a}{t - a} \right)^\alpha \left[(\alpha - 1) \sin \left[\beta \ln \left(\frac{x - a}{t - a} \right) \right] + \beta \cos \left[\beta \ln \left(\frac{x - a}{t - a} \right) \right] \right] F(t) dt \equiv E_3^+ [c_5, c_6, F(x)].$$

Подставляя вместо $F(t)$ его значение из (3), после некоторых преобразований приходим к решению следующего интегрального уравнения типа Вольтерра:

$$y(x) + \frac{1}{\beta} \int_a^x \frac{K_3(x, t)}{t - a} y(t) dt = E_3^+ [c_5, c_6, f(x)], \quad (18)$$

где

$$K_3(x, t) = \left(\frac{x-a}{t-a}\right)^\alpha \left[(\alpha-1) \sin \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{t-a} \right) \right] + \beta \cos \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{t-a} \right) \right] \right] [A(t) - A(a)] + \\ + \int_t^x \left(\frac{x-a}{\tau-a}\right)^\alpha \left[(\alpha-1) \sin \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right) \right] + \beta \cos \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right) \right] \right] \frac{B(\tau, t) - B(a, a)}{t-a} d\tau.$$

В (18) осуществим такую замену $\frac{y(x)}{(x-a)^\alpha} = V_2(x)$,

$$E_{3,1}^+ [c_5, c_6, f(x)] = \frac{E_3^+ [c_5, c_6, f(x)]}{(x-a)^\alpha}, \text{ тогда уравнение (18) примет вид:}$$

$$V_2(x) + \frac{1}{\beta} \int_a^x \frac{K_3^+(x, t)}{t-a} V(t) dt = E_{3,1}^+ [c_5, c_6, f(x)], \quad (19)$$

где

$$K_3^+(x, t) = \left[(\alpha-1) \sin \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{t-a} \right) \right] + \beta \cos \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{t-a} \right) \right] \right] [A(t) - A(a)] + \\ + \int_t^x \left(\frac{t-a}{\tau-a}\right)^\alpha \left[(\alpha-1) \sin \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right) \right] + \beta \cos \left[\beta \ln \left(\frac{x-a}{\tau-a} \right) \right] \right] \frac{B(\tau, t) - B(a, a)}{t-a} d\tau.$$

Пусть функции $A_1(x)$, $f(x)$ и $B_1(x, t)$ при $x \rightarrow a$, $t \rightarrow a$ соответственно обращаются в нуль с асимптотическим поведением

$$A_1(x) = o \left[(x-a)^\varepsilon \right], \quad \varepsilon > 0, \text{ когда } x \rightarrow a, \quad (20)$$

$$f(x) = o \left[(x-a)^{\gamma_9} \right], \quad \gamma_9 > \alpha - 1, \text{ когда } x \rightarrow a \quad (21)$$

и

$$B_1(x, t) = o \left[(x-a)^{\gamma_{10}} (t-a)^{\gamma_{11}} \right], \quad \gamma_{10} > \alpha, \quad \gamma_{11} > 1 - \alpha, \text{ когда } x \rightarrow a, t \rightarrow a, \quad (22)$$

тогда интегральное уравнение (19) будет интегральным уравнением вольтерровского типа со слабой особенностью и его решение через резольвенту, согласно общей теории, даётся при помощи формулы

$$V_2(x) = E_{3,1}^+ [c_5, c_6, f(x)] - \frac{1}{\beta} \int_a^x \Gamma_3^+(x, t) E_{3,1}^+ [c_5, c_6, f(t)] dt, \quad (23)$$

где $\Gamma_3^+(x, t)$ – резольвента интегрального уравнения (19).

В (23) вместо $V_2(x)$, подставляя его значение через неизвестную функцию $y(x)$, получим:

$$y(x) = E_3^+ [c_5, c_6, f(x)] - \frac{(x-a)^\alpha}{\beta} \int_a^x \Gamma_3^+(x, t) E_{3,1}^+ [c_5, c_6, f(t)] dt.$$

2. Пусть $\alpha < 1$, тогда в этом случае, поступая как в случае 1, решение уравнения (1) получим в следующем виде:

$$y(x) = E_3^+ [0, 0, f(x)] - \frac{(x-a)^\alpha}{\beta} \int_a^x \Gamma_{3,1}^+(x, t) E_{3,1}^+ [0, 0, f(t)] dt,$$

где $\Gamma_{3,1}^+(x, t)$ - резольвента интегрального уравнения

$$V_2(x) + \frac{1}{\beta} \int_a^x \frac{K_3^+(x, t)}{t-a} V(t) dt = E_{3,1}^+ [0, 0, f(x)].$$

Таким образом, в случае, когда корни характеристического уравнения (4) являются комплексно-сопряжёнными, решение уравнения (1) даётся при помощи формулы

$$y(x) = \begin{cases} E_3^+ [c_5, c_6, f(x)] - \frac{(x-a)^\alpha}{\beta} \int_a^x \Gamma_3^+(x, t) E_{3,1}^+ [c_5, c_6, f(t)] dt, & \text{когда } \alpha > 1, \\ E_3^+ [0, 0, f(x)] - \frac{(x-a)^\alpha}{\beta} \int_a^x \Gamma_{3,1}^+(x, t) E_{3,1}^+ [0, 0, f(t)] dt, & \text{когда } \alpha < 1. \end{cases} \quad (24)$$

Таким образом доказана:

Теорема 1. Пусть в интегро-дифференциальном уравнении (1) коэффициенты $A(x)$ и $B(x, t)$ такие, что корни алгебраического уравнения (4) являются вещественными и разными. Функции $A_1(x)$, $f(x)$ и $B_1(x, t)$ в случае, когда $1 < \lambda_1 < \lambda_2$ и $\lambda_1 < 1 < \lambda_2$ соответственно обращаются в нуль с асимптотическим поведением (7), (8) и (9).

Тогда неоднородное уравнение (1) в классе функций $y(x) \in C'[a, b]$, обращающихся в нуль в точке $x = a$, всегда разрешимо и его общее решение даётся при помощи формулы (11), где c_1, c_2 - произвольные постоянные числа.

Пусть корни алгебраического уравнения (4) являются вещественными и равными. Функции $A_1(x)$, $f(x)$ и $B_1(x, t)$ в случае, когда $\lambda > 1$, соответственно обращаются в нуль с асимптотическим поведением (14), (15) и (16).

Тогда неоднородное уравнение (1) в классе функций $y(x) \in C'[a, b]$, обращающихся в нуль в точке $x = a$, всегда разрешимо и его общее решение даётся при помощи формулы (17), где c_3, c_4 - произвольные постоянные числа.

Пусть корни алгебраического уравнения (4) являются комплексно-сопряжёнными. Функции $A_1(x)$, $f(x)$ и $B_1(x, t)$, в случае, когда $\lambda > 1$, соответственно обращаются в нуль с асимптотическим поведением (20), (21) и (22).

Тогда неоднородное уравнение (1) в классе функций $y(x) \in C'[a, b]$, обращающихся в нуль в точке $x = a$, всегда разрешимо и его общее решение даётся при помощи формулы (24), где c_5, c_6 - произвольные постоянные числа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейнберг М.М. Интегро-дифференциальные уравнения. – Итоги науки. Сер. Мат. анализ. теор. вероятн. регуляр. 1962, с. 5-37.
2. Некрасов А.И. Об одном классе линейных интегро-дифференциальных уравнений. – М.-Л.: ГТТИ, 1934, с. 1-17. (См. также Некрасов А.И. Полное собр. соч. – М.: Изд. АН СССР, 1961, т.1).
3. Магнарадзе Л.Г. Об одной системе линейных сингулярных интегро-дифференциальных уравнений и о линейной граничной задаче Римана. – Сообщ. АН ГрузССР, 1943, т. 5, №1, с. 3-9.
4. Магнарадзе Л.Г. Об одном новом интегральном уравнении теории крыла самолёта. – Сообщ. АН ГрузССР, 1942, т. 3, №6, с. 503-508.
5. Векуа И.Н. Об интегро-дифференциальном уравнении Прандтля. – Прикл. матем. и мех., 1945, т. 9, №2, с. 143-150.
6. Раджабов Н. Интегральные уравнения типов Вольтерра с фиксированными граничными и внутренними сингулярными и сверхсингулярными ядрами и их приложения. – Душанбе: Деваштитч, 2007, 221 с.
7. Зарипов С.К. Об одном классе немодельного интегро-дифференциального уравнения первого порядка с одной сингулярной точкой в ядре. – Вестник ТНУ, Душанбе, 2015, №1/3(164), с. 27-32.

С.К.ЗАРИПОВ

ДАР БОРАИ ЯК СИНФИ МУОДИЛАҶОИ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНСИАЛИИ ҒАЙРИМОДЕЛИИ ТАРТИБИ ЯКУМ БО ЯК НУҚТАИ СИНГУЛЯРӢ ДАР ЯДРОЯШ

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақола барои як синфи муодилаҳои интегро-дифференсиалии тартиби якум, вобаста аз решаҳои муодилаи характеристикӣ, тасвири интегралӣ ҳал бо ёрии доимӣҳои ихтиёрӣ ёфта шудааст. Усули дар мақола истифодабурдашударо барои омӯхтани муодилаҳои интегро-дифференсиалии ғайримоделии тартибашон ба-ланд истифода бурдан мумкин аст.

Калимаҳои калидӣ: муодилаи интегро-дифференсиалӣ, нуқтаҳои сарҳадии сингулярӣ, бисёршаклаи ҳалҳо, тасвири интегралӣ, муодилаи интегралӣ.

S.K.ZARIPOV

ABOUT ONE CLASS FIRST ORDER NON MODEL INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATION WITH ONE SINGULAR POINT IN THE KERNEL

Tajik National University

In this work for the one class first order non model integro-differential equation with one singular point in the kernel, obtained integral representation manifold solution by two arbitrary constants. The method of solving this problem can be used for the solving of higher order non model integro-differential equation with singular coefficients.

Key words: integro-differential equation, boundary singular points, manifold solution, integral representation, integral equation.

УДК 534.16:535.341

Т.Х.САЛИХОВ, А.МАХМАЛАТИФ, Ю.П.ХОДЖАЕВ

**ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ
НЕЛИНЕЙНОГО ФОТОАКУСТИЧЕСКОГО ОТКЛИКА В ОПТИЧЕСКИ
НЕОДНОРОДНЫХ ДВУХСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦАХ**

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 19.12.2016 г.

Предложена теория генерации второй гармоники (ВГ) нелинейного ФА-сигнала в оптически неоднородных двухслойных образцах. Для наиболее интересных случаев установлены зависимости амплитуд и фазы этого сигнала от частоты модуляции падающего луча и термических коэффициентов (ТК) теплофизических и оптических параметров, включая оптический коэффициент поглощения.

Ключевые слова: фотоакустика, тепловая нелинейность, двухслойные системы, нелинейный фотоакустический отклик, вторая гармоника, оптическая неоднородность.

Особенности генерации нелинейного фотоакустического (ФА) сигнала для одно- и двухслойных оптически однородных систем теоретически подробно исследованы в [1-8]. Теория генерации второй гармоники (ВГ) оптически неоднородных однослойных твердотельных образцов подробно рассмотрена в [9], где было установлено, что амплитуда этой гармоники сигнала также зависит от термического коэффициента (ТК) оптического поглощения образца. Тогда очевидно, что измерение амплитуды ВГ нелинейного ФА-сигнала позволяет определить температурную зависимость коэффициента поглощения, измерение которой непосредственно оптическим способом сопряжено с большими трудностями. Целью настоящей работы является создание теории возбуждения ВГ ФА-сигнала двухслойными оптически неоднородными твердотельными образцами.

Исходим из системы уравнений для функции $\Psi_{2i}(t, x) = \Phi_{2Ni}(t, x) + 0,5\delta_{2i}\Phi_{Li}^2(t, x)$, полученной для рассматриваемого случая в [10]:

Адрес для корреспонденции: Салихов Тагаймурод Хаитович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: tsalikhov@mail.ru

$$\frac{\partial^2 \Psi_{2i}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_i^{(0)}} \frac{\partial \Psi_{2i}}{\partial t} = \frac{\delta_i - \delta_{2i}}{2\chi_i^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{Li}^2}{\partial t}, \quad (i = g, b), \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \Psi_{2S(1)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_{S(1)}^{(0)}} \frac{\partial \Psi_{2S(1)}}{\partial t} = \frac{\delta_{S(1)} - \delta_{2S(1)}}{2\chi_{S(1)}^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{LS(1)}^2}{\partial t} - \frac{I_0 A_{S(1)}^{(0)} \beta_1^{(0)} e^{\beta_1^{(0)} x}}{2k_{S(1)}^{(0)}} e^{i\omega t} \times \{ \delta_{3(1)} \Phi_{LS(1)}(0, t) + \delta_{4(1)} [\Phi_{LS(1)}(x, t) + \beta_1^{(0)} \int_0^x \Phi_{LS(1)}(y, t) dy] \}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \Psi_{2S(2)}}{\partial x^2} - \frac{1}{\chi_{S(2)}^{(0)}} \frac{\partial \Psi_{2S(2)}}{\partial t} = \frac{\delta_{1S(2)} - \delta_{2S(2)}}{2\chi_{S(2)}^{(0)}} \frac{\partial \Phi_{LS(2)}^2}{\partial t} - \frac{I_0 A_{S(2)}^{(0)} (1 - R_{S(1)})^{(0)} \beta_2^{(0)} e^{\beta_2^{(0)} (x + l_{S(1)})}}{2k_{S(2)}^{(0)}} e^{i\omega t} \times \{ \delta_{3(2)} \Phi_{LS(2)}(0, t) + \delta_{4(2)} [\Phi_{LS(2)}(x, t) + \beta_2^{(0)} \int_{-l_1}^x \Phi_{LS(2)}(y, t) dy] + \beta_1^{(0)} \int_0^{-l_1} \Phi_{LS(1)}(y, t) dy \}. \quad (3)$$

В (1)-(3) $C_{pi}^{(0)} = C_{pi}(T_0)$, $\kappa_i^{(0)} = \kappa_i(T_0)$, $A^{(0)} = A(T_0)$, $\beta_i^{(0)} = \beta_i(T_0)$ – начальные значения теплоемкости единицы объема, коэффициента теплопроводности, поглощательной способности и оптического коэффициента поглощения соответствующих слоев, а $\delta_i = (1/C_{pi}^{(0)})(\partial C_{pi}/\partial T)$, $\delta_{2i} = (1/\kappa_{2i}^{(0)})(\partial \kappa_{2i}/\partial T)$, $\delta_3 = (1/A^{(0)})(\partial A/\partial T)$, $\delta_{4i} = (1/\beta_i^{(0)})(\partial \beta_i/\partial T)$ – ТК этих величин; $\chi_i^{(0)} = \kappa_i^{(0)}/\rho C_{pi}^{(0)}$, $\Phi_{Li}(t, x)$ – линейная составляющая колебания температуры для рассматриваемого двухслойного образца [11]:

$$\Phi_{Lg} = \Theta_L e^{-\sigma_{1g} x}, \quad \Phi_{Lb} = W_L e^{\sigma_{1b}(x+l_1+l_2)}, \quad \Theta_L = -(E_1 \Delta_1 + 2E_2 \Delta_2) / \Delta, \quad E_2 = B(\beta_1^{(0)})^2 - \sigma_{1S(1)}^2)^{-1},$$

$$\Phi_{LS(1)} = U_{L1} e^{\sigma_{1S(1)} x} + V_{L1} e^{-\sigma_{1S(1)} x} - E_1 e^{\beta_1^{(0)} x}, \quad B = \frac{I_0 \beta_1^{(0)}}{2k_{S(1)}^{(0)}}, \quad 2V_{L1} = \Theta_L - E_1 \left(\frac{\beta_1^{(0)}}{\sigma_{1S(1)}} - 1 \right),$$

$$\Phi_{LS(2)} = U_{L2} e^{\sigma_{1S(2)}(x+l_1)} + V_{L2} e^{-\sigma_{1S(2)}(x+l_1)} - E_2 e^{\beta_2^{(0)}(x+l_1)}, \quad E_2 = B_1((\beta_2^{(0)})^2 - \sigma_2^2)^{-1},$$

$$B_1 = 0.5 I_0 \beta_2^{(0)} (k_{S(2)}^{(0)}) e^{-\beta_1^{(0)} l_1},$$

$$W_{Lb} = b(U_{L2} e^{-\sigma_{1S(2)} l_2} - V_{L2} e^{\sigma_{1S(2)} l_2} - E_2 e^{-\beta_2 l_2} \beta_2 (\sigma_{1S(2)})^{-1}), \quad 2U_{L1} = \Theta_L + E_1 (\beta_1 (\sigma_{1S(1)})^{-1} + 1),$$

$$U_{L2} = 0.25 \{ [\Theta_L + E_1 (\beta_1 (\sigma_{1S(1)})^{-1} + 1)] (s+1) e^{-\sigma_{1S(1)} l_1} - [\Theta_L - E_1 (\beta_1 (\sigma_{1S(1)})^{-1} - 1)] (s-1) e^{\sigma_{1S(1)} l_1} - 2E_1 (s\beta_1 (\sigma_{1S(1)})^{-1} + 1) e^{-\beta_1 l_1} + 2E_2 (\beta_2 (\sigma_{1S(2)})^{-1} + 1) \},$$

$$V_{L2} = -0.25 \{ [\Theta_L + E_1 (\beta_1^{(0)} (\sigma_{1S(1)})^{-1} + 1)] (s-1) e^{-\sigma_{1S(1)} l_1} - [\Theta_L - E_1 (\beta_1^{(0)} (\sigma_{1S(1)})^{-1} - 1)] \times \times (s+1) e^{\sigma_{1S(1)} l_1} - 2E_1 (s\beta_1^{(0)} (\sigma_{1S(1)})^{-1} - 1) e^{-\beta_1^{(0)} l_1} + 2E_2 (\beta_2^{(0)} (\sigma_{1S(2)})^{-1} - 1) \},$$

$$\begin{aligned}
\Delta &= [(s+1)(b-1)e^{-\sigma_{1S(1)l_1}} e^{-\sigma_{1S(2)l_2}} - e^{\sigma_{1S(1)l_1}} (s-1)](b-1)e^{-\sigma_{1S(2)l_2}} + \\
&+ [(s-1)e^{-\sigma_{1S(1)l_1}} - (s+1)e^{\sigma_{1S(1)l_1}}](b+1)e^{\sigma_{1S(1)l_1}} e^{\sigma_{1S(2)l_2}}, \\
\Delta_2 &= (\beta_2^{(0)}(\sigma_{1S(2)})^{-1} + 1)(b-1)e^{-\sigma_{1S(2)l_2}} + \\
&+ (\beta_2^{(0)}(\sigma_{1S(2)})^{-1} - 1)(b+1)e^{\sigma_{1S(2)l_2}} - 2(b\beta_2^{(0)}(\sigma_{1S(2)})^{-1} - 1)e^{-\beta_2^{(0)l_2}}, \\
\Delta_1 &= [(\beta_1^{(0)}(\sigma_{1S(1)})^{-1} + 1)(s+1)e^{-\sigma_{1S(1)l_1}} + (\beta_1^{(0)}(\sigma_{1S(1)})^{-1} - 1)(s-1)e^{\sigma_{1S(1)l_1}}](b-1)e^{-\sigma_{1S(2)l_2}} - \\
&- 2[(s\beta_1^{(0)}(\sigma_{1S(1)})^{-1} + 1)(b-1)e^{-\sigma_{1S(2)l_2}} + (s\beta_1^{(0)}(\sigma_{1S(1)})^{-1} - 1)(b+1)e^{\sigma_{1S(2)l_2}}]e^{-\beta_1 l_1} + \\
&+ [(\beta_1^{(0)}(\sigma_{1S(1)})^{-1} + 1)(s-1)e^{-\sigma_{1S(1)l_1}} + (\beta_1^{(0)}(\sigma_{1S(1)})^{-1} - 1)(s+1)e^{\sigma_{1S(1)l_1}}](b+1)e^{\sigma_{1S(2)l_2}}.
\end{aligned}$$

В вышеприведенных выражениях использованы следующие обозначения:

$$g_1 = k_g^{(0)} \sigma_{1g} / k_{S(1)}^{(0)} \sigma_{1S(1)}, \quad s_1 = k_{S(1)}^{(0)} \sigma_{1S(1)} / k_{S(2)}^{(0)} \sigma_{1S(2)}, \quad b_1 = k_{S(2)}^{(0)} \sigma_{1S(2)} / k_b^{(0)} \sigma_{1b},$$

где $\sigma_{1g} = (1+i) / \mu_{1g}^{(0)}$, $\sigma_{1S(1)} = (1+i) / \mu_{1S(1)}^{(0)}$, $\sigma_{1S(2)} = (1+i) / \mu_{1S(2)}^{(0)}$, $\sigma_{1b} = (1+i) / \mu_{1b}^{(0)}$,
 $\mu_i = (\omega / 2\chi_i^{(0)})^{1/2}$ – длина тепловой волны в соответствующих средах.

Восемь граничных условий, необходимых для решения (1)-(4), имеют вид:

$$\Phi_{2Ns(1)}(t, 0) = \Phi_{2Ng}(t, 0), \quad \Phi_{2Nb}(t, -l_b - l_{S(1)} - l_{S(2)}) = \Phi_{2Ns(2)}(t, -l_b - l_{S(1)} - l_{S(2)}), \quad (4)$$

$$\left. \frac{\partial \Psi_{2g}(t, x)}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{\kappa_{s(1)}^{(0)}}{\kappa_g^{(0)}} \left. \frac{\partial \Psi_{2s}(t, x)}{\partial x} \right|_{x=0}, \quad \Phi_{2Ns(1)}(t, -l_{s(1)}) = \Phi_{2Ns(2)}(t, -l_{s(2)}), \quad (5)$$

$$\left. \frac{\partial \Psi_{2S(1)}(t, x)}{\partial x} \right|_{x=-l_{s(1)}} = \frac{\kappa_{s(2)}^{(0)}}{\kappa_{s(1)}^{(0)}} \left. \frac{\partial \Psi_{2S(2)}(t, x)}{\partial x} \right|_{x=-l_{s(2)}}, \quad (6)$$

$$\left. \frac{\partial \Psi_{2b}(t, x)}{\partial x} \right|_{x=-l_{S(1)}-l_{S(2)}} = \frac{\kappa_{s(2)}^{(0)}}{\kappa_b^{(0)}} \left. \frac{\partial \Psi_{2s}(t, x)}{\partial x} \right|_{x=-l_{S(1)}-l_{S(2)}},$$

$$\Phi_{2Nb}(t, -l_{S(1)} - l_{S(2)} - l_b) = \Phi_{2Ng}(t, l_g) = 0. \quad (7)$$

Учитывая наличие гармонических источников в правых частях (2) и (3), а также то, что $\Phi_L^2 \approx \Phi_L^2(\omega, x) \exp(i2\omega t)$, в (1)-(3), положим $\Psi_{2i}(t, x) = \Psi_{2i}(\omega, x) \exp(i2\omega t)$. Тогда, используя обозначения $\sigma_{2i}^2 = 2i\omega(\chi_i^{(0)})^{-1}$, $\sigma_{2i} = (1+i)\mu_{2i}^{-1}$, где $\mu_{2i} = \mu_i / \sqrt{2}$ – длина тепловой диффузии ВГ тепловой волны, получим:

$$\frac{d^2 \Psi_{2i}}{dx^2} - \sigma_{2i}^2 \Psi_{2i} = \frac{(\delta_i - \delta_{2i})}{2} \sigma_{2i}^2 \Phi_{Li}^2(\omega, x), \quad (i = g, b), \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 \Psi_{2S(1)}}{\partial x^2} - \sigma_{2S(1)}^2 \Psi_{2S(1)} = \frac{\sigma_{2S(1)}^2 (\delta_{1S(1)} - \delta_{2S(1)}) \Phi_{LS(1)}^2(x, \omega)}{2} -$$

$$- B e^{\beta_1^{(0)} x} \{ \delta_{3S(1)} \Phi_{LS(1)}(0, \omega) + \delta_{4S(1)} \Phi_{LS(1)}(x, \omega) + \delta_{4S(1)} \beta_1^{(0)} \int_0^x \Phi_{LS(1)}(y, \omega) dy \}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 \Psi_{2S(2)}}{\partial x^2} - \sigma_{2S(2)}^2 \Psi_{2S(2)} = \frac{\sigma_{2S(2)}^2 (\delta_{1S(2)} - \delta_{2S(2)}) \Phi_{LS(2)}^2(x, \omega)}{2} -$$

$$- B_1 e^{\beta_2^{(0)}(x+l_1)} \{ \delta_{3S(2)} \Phi_{LS(2)}(-l_1, \omega) + \delta_{4S(2)} \Phi_{LS(2)}(x, \omega) + \delta_{4S(2)} \beta_2^{(0)} \times$$

$$\times \int_{-l_1}^x \Phi_{LS(2)}(y, \omega) dy + \delta_{4S(1)} \beta_1^{(0)} \int_0^{-l_1} \Phi_{LS(1)}(y, \omega) dy \}, \quad (10)$$

$$\text{где } B_1 = \frac{I_0 A_{S(2)}^{(0)} (1 - R_{S(1)})^{(0)} \beta_2^{(0)} e^{-\beta_1^{(0)} l_{S(1)}}}{2k_{S(2)}^{(0)}}.$$

Для решения неоднородных уравнений второго порядка (8)-(10) воспользуемся известным методом вариации постоянных. Тогда, используя обозначения $R_{2i} = 0.25(\delta_i - \delta_{2i})\sigma_{2i}$, для искомых функций будем иметь

$$\Psi_{2g}(\omega, x) = \Theta_{2Ng} e^{-\sigma_{2g} x} + e^{\sigma_{2g} x} W_{1g}(\omega, x) - e^{-\sigma_{2g} x} W_{2g}(\omega, x), \quad (11)$$

$$\Psi_{2b}(\omega, x) = W_{2Nb} e^{+\sigma_{2b}(x+l_{S(1)}+l_{S(2)})} + e^{\sigma_{2b}(x+l_{S(1)}+l_{S(2)})} W_{1b}(\omega, x) - e^{-\sigma_{2b}(x+l_{S(1)}+l_{S(2)})} W_{2b}(\omega, x), \quad (12)$$

$$\Psi_{2S(1)} = \gamma_{1(1)} e^{\sigma_{2S(1)} x} + \gamma_{2(1)} e^{-\sigma_{2S(1)} x} + [W_{1S(1)}(\omega, x) - Q_{1S(1)}(\omega, x)] e^{\sigma_{2S(1)} x} -$$

$$- [W_{2S(1)}(\omega, x) - Q_{2S(1)}(\omega, x)] e^{-\sigma_{2S(1)} x}, \quad (13)$$

$$\Psi_{2S(2)} = \gamma_{1(2)} e^{\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})} + \gamma_{2(2)} e^{-\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})} +$$

$$+ [R_{2S(2)} W_{1S(2)}(\omega, x) - Q_{2S(2)}(\omega, x) - H_3(\omega, x) - H_5(\omega, x)] e^{\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})} -$$

$$- [W_{2S(2)}(\omega, x) - Z_{2S(2)}(\omega, x) - H_4(\omega, x) - H_6(\omega, x)] e^{-\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})}. \quad (14)$$

В (11)-(14) использованы следующие обозначения:

$$W_{1g}(\omega, x) = R_{2g} \int \Phi_{Lg}^2(\omega, x) e^{-\sigma_{2g} x} dx, \quad W_{2g}(\omega, x) = R_{2g} \int \Phi_{Lg}^2(\omega, x) e^{\sigma_{2g} x} dx,$$

$$W_{1b}(\omega, x) = R_{2b} \int \Phi_{Lb}^2(\omega, x) e^{-\sigma_{2b}(x+l_{S(1)}+l_{S(2)})} dx, \quad W_{2b}(\omega, x) = R_{2b} \int \Phi_{Lb}^2(\omega, x) e^{\sigma_{2b}(x+l_{S(1)}+l_{S(2)})} dx,$$

$$W_{1S(1)}(\omega, x) = R_{2S(1)} \int \Phi_{LS(1)}^2(x, \omega) e^{-\sigma_{2S(1)} x} dx,$$

$$W_{2S(2)}(\omega, x) = R_{2S(2)} \int \Phi_{LS(2)}^2(x, \omega) e^{\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})} dx,$$

$$W_{1S(2)}(\omega, x) = R_{1S(2)} \int e^{-\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})} \Phi_{LS(2)}^2(x, \omega) dx,$$

$$W_{2S(1)}(\omega, x) = R_{2S(1)} \int e^{\sigma_{2S(1)}x} \Phi_{LS(1)}^2(x, \omega) dx,$$

$$Q_{1S(1)}(\omega, x) = 0.5B\delta_{3(1)}(\sigma_{2S(1)})^{-1} \int e^{(\beta_1 - \sigma_{2S(1)})x} \Phi_{LS(1)}(0, \omega) dx,$$

$$Q_{1S(2)}(\omega, x) = 0.5B_1\delta_{3(2)}(\sigma_{2S(1)})^{-1} \int e^{(\beta_2 - \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})} \Phi_{LS(2)}(-l_{S(1)}, \omega) dx,$$

$$Z_{1S(1)}(\omega, x) = 0.5B\delta_{3(1)}(\sigma_{2S(1)})^{-1} \int e^{(\beta_1 + \sigma_{2S(1)})x} \Phi_{LS(1)}(0, \omega) dx,$$

$$Z_{2S(2)}(\omega, x) = 0.5B_1\delta_{3(2)}(\sigma_{2S(1)})^{-1} \int e^{(\beta_2 - \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})} \Phi_{LS(2)}(-l_{S(1)}, \omega) dx,$$

$$H_{1,2}(\omega, x) = 0.5B_1\delta_{4(1)}(\sigma_{2S(1)})^{-1} \int [\Phi_{L1S(1)}(\omega, x) - \beta_1^{(0)} \int_0^x \Phi_{L1S(1)}(\omega, y) dy] e^{(\beta_1^{(0)} \mp \sigma_{2S(1)})x} dx,$$

$$H_{3,4}(\omega, x) = 0.5B_1\delta_{4(2)}(\sigma_{2S(2)})^{-1} \int [\Phi_{L2S(2)}(\omega, x) - \beta_2^{(0)} \int_{-l_1}^x \Phi_{L2S(2)}(\omega, y) dy] e^{(\beta_2^{(0)} \mp \sigma_{2S(2)})(x+l_1)} dx,$$

$$H_{5,6}(\omega, x) = 0.5B_1\delta_{4(1)}(\sigma_{2S(2)})^{-1} \beta_1^{(0)} \int_0^{-l_1} [\Phi_{L1S(1)}(\omega, y) dy] e^{(\beta_2^{(0)} \mp \sigma_{2S(2)})(x+l_1)} dx,$$

Выше выписан явный вид функции $\Phi_{L_i}(\omega, x)$, и это позволяет вычислить выше-приведенные интегралы. Выполняя эту операцию, получим

$$W_{1g}(\omega, x) = -R_{2g} \Theta_L^2(\sigma_{2g} + 2\sigma_{1g})^{-1} e^{-(\sigma_{2g} + 2\sigma_{1g})x},$$

$$W_{2g}(\omega, x) = R_{2g} \Theta_L^2(\sigma_{2g} - 2\sigma_{1g})^{-1} e^{(\sigma_{2g} - 2\sigma_{1g})x},$$

$$W_{1b}(\omega, x) = -\frac{R_{2b}W_L^2}{\sigma_{2b} - 2\sigma_{1b}} e^{-(\sigma_{2b} - 2\sigma_{1b})(x+l_{S(1)}+l_{S(2)})}, \quad W_{2b}(\omega, x) = \frac{R_{2b}W_L^2}{\sigma_{2b} + 2\sigma_{1b}} e^{(\sigma_{2b} + 2\sigma_{1b})(x+l_{S(1)}+l_{S(2)})},$$

$$W_{1S(1)}(\omega, x) = R_{2S(1)} \left[\frac{U_{L1}^2 e^{(2\sigma_{1S(1)} - \sigma_{2S(1)})x}}{2\sigma_{1S(1)} - \sigma_{2S(1)}} - \frac{V_{L1}^2 e^{-(2\sigma_{1S(1)} + \sigma_{2S(1)})x}}{2\sigma_{1S(1)} + \sigma_{2S(1)}} + \frac{E_1^2 e^{(2\beta_1 - \sigma_{2S(1)})x}}{2\beta_1 - \sigma_{2S(1)}} - \frac{2e^{-\sigma_{2S(1)}x} V_{L1} U_{L1}}{\sigma_{2S(1)}} - \frac{2U_{L1} E_1 e^{(\beta_1 - \sigma_{2S(1)} + \sigma_{1S(1)})x}}{\beta_1 - \sigma_{2S(1)} + \sigma_{1S(1)}} - \frac{2V_{L1} E_1 e^{(\beta_1 - \sigma_{2S(1)} - \sigma_{1S(1)})x}}{\beta_1 - \sigma_{2S(1)} - \sigma_{1S(1)}} \right],$$

$$W_{2S(1)}(\omega, x) = R_{2S(1)} \left[\frac{U_{L1}^2 e^{(2\sigma_{1S(1)} + \sigma_{2S(1)})x}}{2\sigma_{1S(1)} + \sigma_{2S(1)}} - \frac{V_{L1}^2 e^{-(2\sigma_{1S(1)} - \sigma_{2S(1)})x}}{2\sigma_{1S(1)} - \sigma_{2S(1)}} + \frac{E_1^2 e^{(2\beta_1 + \sigma_{2S(1)})x}}{2\beta_1 + \sigma_{2S(1)}} + \frac{2e^{\sigma_{2S(1)}x} V_{L1} U_{L1}}{\sigma_{2S(1)}} - \frac{2U_{L1} E_1 e^{(\beta_1 + \sigma_{2S(1)} + \sigma_{1S(1)})x}}{\beta_1 + \sigma_{2S(1)} + \sigma_{1S(1)}} - \frac{2V_{L1} E_1 e^{(\beta_1 + \sigma_{2S(1)} - \sigma_{1S(1)})x}}{\beta_1 + \sigma_{2S(1)} - \sigma_{1S(1)}} \right],$$

$$W_{1S(2)}(\omega, x) = R_{2S(2)} \left[\frac{U_{L2}^2 e^{(2\sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{2\sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)}} - \frac{V_{L2}^2 e^{-(2\sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{2\sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)}} + \frac{E_2^2 e^{(2\beta_2 - \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{2\beta_2 - \sigma_{2S(2)}} - \frac{2U_{L2}V_{L2}e^{-\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})}}{\sigma_{2S(2)}} - \frac{2U_{L2}E_2e^{(\beta_2 + \sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{\beta_2 + \sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)}} - \frac{2V_{L2}E_2e^{(\beta_2 - \sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{\beta_2 - \sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)}} \right],$$

$$W_{2S(2)}(\omega, x) = R_{2S(2)} \left[\frac{U_{L2}^2 e^{(2\sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{2\sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)}} - \frac{V_{L2}^2 e^{-(2\sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{2\sigma_{1S(2)} - \sigma_{2S(2)}} + \frac{E_2^2 e^{(2\beta_2 + \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{2\beta_2 + \sigma_{2S(2)}} + \frac{2U_{L2}V_{L2}e^{\sigma_{2S(2)}(x+l_{S(1)})}}{\sigma_{2S(2)}} - \frac{2U_{L2}E_2e^{(\beta_2 + \sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{\beta_2 + \sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)}} - \frac{2V_{L2}E_2e^{(\beta_2^{(0)} - \sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)})(x+l_{S(1)})}}{\beta_2 - \sigma_{1S(2)} + \sigma_{2S(2)}} \right],$$

$$Q_{1S(1)}(\omega, x) = 0.5B\delta_{3(1)}(\sigma_{2S(1)}(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2S(1)}))^{-1}[U_{L1} + V_{L1} - E_1]e^{(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2S(1)})x},$$

$$Z_{1S(1)}(\omega, x) = 0.5B\delta_{3(1)}(\sigma_{2S(1)}(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2S(1)}))^{-1}[U_{L1} + V_{L1} - E_1]e^{(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2S(1)})x},$$

$$Q_{2S(2)}(\omega, x) = 0.5B_1\delta_{3(2)}\Phi_{LS(2)}(l_{S(1)}, \omega)\delta_{3(2)}(\sigma_{2S(2)}(\beta_2^{(0)} - \sigma_{2S(2)}))^{-1}e^{(\beta_2^{(0)} - \sigma_{2S(2)})(x+l)},$$

$$Z_{2S(2)}(\omega, x) = 0.5B_1\delta_{3(2)}\Phi_{LS(2)}(l_{S(1)}, \omega)\delta_{3(2)}(\sigma_{2S(2)}(\beta_2^{(0)} - \sigma_{2S(2)}))^{-1}e^{(\beta_2^{(0)} + \sigma_{2S(2)})(x+l)},$$

$$H_1(\omega, x) = \frac{B\delta_{4(1)}}{2\sigma_{2s}} \left[\frac{U_{L1}e^{(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s} + \sigma_s)x}}{\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s} + \sigma_s} \left(1 + \frac{\beta_1^{(0)}}{\sigma_s}\right) + \frac{U_{L1}e^{(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s} - \sigma_s)x}}{\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s} - \sigma_s} \left(1 - \frac{\beta_1^{(0)}}{\sigma_s}\right) - \frac{\beta_1^{(0)}e^{(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s})x}}{\sigma_s(\beta_1^{(0)} - \sigma_s)}(U_{L1} - V_{L1}) - 2\frac{E_1e^{(2\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s})x}}{2\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s}} + \frac{E_1e^{(\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s})x}}{\beta_1^{(0)} - \sigma_{2s}} \right],$$

$$H_2(\omega, x) = \frac{B\delta_{4(1)}}{2\sigma_{2s}} \left[\frac{U_{L1}e^{(\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s} + \sigma_s)x}}{\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s} + \sigma_s} \left(1 + \frac{\beta_1^{(0)}}{\sigma_s}\right) + \frac{V_{L1}e^{(\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s} - \sigma_s)x}}{\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s} - \sigma_s} \left(1 - \frac{\beta_1^{(0)}}{\sigma_s}\right) - \frac{\beta_1^{(0)}e^{(\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s})x}}{\sigma_s(\beta_1^{(0)} + \sigma_s)}(U - V_{L1}) - 2\frac{E_1e^{(2\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s})x}}{2\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s}} + \frac{E_1e^{(\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s})x}}{\beta_1^{(0)} + \sigma_{2s}} \right],$$

$$H_3(\omega, x) = \frac{B_1\delta_{4(2)}}{2\sigma_{2s}} \left[\frac{U_{L2}e^{(\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s} + \sigma_s)(x+l_1)}}{\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s} + \sigma_s} \left(1 + \frac{\beta_2^{(0)}}{\sigma_s}\right) + \frac{V_{L2}e^{(\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s} - \sigma_s)(x+l_1)}}{\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s} - \sigma_s} \left(1 - \frac{\beta_2^{(0)}}{\sigma_s}\right) - \frac{\beta_2^{(0)}e^{(\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s})(x+l_1)}}{\sigma_s(\beta_2^{(0)} + \sigma_s)}(U_{L2} - V_{L2}) - 2\frac{E_2e^{(2\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s})(x+l_1)}}{2\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s}} + \frac{E_2e^{(\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s})(x+l_1)}}{\beta_2^{(0)} + \sigma_{2s}} \right],$$

$$H_4(\omega, x) = \frac{B_1\delta_{4(2)}}{2\sigma_{2s}} \left[\frac{Ue^{(\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s} + \sigma_s)(x+l_1)}}{\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s} + \sigma_s} \left(1 + \frac{\beta_2^{(0)}}{\sigma_s}\right) + \frac{V_{L1}e^{(\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s} - \sigma_s)(x+l_1)}}{\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s} - \sigma_s} \left(1 - \frac{\beta_2^{(0)}}{\sigma_s}\right) - \frac{\beta_2^{(0)}e^{(\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s})(x+l_1)}}{\sigma_s(\beta_2^{(0)} - \sigma_s)}(U - V_{L1}) - 2\frac{Ee^{(2\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s})(x+l_1)}}{2\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s}} + \frac{Ee^{(\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s})(x+l_1)}}{\beta_2^{(0)} - \sigma_{2s}} \right],$$

В выражения (11)-(14) входят неизвестные величины Θ_{2Ng} , $\gamma_{1(1)}$, $\gamma_{1(2)}$, $\gamma_{2(1)}$, $\gamma_{2(2)}$, W_{2Nb} . Для определения этих величин используем граничные условия (4)–(7) и получаем систему из шести алгебраических уравнений. Из совместного решения этой системы получим следующее выражение для Θ_{2Ng} :

$$\begin{aligned} \Theta_{2Ng} = & W_{2g}(\omega, 0) - W_{1g}(\omega, 0) - 0.5[\delta_{2S(1)}\Phi_{LS(1)}^2(\omega, 0) - \delta_{2g}\Phi_{Lg}^2(\omega, 0)] + \\ & + 2\Delta_{1(2)}\{W_{1S(1)}(\omega, 0) - Q_{1S(1)}(0, x) - H_1(\omega, 0) - \\ & - W_{1S(1)}(\omega, -l_{S(1)}) + Q_{1S(1)}(\omega, -l_{S(1)}) + H_1(\omega, -l_{(1)})\}\Delta_{0(2)}^{-1} + \\ & + 2\Delta_{2(2)}\Delta_{0(2)}^{-1}\{W_{2S(1)}(\omega, -l_{S(1)}) - Z_{1S(1)}(\omega, -l_{S(1)}) - H_2(\omega, -l_{(1)}) - \\ & - W_{2S(1)}(\omega, 0) + Z_{1S(1)}(\omega, 0) + H_2(\omega, 0)\} + [\delta_{2S(1)}\Phi_{LS(1)}^2(\omega, -l_{S(1)}) - \\ & - \delta_{2S(2)}\Phi_{LS(2)}^2(\omega, -l_{S(1)})]\Delta_{3(2)}\Delta_{0(2)}^{-1} + 4\Delta_{4(2)}\Delta_{0(2)}^{-1} \times \\ & \times \{[W_{1S(2)}(\omega, -l_{S(1)}) - Q_{1S(2)}(\omega, -l_{S(1)}) - H_3(\omega, -l_{(1)})] - \\ & - W_{1S(2)}(\omega, -l_{S(1)} - l_{S(2)}) + Q_{1S(2)}(\omega, -l_{S(1)} - l_{S(2)}) + H_3(\omega, -l_{(1)} - l_{(2)})\} - \\ & - 4\Delta_{5(2)}\Delta_{0(2)}^{-1}\{[W_{2S(2)}(\omega, -l_{S(1)}) - Z_{2S(2)}(\omega, -l_{S(1)}) - H_4(\omega, -l_{(1)})] - \\ & - W_{2S(2)}(\omega, -l_{S(1)} - l_{S(2)}) + Z_{2S(2)}(\omega, -l_{S(1)} - l_{S(2)}) - \\ & - H_4(\omega, -l_{(1)} - l_{(2)})\} - \Delta_{0(2)}^{-1}2b\{4W_{2b}(\omega, -l_{S(1)} - l_{S(2)}) - \\ & - \delta_{2S(2)}\Phi_{LS(2)}^2(\omega, -l_{S(1)} - l_{S(2)}) + \delta_{2b}\Phi_{Lb}^2(\omega, -l_{S(1)} - l_{S(2)})\}, \end{aligned}$$

где $b^{-1} = k_{S(2)}^{(0)}\sigma_{2S(2)} / k_b^{(0)}\sigma_{2b}$,

$$\Delta_{0(2)} = e^{-\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b-1)[(1+s)e^{-\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}} + (1-s)e^{\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}}] + e^{\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b+1)[(1-s)e^{-\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}} + (1+s)e^{\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}}]}$$

$$\Delta_{1(2)} = e^{-\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b-1)e^{-\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}(1+s)} + e^{\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b+1)e^{-\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}(1-s)}},$$

$$b^{-1} = k_{S(2)}^{(0)}\sigma_{2S(2)} / k_b^{(0)}\sigma_{2b}, \quad \Delta_{4(2)} = e^{-\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b-1)},$$

$$\Delta_{2(2)} = e^{-\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b-1)e^{\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}(1-s)} + e^{\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b+1)e^{\sigma_{2S(1)l_{S(1)}}(1+s)}},$$

$$\Delta_{3(2)} = e^{-\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b-1) + e^{\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b+1)}, \quad \Delta_{5(2)} = e^{\sigma_{2S(2)l_{S(2)}}(b+1)},$$

$$s = k_{S(1)}^{(0)}\sigma_{2S(1)} / k_{S(2)}^{(0)}\sigma_{2S(2)}.$$

Для рассматриваемого случая выражение

$$\Phi_{2Ng}(\omega, x) = \Theta_{2Ng}e^{-\sigma_{2g}x} + e^{\sigma_{2g}x}W_{1g}(\omega, x) - e^{-\sigma_{2g}x}W_{2g}(\omega, x) - 0.5\delta_{2g}\Phi_{Lg}^2(\omega, x) \quad (15)$$

определяет нелинейные составляющие колебания температуры на удвоенной частоте. Тогда нелинейный ВГ ФА-сигнал будет определяться выражением

$$\delta p_2(\omega) = \frac{\gamma P_0 2\pi\mu_{2g}}{T_{00}l_g} \bar{\Phi}_{2N}(\omega) = \frac{\gamma P_0}{T_{00}l_g} \int_0^{2\pi\mu_{2g}} \Phi_{2N}(\omega, x) dx = \frac{\gamma P_0 \xi_{2N}}{T_{00}l_g}. \quad (16)$$

$$\text{Здесь} \quad \xi_{2N} = \Theta_{2N} \xi_1 - 0.5 \delta_{2g} \xi_2 + \xi_3 - \xi_4, \quad \xi_1 = \int_0^{2\pi\mu_{2g}} \exp(-\sigma_{2g} x) dx = \frac{1}{\sigma_{2g}},$$

$$\xi_2 = \int_0^{2\pi\mu_{2g}} \Phi_{Lg}^2(\omega, x) dx = \frac{\Theta_L^2}{2\sigma_g}, \quad \xi_3 = \int_0^{2\pi\mu_{2g}} \exp[(\sigma_{2g} x)] W_{1g}(\omega, x) dx = -\frac{\Theta_L^2 R_{2g}}{2\sigma_g (\sigma_g + \sigma_{2g})},$$

$$\xi_4 = \int_0^{2\pi\mu_{2g}} \exp[(-\sigma_{2g} x)] W_{2g}(\omega, x) dx = \frac{\Theta_L^2 R_{2g}}{2\sigma_g (\sigma_{2g} - 2\sigma_g)}.$$

Выражения (15) и (16) совместно с выражением для Θ_{2Ng} являются искомыми для рассматриваемого процесса возбуждения второй гармоники нелинейного ФА-сигнала в двухслойных оптически неоднородных твёрдотельных образцах. Как правило, ввиду чрезвычайно сложности этих выражений отдельно рассматриваются те случаи, которые имеют место в ФА-эксперименте. Число этих случаев непосредственно зависит от соотношения между длиной пробега фотона $\mu_{\beta(i)}(\omega) = (\beta_i^{(0)})^{-1}$, длиной тепловой диффузии $\mu_{2(i)}(\omega)$, а также толщинами соответствующих слоёв образца $l_{S(i)}$. Ниже рассмотрим наиболее интересные случаи.

А. Предположим, что первый слой является не прозрачным, для которого $l_{S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}$, $\exp(-l_{S(1)} \beta_1^{(0)}) \approx 0$.

1а. Считаем оба слоя термически толстыми с условиями $l_{S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}(\omega)$, $l_{S(1)} \gg \mu_{2S(1)}(\omega)$, $\mu_{2S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}(\omega)$, $l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}(\omega)$. Выполняя соответствующие вычисления, из (15) получим

$$\delta p_{2(1)}(2\omega) = \frac{\gamma P_0}{T_{00}l_g} \frac{I_0^2 (A_{S(1)}^{(0)})^2 \mu_{2g} \mu_{2S(1)}^2}{8\sqrt{2} (k_{S(1)}^{(0)})^2} e^{-i\pi/4} K_{2N(1)}. \quad (16)$$

$$\{l_{S(1)} \gg \mu_{2S(1)}, \mu_{2S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}, l_{S(2)} \gg \mu_{2g}\}$$

2а. Считаем оба слоя термически толстыми с условиями $l_{S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}(\omega)$, $l_{S(1)} > \mu_{2S(1)}(\omega)$, $\mu_{2S(1)} \ll \mu_{\beta(1)}(\omega)$, $l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}(\omega)$. Тогда из (15) получим

$$\delta p_{2(2)}(2\omega) = \frac{\gamma P_0}{T_{00} l_g} \frac{I_0^2 (A_{S(1)}^{(0)})^2 \mu_{2g} \mu_{2S(1)}^4 e^{-i3\pi/4}}{8\sqrt{2} (k_{S(1)}^{(0)})^2 \mu_{\beta_1}^2} K_{2N(2)}. \quad (17)$$

$$(l_{S(1)} \gg \mu_{2S(1)}, \mu_{2S(1)} \ll \mu_{\beta_1}, l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)})$$

3а. Считаем первый слой термически тонким, а второй - термически толстым с условиями $l_{S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}(\omega)$, $l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}(\omega)$, $\mu_{2S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}(\omega)$ и $l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}(\omega)$. В этом случае справедливо выражение

$$\delta p_{2(3)}(2\omega) = \frac{\gamma P_0}{T_{00} l_g} \frac{I_0^2 (A_{S(1)}^{(0)})^2 \mu_{2g} \mu_{2S(2)}^2 e^{-i\pi/4}}{8\sqrt{2} (k_{S(2)}^{(0)})^2} K_{2N(3)}. \quad (18)$$

$$(l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}, \mu_{2S(1)} \gg \mu_{\beta_1}, l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)})$$

4а. Считаем оба слоя термически тонкими с условиями $l_{S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}(\omega)$, $l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}(\omega)$, $\mu_{2S(1)} \gg \mu_{\beta(1)}(\omega)$ и $l_{S(2)} \ll \mu_{2(2)}(\omega)$. Тогда для этого случая из (15) будем иметь

$$\delta p_{2(4)}(2\omega) = \frac{\gamma P_0}{T_{00} l_g} \frac{I_0^2 (A_{S(2)}^{(0)})^2 (1 - R_{S(1)}^{(0)})^2 \mu_{2g} \mu_{2b}^2 e^{-i\pi/4}}{8\sqrt{2} (k_b^{(0)})^2} \times \quad (19)$$

$$\times K_{2N(4)} (l_{S(1)} \beta_1 \gg 1, l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}, \mu_{2S(1)} \gg \mu_{\beta_1}, l_{S(2)} \ll \mu_{2S(2)}).$$

Величины

$$K_{2N} (l_{S(i)} \gg \mu_{2S(i)}, \mu_{2S(i)} \gg \mu_{\beta_1}) =$$

$$= \frac{(\sqrt{2}-1)}{\sqrt{2}} (2\delta_{2g} - \delta_g - 2\delta_{2S(1)} - \sqrt{2}\delta_{S(1)}) + \sqrt{2}(\delta_{3S(1)} + \delta_{4S(1)}),$$

$$K_{2N(2)} (l_{S(1)} \gg \mu_{2S(1)}, \mu_{2S(1)} \ll \mu_{\beta_1}, l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}) =$$

$$= \frac{(\sqrt{2}-1)}{\sqrt{2}} (2\delta_{2g} - \delta_g) + (\delta_{3S(1)} + \delta_{4S(1)} - \delta_{S(1)}),$$

$$K_{2N(3)} (l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}, |r_1| > 1, l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}) =$$

$$= \frac{(\sqrt{2}-1)}{\sqrt{2}} (2\delta_{2g} - \delta_g - 2\delta_{2S(2)} - \sqrt{2}\delta_{S(2)}) + \sqrt{2}(\delta_{3S(1)} + \delta_{4S(1)}),$$

$$K_{2N(4)} (l_{S(1)} \beta_1 \gg 1, l_{S(i)} \ll \mu_{2S(i)}, |r_1| > 1) =$$

$$= \frac{(\sqrt{2}-1)}{\sqrt{2}} (2\delta_{2g} - \delta_g - \sqrt{2}\delta_b - 2\delta_{2b}) + \sqrt{2}(\delta_{3S(1)} + \delta_{4S(1)})$$

в выражениях (16)-(19) являются искомыми нелинейными коэффициентами для соответствующих случаев и состоят из комбинации ТК теплофизических параметров, оптического коэффициента поглощения и поглощательной способности слоев.

Б. Первый слой является прозрачным, а второй непрозрачным. Тогда справедливо $\exp(-l_{S(2)}\beta_2^{(0)}) \approx 0$, $l_{S(1)}\beta_1 \ll 1$, $\exp(-l_{S(1)}\beta_1^{(0)}) \approx 1 - l_{S(1)}\beta_1^{(0)}$.

1б. Считаем оба слоя термически тонкими с условиями $l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}(\omega)$, $l_{S(2)} \ll \mu_{2S(2)}(\omega)$, $|r_1| > 1$ и $|r_2| > 1$. После соответствующих вычислений из (16) будем иметь

$$\begin{aligned} \delta p_{2(5)}(2\omega) &= \frac{\gamma p_0}{T_{00} l_g} \frac{I_0^2 (A_{S(2)}^{(0)})^2 (1 - R_{S(1)}^{(0)})^2 \mu_{2g} \mu_{2b}^2 e^{-i\pi/4}}{8\sqrt{2} (k_b^{(0)})^2} \times \\ &\times K_{2N(5)}(l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}, |r_i| > 1, l_{S(2)} \ll \mu_{2S(2)}), \\ K_{2N(5)}(l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}, |r_i| > 1, l_{S(2)} \ll \mu_{2S(2)}) &= \\ &= \frac{(\sqrt{2}-1)}{\sqrt{2}} (2\delta_{2g} - \delta_g - 2\delta_{2b} - \sqrt{2}\delta_b) + \sqrt{2}(\delta_{3S(2)} + \delta_{4S(2)}). \end{aligned} \quad (20)$$

2б. Считаем первый слой термически тонким, а второй термически толстым с условиями $l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}(\omega)$, $|r_1| \gg 1$, $|r_2| \gg 1$ и $l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}(\omega)$. Выполняя необходимые вычисления, из (16) получим

$$\begin{aligned} \delta p_{2(6)}(2\omega) &= \frac{\gamma p_0}{T_{00} l_g} \frac{I_0^2 (A_{S(2)}^{(0)} (1 - R_{S(1)}^{(0)}))^2 \mu_{2g} \mu_{2S(2)}^2 e^{-i\pi/4}}{8\sqrt{2} (k_{S(2)}^{(0)})^2} \times \\ &\times K_{2N(6)}(l_{S(1)}\beta_1 \ll 1, \beta_2 l_{S(2)} \gg 1, l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}, |r_i| > 1, l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}), \\ K_{2N(6)}(l_{S(1)} \ll \mu_{2S(1)}, |r_i| > 1, l_{S(2)} \gg \mu_{2S(2)}) &= \\ &= \frac{(\sqrt{2}-1)}{\sqrt{2}} [2\delta_{2g} - \delta_g - 2\delta_{2S(2)} - \sqrt{2}\delta_{S(2)}] + \sqrt{2}(\delta_{3S(2)} + \delta_{4S(2)}). \end{aligned} \quad (21)$$

Из выражений (16)-(21) нетрудно заметить, что лишь для одного случая (2а) частотная зависимость амплитуды возбуждаемых сигнала $\sim \omega^{-5/2}$, а во всех остальных $\sim \omega^{-3/2}$. Из выражений для нелинейных коэффициентов следует, что во всех рассмотренных случаях ТК оптического коэффициента поглощения слоев входит аддитивно с соответствующими величинами ТК поглощательной способности этих же слоев.

Таким образом, в рамках настоящей работы нами получены необходимые выражения для параметров второй гармоники ФА-сигнала, возбуждаемого двухслойными оптически неоднородными твердотельными образцами. Следовательно, экспериментальное

измерение амплитуды этого сигнала позволяет определить не только абсолютную величину оптического коэффициента поглощения, но и её температурную зависимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мадвалиев У., Салихов Т.Х., Шарифов Д.М. Влияние тепловой нелинейности сильнопоглощающих сред на параметры фотоакустического сигнала при газомикрофонной регистрации. Основная и вторая гармоники. – ЖТФ, 2006, т.76, № 6, с. 87-97.
2. Салихов Т.Х. Тепловая нелинейность в оптоакустике(обзор).ч.III. Тепловая нелинейность в фотоакустике. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн.н., 2011, №4(145), с.76-85.
3. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П. Теория генерации основной гармоники нелинейного фотоакустического сигнала двухслойными твердотельными образцами с оптически непрозрачным первым слоем. – ДАН РТ, 2012, т.55, № 2, с. 132-140.
4. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П. Теория генерации основной гармоники нелинейного фотоакустического сигнала двухслойными твердотельными образцами с оптически непрозрачным первым слоем. – ДАН РТ, 2012, т.55, № 2, с.132-140.
5. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П. Теория генерации второй гармоники нелинейного фотоакустического сигнала двухслойными твердотельными образцами с оптически непрозрачным первым слоем. – ДАН РТ, 2011, т.54, № 9, с.737-745.
6. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П. Нелинейный фотоакустический отклик двухслойных образцов с поверхностным поглощением второго слоя: II. Вторая гармоника. – Вестник ТНУ, 2012, № 1/2(81), с.94-103.
7. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П. Теория генерации второй гармоники нелинейного фотоакустического отклика двухслойных полупрозрачных образцов. – ДАН РТ, 2012, т.55, № 12, с.965-974.
8. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П., Рахмонов Р.К. Теория генерации второй гармоники нелинейного фотоакустического сигнала двухслойными непрозрачными образцами. – Вестник ТНУ. Серия естест. наук, 2014, №1/4(153), с.174-180.
9. Салихов Т.Х., Махмалатифи А., Ходжаев Ю.П. и др. Теория генерации второй гармоники нелинейного фотоакустического сигнала оптически неоднородными твердыми телами. – ДАН РТ, 2015, т.58, № 9, с.804-812.
10. Салихов Т.Х., Махмалатифи А., Ходжаев Ю.П. и др. Нелинейный фотоакустический отклик оптически неоднородных двухслойных систем: ч.I. математическая модель проблемы. – Вестник ТНУ. Серия естест. наук, 2016, №1/2(196), с.114-118.
11. Fujii Y., Moritani A., Nakai J. Photoacoustic Spectroscopy Theory for Multi-Layered Samples and Interference Effect. – Jpn. J. Appl. Phys., 1981, v. 20, №2, 1981, pp.361-367.

Т.Х.СОЛИХОВ, А.МАХМАЛАТИФ, Ю.П.ХОҶАЕВ

ХУСУСИЯТҲОИ АНГЕЗИШИ ГАРМОНИКАИ ДУЮМИ СИГНАЛИ ҒАЙРИХАТИИ ФОТОАКУСТИКИИ НАМУНАҲОИ ҒАЙРИЯКЧИНСАИ ОПТИКӢ

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Назариёти ангиизи гармоникаи дуоми сигнали ғайрихатии фотоакустикии намунаҳои дуқабатаи оптикии ғайриякчинса пешниҳод карда шудааст. Барои мавридҳои муҳими вобастагии амплитуда ва фазаи ин сигнал аз басомади модулят-

сияи нури афганда ва коэффисинтҳои термикии бузургиҳои гармофизикӣ ва оптикӣ муқаррар карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: фотоакустик, ғайрихаттияти ҳароратӣ, системаҳои дуқабата, сигнали ғайрихаттии фотакустикӣ, гармоникаи дуюм, ғайриҷинсагии оптикӣ.

T.Kh.SALIKHOV, A.MAHMALATIF, Yu.P.KHODJAEV

**FEATURES OF EXCITATION OF THE SECOND HARMONIC
OF NONLINEAR PHOTOACOUSTIC RESPONSE IN OPTICALLY
INHOMOGENEOUS TWO-LAYER SAMPLES**

Tajik National University

A theory of second harmonic generation (SH) of a nonlinear PA signal in optically inhomogeneous two-layer samples is proposed. For the most interesting cases, the dependencies of the amplitudes and phases of this signal on the frequency of modulation of the incident beam and the thermal coefficients (TC) of thermophysical and optical parameters, including the optical absorption coefficient, are established.

Key words: photoacoustic, thermal nonlinearity, two layers systems, nonlinear photoacoustic response, second harmonic, optical inhomogeneous.

УДК 541.123

Ш.ТУЙЧИЕВ, Д.РАШИДОВ, У.ШОИМОВ, Л.ТУЙЧИЕВ, Ш.АКНАЗАРОВА

**НАДМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПЕРЕСТРОЙКИ В ЭЛАСТОМЕРАХ ПРИ
ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 10.10.2016 г.

Методами рентгенографии, оптической микроскопии и теплофизики исследованы изменения в надмолекулярной структуры образцов из блок-сополимера СБС при внешних воздействиях. Обнаружена межфибриллярная периодичность, обратимые переходы между аморфным неориентированным и аморфным ориентированным состоянием под влиянием таких факторов как температура, деформация, облучение и модификация фуллереном C_{60} .

Ключевые слова: эластомер, рентгенография, оптическая микроскопия, облучение, термомеханическое испытание.

Блок-сополимер СБС по структуре и механическим свойствам подобен эластомерам, он обратимо деформируется до 1000% и более, технологичен и др. При воздействии внешних факторов (допировании инородными примесями, УФ-и гамма-облучении и др.) легко изменяют структуру и физические свойства [1,2]. Однако в структурно-морфологическом плане СБС исследован недостаточно полно.

Цель настоящей работы заключалась в изучении изменений в надмолекулярной структуре СБС как исходных, так и предварительно облученных гамма-лучами и модифицированных нанотрубочками (фуллерен C_{60} и др.) при внешних воздействиях.

В качестве объектов исследования использовали блок-сополимер стирол-бутадиен-стирол (СБС, ГОСТ11138-78, марки Карифлекс и Лупорен с $M=8 \cdot 10^4$ и $9 \cdot 10^4$ с 30÷40% содержанием стирола), наполнитель – фуллерен C_{60} с химической чистотой 99.7%. Предварительно готовили маточный раствор СБС и фуллерена C_{60} в толуоле; затем из

Адрес корреспонденции: Туйчиев Шарофиддин. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: tuichiev@mail.ru

смеси растворов СБС и наполнителя в общем растворителе отливали пленки при температуре 20°C, концентрацию наполнителей в образцах меняли в пределах $C=0-10\%$.

Одноосное растяжение образцов производили в непрерывном и ступенчатом режиме. При достижении заданной деформации в ступенчатом режиме производили съёмку рентгенограмм образцов. Для снятия деформационных кривых одноосное растяжение образцов проводили в непрерывном режиме на установке РМ-1 со скоростью деформации 0.125 с^{-1} . Рентгеновские исследования образцов в сочетании с одноосным растяжением проводили на аппаратах ДРОН-2 и КРМ-1, использовали медное излучение, фильтрованное никелем. Оптические наблюдения образцов проводили на поляризационном микроскопе МИН-8 в скрещенных поляроидах при 20°. Тепловые испытания образцов в циклах нагревание-охлаждение в сочетании с одновременным их рентгенографированием на больших (БР) и малых углах рассеяния (МР) проводили в интервале температур 10°-70°-10°, 10°-90°-10° и 10°-150°-10° на стандартной термокамере со скоростью нагрева и охлаждения образцов в 2°/мин. При достижении заданной температуры опыта T_0 образцы выдерживали при этой T_0 в течение 0.5 ч, а затем проводили рентгеновские исследования. Тепловые свойства образцов исследовали на установке ДСК F204 фирмы Netzsch со скоростью нагрева и охлаждения 10 град/мин.

Предварительное облучение образцов гамма-лучами производили на установке РХМ-γ-20, от источника ^{60}Co с энергией квантов 1.172 Мэв, дозу облучения варьировали в пределах $D=0-1000$ Мрад.

На большеугловых рентгенограммах (БР) пленочных образцов наблюдаются аморфное гало с максимумом на угле $2\theta=18^\circ$ (рис. 1а).

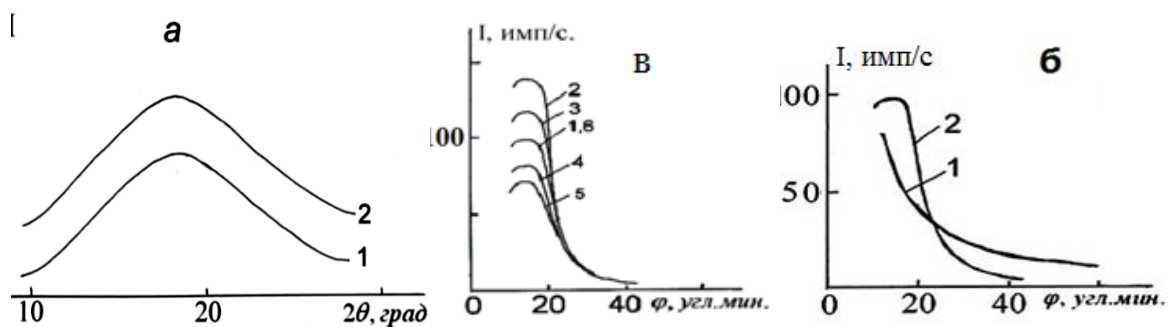


Рис.1. Большеугловые (а) и малоугловые (б) рентгенограммы СКИ-3 (1) и СБС (2), (в) малоугловые рентгенограммы деформированного СБС.

1 – исх., $\epsilon=0$; 2 – 100; 3 – 200; 4 – 400; 5 – 600%; 6 – разгрузка.

При деформации в интервале $\epsilon=0-600\%$ на БР в экваториальном направлении наблюдается малое смещение положения максимума аморфного гало 2θ в сторону больших углов, постоянство радиальной ширины $\Delta 2\theta$ и увеличение его интенсивности I_{m_a} , следы кристаллических рефлексов не обнаруживаются; в меридианальном направлении

прослеживается полоса рассеяния, интенсивность которой уменьшается с ростом ε . Следовательно, при растяжении СБС не кристаллизуется.

Деформационное поведение картин МР растянутых образцов СБС и СКИ-3 различается. Так, например, если на МР эластомера СКИ-3 не проявляется дискретный малоугловой рефлекс и рассеяние является диффузным, то на МР исходного СБС четко наблюдается малоугловой рефлекс без диффузного составляющего, с максимумом на угле $\varphi=15$ угл. мин., величина большого периода составляет $d=35$ нм (см.рис.1б). Такая картина соответствует неориентированной системе, состоящей из скрученных в спираль нитеподобных образований, вдоль оси которых имеет место более или менее регулярное чередование областей различной плотности. По-видимому, области с большей плотностью не представляют собой кристаллиты с трехмерной упаковкой макромолекул, а больше всего они являются одномерными или двумерными структурами.

При одноосном растяжении в направлении меридиана МР интенсивность малоуглового рефлекса вначале до $\varepsilon=100\%$ постепенно возрастает, а затем до степеней деформации $\varepsilon\sim 600-800\%$ монотонно снижается, но не исчезает. При разгрузке исходные картины БР и МР восстанавливаются (см.рис.1в). Из малоугловых исследований по смещению меридионального рефлекса были определены величины микродеформации структурных элементов-деформации больших периодов и сравнены с макродеформацией образца. При всех степенях растяжения величина микродеформации ε_d намного меньше, чем макродеформация образца ε , то есть имеет место соотношение $\varepsilon_d \ll \varepsilon$. Так, например, при близких к предельным степеням растяжения $\varepsilon=500-600\%$ микродеформация $\varepsilon_d\approx 15-20\%$. Поскольку в деформацию больших периодов основной вклад вносят деформации аморфных областей фибрилл, то реализация соотношения $\varepsilon_d \ll \varepsilon$ свидетельствует о том, что одноосное растяжение СБС сопровождается развитием процессов ориентации, постепенного разворачивания и выпрямления спиральных макромолекул и фибрилл, их взаимного перемещения, при отсутствии кристаллизационных эффектов. Из совокупности полученных рентгенографических данных по изучению деформационного поведения структурных элементов образцов можно заключить, что основной формой надмолекулярной морфологии СБС являются фибриллоподобные спиральные образования, которые сворачиваясь могут образовать также зернистую глобулярную структуру.

Образцы СБС были подвергнуты облучению гамма-лучами в интервале $D=0\div 1000$ Мрад. С ростом D происходит резкое уменьшение деформируемости образцов (рис.2) и изменений параметров картин БР и МР. Причиной этих изменений является сшивка цепных молекул при облучении. Увеличение концентрации сшивок также обуславливает изменение тепловых свойств СБС. Как показали исследования, при тепловых испытаниях в цикле нагревание-охлаждение происходят обратимые изменения положения аморфного гало исходного образца (рис.3 и 4, кривые 1), по которым были проведены оценки величины тепловой деформации элементов структуры (изменения межмолекулярного расстояния) СБС. С ростом D наблюдается постепенное уменьшение коэффициента теплового

расширения матрицы (рис. 3, кривые 2-5) с $\alpha_1=5.2 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1} (D=0)$ до $\alpha_5=2 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1} (D= 1000 \text{ Мрад})$.

Следует отметить, что циклическое тепловое воздействие не очень сильно влияет на малоугловые рентгенограммы СБС; интенсивность рефлекса I_m изменяется обратимо (рис.4, кривые 1 и 2), а положение малоуглового рефлекса не изменяется с температурой (рис.4, кривая 3). Ранее такие температурные изменения $I_m(T)$ и $d(T)$ были обнаружены в ПЭ, ПП, ТАЦ и др. [3-5].

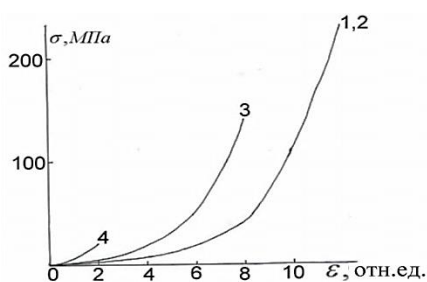


Рис. 2

Рис.2. Деформационные кривые облученного СБС. 1 – $D=0$; 2 – 1,0; 3 – 100; 4 – 1000 Мрад.

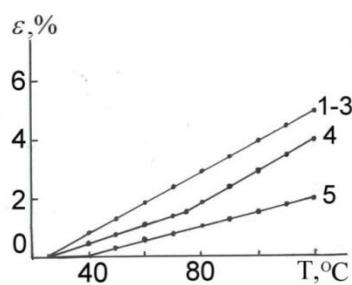


Рис.3.

Рис.3. Температурное изменение углового положения аморфного гало облученного СБС. 1 – исх., $D=0$; 2 – 1; 3 – 10; 4 – 100; 5 – 1000 Мрад.

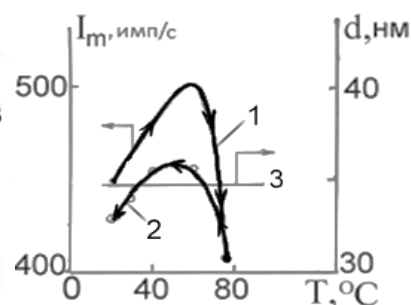


Рис.4

Рис.4. Зависимости интенсивности малоуглового рефлекса в максимуме (I_m) и большого периода (d) от температуры для СБС. 1 – нагревание; 2 – охлаждение.

Аналогичная картина наблюдается на МР в термодформационных исследованиях; повышение температуры в интервале 20^0-80^0 не влияет на деформационное поведение микроструктуры и сохраняется соотношение $\epsilon_d \ll \epsilon$. По-видимому, с ростом температуры происходящее ослабление межмолекулярного взаимодействия и увеличение подвижности структурных единиц обуславливают их взаимные перемещения и реализации варианта микродеформации $\epsilon_d \ll \epsilon$. Картину структурных превращений можно представить следующим образом. Появление кольцевого рефлекса на МР СБС свидетельствует о том, что исходная структура, по-видимому, состоит из спиральных фибрилл и они расположены беспорядочно в объеме материала. Сами фибриллы образованы из более или менее регулярно чередующихся областей разной плотности, то есть упорядоченных гибких бутадиеновых и жестких стирольных блоков. Повышение температуры в цикле нагрева сопровождается ростом теплового движения молекул в неупорядоченных аморфных областях и уходом части цепей из них в межфибрилярное аморфное пространство, обуславливая тем самым некоторое разрыхление внутрифибрилярных аморфных участков, с одной стороны; с другой стороны, конкуренция между тепловыми движениями молекул и внутренними напряжениями благоприятствует вначале улучшению порядка жестких и

гибких блоков, а затем их разупорядочению. При охлаждении образцов происходит обратный процесс, то есть улучшение порядка гибких и жестких блоков в фибриллярной структуре, затягивание части цепей из межфибрилярного пространства в аморфные участки фибрилл. Сравнение картин структурных превращений в СБС и кристаллических полимеров свидетельствует, что механизмы структурных перестроек в них аналогичны. Таким образом, характер изменения структуры и свойств блок-сополимера СБС и эластомера СКИ-3 при внешних воздействиях практически аналогичен.

Введение инородных примесей - наноразмерных частиц в полимеры может сопровождаться изменениями в структуре и механических свойств субстрата. Проявление этих изменений зависит от концентрации примеси, размеров частиц, распределения в объеме субстрата, активности наночастиц, то есть взаимодействия их с молекулами матрицы и др. [6-8].

Из смеси растворов СБС и фуллерена C_{60} в общем растворителе толуоле при 20° были приготовлены пленочные образцы СБС+ C_{60} с различным содержанием C_{60} в них: $C=0-10^{-2}-0.5\%$ масс. На БР образцов наблюдается широкое аморфное гало на угле $2\theta=18^\circ$. С ростом концентрации фуллерена в интервале $C=0\div 0.5\%$ параметры БР образцов не меняются, следы фуллерена C_{60} не обнаруживаются. Следовательно, молекулярная структура образцов не изменяется. Однако на МР образцов происходят некоторые специфические изменения (рис. 5).

Как видно из рис.5, на МР наблюдается дискретный рефлекс на угле $\varphi=15$ угл.мин, с большим периодом $d\approx 35$ нм. С увеличением концентрации фуллерена C_{60} в интервале $C=0\div 10^{-2}\%$ масс сначала происходит увеличение интенсивности I_m малоуглового рефлекса в максимуме без изменения его положения; в интервале $C=10^{-2}-0.5\%$ I_m практически не изменяется.

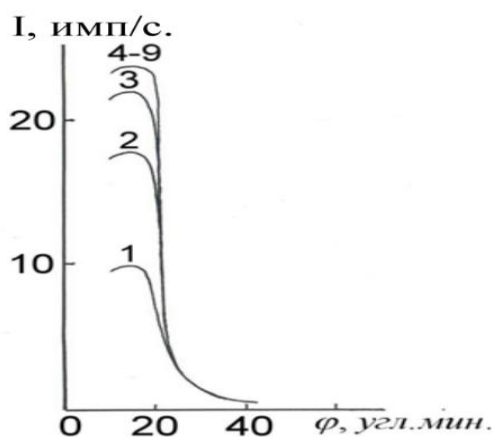


Рис.5. Малоугловые рентгенограммы фуллеренсодержащего СБС.

1 – $C=0$; 2 – $5\cdot 10^{-3}$; 3 – 10^{-2} ; 4 – $5\cdot 10^{-2}$;
6 – 0.1; 7 – 0.2; 8 – 0.3; 9 – 0,5% масс C_{60} .

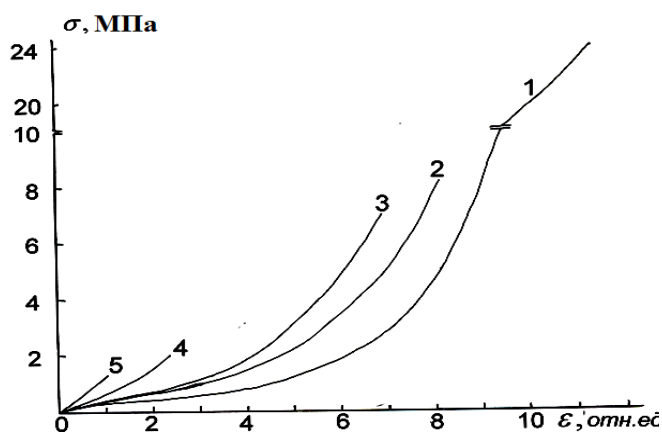


Рис.6. Деформационные кривые фуллеренсодержащих образцов СБС.

1 – исх., $C=0$; 2 – 10^{-2} ; 3 – $5\cdot 10^{-2}$; 4 – 0.1;
5 – 0.5% масс C_{60} .

Из теории малоуглового рассеяния [9-11] известно, что для одномерной простой двухфазной модели структуры (решетки), где вдоль оси нитеподобного образования (фибриллы) более или менее регулярно чередуются области различной плотности и порядка при постоянстве геометрии решетки, а следовательно, статистики решетки, интенсивность в максимуме малоуглового рефлекса I_m в первом приближении пропорциональна квадрату разницы в плотностях различных областей, то есть $I_m \sim \Delta\rho^2$. Простой расчет показывает, что из всей доли внедренных фуллеренов только лишь $\sim 10\%$ из них проникают в аморфные участки фибрилл, а остальные молекулы C_{60} располагаются в межфибрилярном пространстве. Проникновение молекул C_{60} во внутрифибрилярные аморфные участки может сопровождаться растяжением этих областей, их разуплотнением, что тем самым обуславливает увеличение I_m , что и наблюдается в действительности.

На рис.6 представлены деформационные кривые образцов СБС+ C_{60} . Из рисунка видно, что с ростом концентрации C_{60} величины разрывной прочности σ и удлинения ϵ образцов постепенно уменьшаются; такое поведение деформационных кривых свидетельствует о происходящей шивке цепных молекул. С ростом концентрации C_{60} происходит увеличение доли шитости матрицы, что приводит к охрупчению материала и резкому снижению его деформируемости и прочности. Сравнение деформационного поведения, структуры облученных и наполненных образцов из СБС показывают, что пост-эффекты облучения и наполнения аналогичны.

Поскольку СБС состоит из чередующихся блоков стирола и бутадиена, то на термограммах должны наблюдаться два эндопика с температурами перехода $T_{п1}$ и $T_{п2}$ для стирола и бутадиена, соответственно. На рис.7 (кривая 1) приведены типичные термограммы и температурные изменения теплоемкости C_p (кривая 2), а на (рис. 8) термограммы исходных и облученных образцов для $D=0-1000$ Мрад при нагреве в интервале $T=35-150^\circ\text{C}$, а в цикле охлаждения все пики на термограммах образцов исчезают.

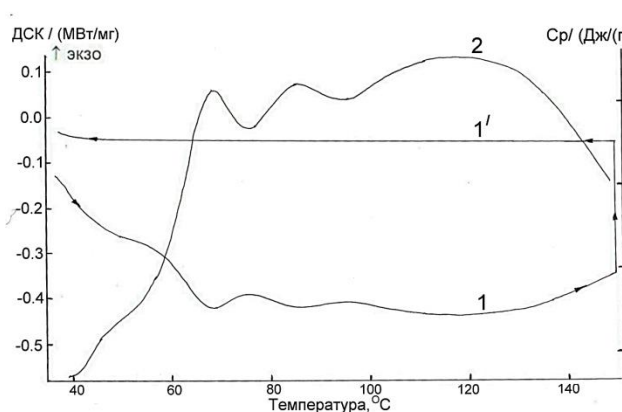


Рис.7. ДСК (1) и C_p (2) исходного СБС. 1 – нагревание; 1' – охлаждение.

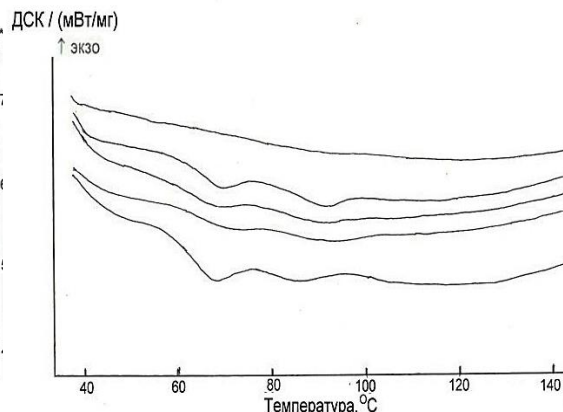


Рис.8. Изменение ДСК СБС при гамма-облучении. 1 – $D=0$; 2 – 10; 3 – 100; 4 – 500; 5 – 1000 Мрад.

Из рис.7 видно, что кривые зависимости $C_p(T)$ и ДСК изменяются антибатно, эндопики $T_{п1}$ и $T_{п2}$ соответствуют температурам перехода (размягчения и разупорядочения) блоков бутадиена и стирола. Увеличение дозы облучения образцов сопровождается снижением интенсивности эндопиков, а также величины C_p в максимумах зависимости $C_p(T)$ (см. рис. 8 и табл.).

Таблица

Изменение $T_{п1}$, $T_{п2}$ и $C_p(T)_{max}$ для образцов СБС при облучении

	$T_{п1}, ^\circ\text{C}$	$T_{п2}, ^\circ\text{C}$	$C_{p1}, \text{Дж/Г}\cdot\text{К}$	$C_{p2}, \text{Дж/Г}\cdot\text{К}$
СБС(исх)	68	86	7.135	7.230
СБС+1 Мрад	70	86	6.615	6.899
СБС+10 Мрад	71	91	5.719	6.532
СБС+100 Мрад	70	91	5.530	6.469
СБС+500 Мрад	70	91	5.319	6.259
СБС+1000 Мрад	-	-	-	-

Из данных таблицы видно, что в интервале $D=0-10$ Мрад происходит некоторое малое увеличение $T_{п1}$ и $T_{п2}$, а затем их постоянство, теплоемкости C_p постепенно уменьшаются. Изменения $T_{п1}$ и $T_{п2}$ и C_{p1} и C_{p2} свидетельствуют о доминировании процессов сшивания цепных молекул над их деструкцией. В интервале доз облучения $D=10-500$ Мрад, видимо, вклад процессов сшивания и деструкции молекул одинаковы, поэтому T_n и C_p практически одинаковы или изменяются довольно незначительно; при $D=1000$ Мрад на термограммах образцов отсутствуют эндо- и экзопики, образцы в структурном отношении представляют собой полностью разупорядоченную систему.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аловиддинов А. Осава Е., Туйчиев Ш., Гинзбург Б.М. Исследование микродеформационных свойств облученных полимеров. – ДАН РТ, 2008, т.51, №4, с.286-289.
2. Махмудов И., Рашидов Д., Туйчиев Ш., Гинзбург Б.М., Акназарова Ш., Аловиддинов А., Юлдошев И., Дустов И., Табаров С.Х., Хосейн Ободи С.З. Термодеформационное поведение элементов структуры блок-сополимера СБС при допировании фуллереном C_{60} и гамма-облучении. – Программа и тезисы докл. республ. научн. конф. «Проблемы современной координационной химии». – ТНУ, Душанбе, 2011, с.16.
3. Туйчиев Ш. Каримов С.Н., Гинзбург Б.М., Болибеков У. Деформационное и термическое поведение структурных элементов ориентированных полимеров. – Худжанд, 1993, 344 с.
4. O'Leary K., Geil P.H. Reversible Long Period change During the Annealing of Crystalline Polymers. – J. Macromol. Sci., 1967, B1(1), pp.147-160.
5. Зубов Ю.А., Цванкин Д.Я., Маркова Г.С., Каргин В.А. Температурные изменения большого периода в ориентированных полимерах. – ДАН СССР, 1964, т.167, №4, с.948-950.
6. Зубов Ю.А., Цванкин Д.Я. Температурные изменения большого периода в ориентированных полимерах. – Высокомолекул. соединения, 1965, т.7, №11, с.1848-1855.
7. Султанов Н., Туйчиев Ш., Рашидов Д. Температурные изменения большепериодной структуры в полиэтилене. – Высокомолекул. соединения, 1976, т.18, №10, с. 2185- 2191.

8. Султанов Н., Туйчиев Ш., Нуралиев Д. Температурные изменения исследования большеперидной структуры в полиэтилене. – Высокомолекул. соединения, Сер.А, 1978, т.20, №8, с. 1813-1819.
9. Туйчиев Ш., Табаров С.Х., Гинзбург Б.М. Введение в структурную механику полимеров. – Душанбе, 1999, 206 с.
10. Китайгородский А.И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1952, 588с.
11. Цванкин Д.Я. Большие периоды в полимерах. – Высокомолек. соединения, 1964, №6, с. 2083-2087.

Ш.ТУЙЧИЕВ, Д.РАШИДОВ, У.ШОИМОВ, Л.ТУЙЧИЕВ, Ш.АКНАЗАРОВА
ТАБОДУЛИ СОХТОРИ БОЛОМОЛЕКУЛӢ ДАР ЭЛАСТОМЕРҲО ЗЕРИ
ТАЪСИРОТИ БЕРУНӢ

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Бо ёрии усулҳои таҳлили рентгенӣ, микроскопияи оптикӣ, таҳлили механикӣ ва таъсири гармӣ тағйири морфологияи боломолекулии СБС таҳти таъсири омилҳои берунӣ омӯхта шуданд. Даврияти фибрилӣ ва байнифибрилии чӯзҳои боломолекулии СБС ошкор гардиданд; табдили сохторӣ ҳангоми гузариш аз ҳолати аморфии ғайритамоюлӣ ба ҳолати аморфии тамоюлӣ омӯхта шуданд ва маълумот дар бораи таъсири нурбориш ва нанозарраҳо ба хосиятҳои эластомери СБС даст оварда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: эластомер, таҳлили рентгенӣ, микроскопияи оптикӣ, нурбориш, термомодеформатсия.

Sh.TUICHIEV, D.RASHIDOV, U.SHOIMOV, L.TUICHIEV, Sh.AKNAZAROVA

THE SUPRAMOLECULAR REARRANGEMENTS IN ELASTOMERS UNDER
EXTERNAL INFLUENCE

Tajik National University

X-ray diffraction, optical microscopy, thermal physics were used to study the changes in the supramolecular structure of samples of block copolymers SBS under influence of external factors. Intrafibrillar and interfibrillar periodicity are detected. A clear reversible transitions between the unoriented amorphous and the oriented amorphous states under the influence of factors such as temperature, strain, radiation and modification of fullerene C₆₀ were studied; a model of the supramolecular structure of elastomers and their components were proposed.

Key words: elastomer, X-ray, optical microscopy, irradiation, thermodeformation test.

УДК 624.042.7

И.КАЛАНДАРБЕКОВ, Д.Н.НИЗОМОВ, И.И.КАЛАНДАРБЕКОВ

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ
В МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ**

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии

АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 30.11.2016 г.

В статье на основе проведённого обзора литературы рассмотрены различные типы сейсмоизолирующих устройств, а также показана эффективность применения этих устройств при строительстве многоэтажных зданий.

Ключевые слова: сейсмостойкость сооружений, сейсмоизоляция, сейсмозащита, землетрясения, динамические характеристики, колебательный процесс, резинометаллические опоры, частотный спектр.

Сейсмическая безопасность является одной из важнейших задач социально-экономического развития Республики Таджикистан, для решения которой следует использовать систему сейсмозащиты. Сейсмоизоляция считается одним из наиболее перспективных методов сейсмозащиты зданий и сооружений.

Известно, что значительные территории СНГ, а также ряда зарубежных стран характеризуются высокой сейсмической активностью. Постоянная угроза землетрясений издавна вызывает в таких странах особый интерес к вопросам сейсмостойкого строительства. Землетрясение – это стихийное бедствие, страшное из-за внезапности возникновения и опасное по результатам своих последствий. Основная опасность землетрясения – разрушения зданий и сооружений, вызванные колебаниями поверхности земли и возможные человеческие жертвы [1]. Предотвратить землетрясение пока невозможно. Чтобы исключить опасные последствия землетрясения, необходимо возводить такие здания, которые устояли бы при сильных колебаниях поверхности земли без серьезных повреждений.

Адрес для корреспонденции: Каландарбеков Имомёрбек, Низомов Джахонгир Низомович. 734029, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 267, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ.

E-mail: kalandarbekov-55@mail.ru, tiees@mail.ru, nizomov-jn@mail.ru

Сильнейшее землетрясение в Европе, которое произошло 1 ноября 1755 г. в 9 часов под дном Атлантического океана на расстоянии примерно 100 км от юго-западной границы Португалии, разрушило г. Лиссабон. Это землетрясение характеризуется большими разрушениями и повреждениями зданий далеко за пределами эпицентра. Из 20000 домов почти 15000 были разрушены; почти четверть населения города погибла.

1 сентября 1923 г. в 12 часов в заливе Сагами в 60-80 км от Токио произошло тяжелое по своим последствиям землетрясение. В результате были разрушены г. Токио и крупнейший портовый город Иокогама. Это землетрясение выявило влияние свойств грунта на интенсивность сотрясения. Рыхлые грунты колебались больше плотных. Было разрушено 1 286 261 зданий, 447 128 зданий сгорело, 268 зданий смыто морской волной. Погибло 150 000 человек [1].

В Средней Азии одним из самых сильных землетрясений явилось Ашхабадское в октябре 1948 г. в 1 час 12 мин. Хотя это землетрясение по силе и площади распространения уступает многим катастрофическим землетрясениям, имевшим место на земном шаре, однако по разрушительным последствиям его можно поставить рядом с некоторыми из них [1].

В Ташкенте 25 апреля 1966 г. в 2 часа произошло землетрясение с очагом под центральной частью города. Последствия Ташкентского землетрясения показали, что здания, запроектированные с учетом нормативных требований строительства в сейсмических районах, оказались в лучших условиях по сравнению со зданиями, где эти требования нарушались или же вовсе не учитывались [1].

Установлено, что среди континентальных областей бывшего СССР Таджикистан – самая сейсмоактивная область. Здесь на небольшой территории сосредоточились редкие по своей неповторимости сейсмические очаги. Сведения научного характера о сильных землетрясениях на территории Таджикистана начали собираться геологами и географами с 1895 года [2].

Подлинными катастрофами из всех происходящих землетрясений на территории Республики Таджикистан оказались три: Каратагское, Сарезское и Хаитское [2].

Каратагское землетрясение произошло в 1907 г. в южных строгах Гиссарского хребта. Оно проявилось в виде большой серии толчков, из которых особенно сильными были три, следовавшие друг за другом примерно через 15 минут. Сотрясения в 9-10 баллов захватили площадь не менее 2000 км². От землетрясения пострадало 150 кишлаков и погибло более 1000 человек [2].

Сарезское землетрясение 1911 г. сопровождалось колоссальным горным обвалом и образованием Сарезского озера. Свыше 2 млрд. м³ пород было сброшено в долину р. Мургаб. Обвал образовал плотину высотой в 600 -700 м, шириной в 4 км и длиной 6 км. Имелись человеческие жертвы, погибло много скота [2].

Хаитское землетрясение 1949 г. Оно имело эпицентр на южных склонах Каратегинского хребта. Сильные сотрясения распространились на обширный горный район, где

пострадал ряд населённых пунктов. Зона наибольших разрушений вытянулась с запада на восток и охватила площадь примерно в 600 км².

В 80-90-е годы прошлого столетия в экспериментальном строительстве находит применение новый способ повышения сейсмостойкости сооружений, названный активным способом сейсмозащиты [3], в отличие от пассивного способа, требующего дополнительных затрат на антисейсмические усиления сооружений. Активный способ сейсмозащиты предусматривает снижение сейсмических нагрузок на сооружения за счёт регулирования их динамических характеристик во время колебательного процесса при землетрясениях. Известно множество вариантов конструктивного решения системы сейсмоизоляции (ССИ): скользящие пояса, выключающиеся связи, гасители колебаний, кинематические фундаменты, свайные фундаменты, обладающие повышенными диссипативными характеристиками, рамно-связевые системы с составными диафрагмами жёсткости, резинометаллические опоры (РМО) и др.

Все виды ССИ соответствуют общему принципу, по которому структура разбивается на две части и между ними устанавливается сейсмоизоляция. Часть фундамента, которая опирается на грунт, назовём субструктурой, а другую часть – суперструктурой [4]. Следовательно, защищаемый объект будет состоять из трёх составных частей: субструктура, сейсмоизоляция и суперструктура. Задача состоит в уменьшении величины горизонтальных сейсмических нагрузок на суперструктуру за счёт изменения частотного спектра её собственных колебаний – увеличения периодов колебаний суперструктуры по основному тону.

Проведённые теоретические исследования [5,6] показывают, что более благоприятное поведение в условиях неопределённости данных об изменениях внешнего воздействия обнаруживается у систем сейсмозащиты, динамические параметры которых могут изменяться в регулируемых пределах в процессе землетрясения.

В 30-е гг. XX века возникла идея сейсмоизоляции зданий путём выполнения их на гибких колоннах, устраиваемых в первом или подвальном этаже. Идея «гибкого» нижнего этажа находит практическое воплощение благодаря динамическим методам определения расчётных сейсмических сил, получившим развитие в тот период времени. Их слабым местом является сам «гибкий» этаж. Малая диссипация в резонансе приводит к большим амплитудам колебаний и кручению несущих стоек.

Сейсмоизолирующие устройства со скользящим поясом конструктивно выполнены в виде верхнего и нижнего опорных элементов, между которыми размещён изолирующий слой из материалов минерального происхождения (песок, глина и т. д) или синтетических прокладок с низкими значениями коэффициента трения, например фторопласта [7].

Сейсмоизолирующие опорные конструкции скользящего типа за счёт сил сухого трения обеспечивают жёсткую кинематическую связь сооружения с колеблющимся основанием до тех пор, пока суммарная инерционная сила в системе не превысит определен-

ного уровня – порога срабатывания, величина которого зависит от коэффициента трения и конфигураций поверхностей скольжения фундамента. Указанная система реализована и исследована на опытном фрагменте каркасного здания с безбалочными перекрытиями [8]. Конструктивно скользящие опоры выполнены в виде верхнего и нижнего элементов, между которыми размещены прокладки из фторопласта - 4 (плёнка толщиной 0.5мм и пластины толщиной 8 мм).

Анализ результатов исследований [9] подтвердил эффективность сейсмоизолирующих опор, позволяющих снизить реакцию сооружения в 1.5-2.0 раза в зависимости от расчётных параметров, определяющих геометрические характеристики опорных устройств рассматриваемого типа.

Во избежание возможности опасных резонансных колебаний зданий с первым гибким этажом при землетрясениях с большими доминантными периодами, была разработана конструкция зданий с выключающимися связями [5]. Система сейсмической защиты с такими связями названа адаптивной и предназначена для снижения инерционных нагрузок в здании, возникающих при сейсмическом воздействии.

Среди сейсмоизолирующих устройств следует выделить класс опорных кинематических фундаментов как сравнительно простой в техническом решении, удовлетворяющий производственным требованиям строительства. Эти устройства осуществляют подвижность здания или сооружения относительно стационарного опорного монолитного или сборного фундамента, жёстко связанного с грунтом. Цель достигается с помощью опорных элементов тел вращения определённой конфигурации, на которые опираются основные сооружения [10].

В работе [8] рассмотрено несколько типов свайных фундаментов новых конструкций в качестве сейсмоизоляции для зданий с жёсткой конструктивной схемой.

Главным конструктивным решением таких систем, названных свайными фундаментами, имеющих повышенную диссипацию, является свайный фундамент с высоким ростверком, сопряжения которого со сваями осуществляется шарнирно. Эффект снижения инерционного (сейсмического) воздействия на надземную часть здания достигается увеличением податливости свай горизонтальными перемещениями окружающего грунта введением шарнирного соединения свай с ростверком и применением высоких свайных ростверков.

Использование рамно-связевых систем с составными диафрагмами жёсткости позволяет обеспечить принцип сейсмоизоляции без каких-либо специальных мероприятий и снизить расход рабочей арматуры по сравнению с рамными каркасами на 20-25%.

Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают особую эффективность сейсмоизоляции с применением резинометаллических опор.

Наиболее эффективным способом сейсмоизоляции считается использование резинометаллических опор. РМО (иначе эластомерные опоры [4]) представляют собой слои-

стые конструкции из поочерёдно уложенных друг на друга листов натуральной или искусственной резины. Внутренние слои резины толщиной от 3.0 до 8.0 мм со стальными пластинами толщиной от 1.5 до 4.0 мм. Количество слоев резины может быть от 20 до 40, количество стальных пластин от 19 до 39. Верхняя и нижняя соединительные пластины РМО изготавливаются толщиной 10 – 40 мм и необходимы для крепления к фундаменту и надпорным конструкциям [11].

Одним из производителей РМО является итальянская фирма «FIP Industriale», которая на протяжении более 40 лет занимается созданием систем сейсмоизоляции и демпфирующих изделий. В работах [12-14] подробно описаны основные механические характеристики изоляторов РМО с высоким (HDR high damping rubber) и низким (LDR low damping rubber) демпфированием, а также РМО со свинцовым сердечником (LRB lead rubber bearing) и фрикционно-маятниковой системой (FPS friction pendulum system), ламинировано резиновая опора (LRB laminated rubber bearing). Здания на РМО получили широкое распространение в Японии, Англии, Италии, России, Франции, США, Новой Зеландии [15]. В работе [16] приведены результаты лабораторных испытаний РМО фирмы «FIP Industriale», предназначенных для сейсмоизоляции 25-этажного комплекса «Sea Plaza» в г. Сочи, проведенных по европейским стандартам [17,18].

Выводы

1. Традиционный способ обеспечения сейсмостойкости зданий или сооружений предусматривает повышение прочности конструкций за счёт увеличения их размеров и прочности материалов. Всё это требует значительных дополнительных затрат строительных материалов. В то же время увеличение размеров конструкций или прочности материалов приводит к увеличению жёсткости и веса сооружений, что, в свою очередь, увеличивает величину сейсмической нагрузки.

2. Применение в строительстве активного способа повышения сейсмостойкости сооружений предусматривает снижение сейсмических нагрузок на сооружения за счёт регулирования их динамических характеристик во время колебательного процесса при землетрясениях.

3. Из обзора анализа результатов испытаний различных фрагментов специальных устройств видно, что в элементах каркасных зданий практически отсутствуют пластические деформации. Применение активной сейсмозащиты в виде специальных конструктивных устройств приводит к снижению расчётных горизонтальных сейсмических нагрузок на надземные конструкции зданий, уменьшению объёма антисейсмических мероприятий, снижению расхода металла и сметной стоимости здания.

4. Анализ результатов испытаний, проведённых в различных странах, показал, что при применении РМО сейсмические нагрузки на здания снижаются до 7 раз. При использовании указанной системы сейсмоизоляции практически не требуется усиления несущих конструкций зданий для восприятия горизонтальных сейсмических нагрузок, что приводит к существенной экономии стали, бетона и других материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмостойкое строительство зданий. /Под. ред. И.А.Корчинского. – М.: Высшая школа, 1971, 319 с.
2. Кухтикова Т.И. Землетрясения Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1966, 46 с.
3. Поляков С.В., Последствия сильных землетрясений. – М.: Высшая школа, 1978, 310 с.
4. СП. Здания сейсмостойкие и сейсмоизолированные. Правила проектирования /В.И.Смирнов, А.А.Бубис. Центр исследований сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко, Институт ОАО НИЦ «Строительство». – М.: Минрегион России, 2013, 45 с.
5. Айзенберг Я.М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. – М.: Стройиздат, 1976, 229 с.
6. Черепинский Ю.Д. К сейсмостойкости зданий на кинематических опорах. – Основания, фундаменты и механика грунтов, 1973, №3, с. 18-21.
7. Абдурашидов К.С., Айзенберг Я.М., Жунусов Т.Ж. и др. Сейсмостойкость сооружений. – М.: Наука, 1989, 192 с.
8. Ержанов С.Е. Расчёт сейсмоизолирующей системы с демпфером сухого трения. – Сейсмостойкое строительство. Сер. 14, 1980, вып. 6, с. 5-7.
9. Жунусов Т.Ж., Шахнович Ю.Г., Горовиц И.Г., Королёв А.Н. Исследования каркасного здания на сейсмоизолирующих опорах. – Бетон и железобетон, 1985, №7, с. 42-43.
10. Рекомендации по проектированию зданий с сейсмоизолирующим скользящим поясом и динамическими гасителями колебаний. – М., 1984, 55 с.
11. Айзенберг Я.М., Смирнов В.И., Акбиев Р.Т. Методические рекомендации по проектированию сейсмоизоляции с применением резинометаллических опор. – М.: РАСС, 2008, 46 с.
12. Kelly J.M. Earthquake-Resistant Design with Rubber, 2nd Edition, Springer-Verlag, London, 1996.
13. Naeim F., Kelly J.M. Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice, John Wiley and Sons, Inc. – New York, 1999, 296 p.
14. Zayas V., Low S.S., Mahin S.A. The FPS Earthquake resisting System, Experimental Report. Report No. UCB/EERC-87/01, Earth Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1987.
15. Lee D. M., Mediand I. C. Base isolation - an historical development, and the influence of higher mode responses. Bulletin of the new zealand national society for earthquake engineering, vol. 11, №4, december 1978, pp. 219-233.
16. Смирнов В.И. Испытания высокодемпфирующих резинометаллических опор для применения в сейсмоизолированном здании гостинично-туристического комплекса «Sea Plaza» в г. Сочи. - Сейсмостойкое строительство и безопасность сооружений, 2009, №4, с. 40-48.
17. The Technical Regulators for the Design, Assessment and Seismic Retrofit of Buildings, Chapter 10 «Isolated Buildings» (Norme Techniche per - Progetto, La Valutazione e L'Adeguamento Sismico Degli Edifici, Ordinanza 3274 DEL PCM, 20.03.03), 20 p.
18. European standard. Draft pren. 15129 – Anti-Seismic Devices. - JCS. 91. 120. 25 April, 2007, 152 p.

И.ҚАЛАНДАРБЕКОВ, Ҷ.Н.НИЗОМОВ, И.И.ҚАЛАНДАРБЕКОВ
**ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ ҲАРХЕЛ ҲИФЗКУНАНДАҲОИ БИНОҲОИ
БИСЁРОШЁНА**

*Институти геология, сохтмони ба заминчунби тобовар ва сейсмологияи
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола дар асоси таҳлили адабиётҳо намудҳои гуногуни ҳифзкунандаҳо
дида баромада шуд, самаранокии истифодабарии ҳифзкунандаҳо нишон дода шуда-
аст

Калимаҳои калидӣ: иншооти ба заминчунби тобовар, сейсмоизоляция, ҳифзкунандаҳо, за-
минчунбӣ, характеристикаҳои динамикӣ, ҷараёни лаппиш, таъягоҳҳои резинифлӣзӣ, спектри
зудди.

I.KALANDARBEKOV, J.N.NIZOMOV, I.I.KALANDARBEKOV
**COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES SEISMIC
MULTI-STOREY BUILDINGS**

*Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

In this article, based on a literature review conducted by the various types discussed
seismic isolations devices and shows the effectiveness of these devices in the construction of
multi-storey buildings.

Key words: earthquake-resistant structures, seismic isolation, seismic protection, earthquake, dynamic
characteristics, the oscillation process, rubber mounts, the frequency spectrum.

УДК 632.472: 535.52

Х.С.КАРИМОВ, ХИНА ГОХАР*, Х.М.АХМЕДОВ, АДНАН НУР*, М.ФАЙСАЛ ХАН*

**РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ БЕЗЫНДУКТИВНОГО КОНТРОЛЛЕРА
ЗАРЯДА В СИСТЕМЕ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
УСТАНОВКИ**

Центр инновационного развития науки и новых технологий

АН Республики Таджикистан,

**Институт технологий и прикладных наук им. Гулам Исхак Хана, Пакистан*

Поступила в редакцию 18.10.2016 г.

Разработан, изготовлен и испытан безындуктивный контроллер заряда для системы солнечной фотоэлектрической установки, содержащей фотоэлектрический модуль, безындуктивный контроллер заряда и аккумуляторную батарею. Безындуктивный контроллер заряда изготовлен с использованием только конденсаторов в качестве заряжающих элементов, что делает его экономичным. Приведена электрическая схема установки с безындуктивным контроллером заряда, вольт-амперные характеристики модуля, зависимости мощности модуля от напряжения, а также величина выходного и входного напряжения безындуктивного контроллера заряда. Показано, что при входном напряжении безындуктивного контроллера заряда 8-20 В, выходное напряжение лежит в интервале 13.5-14 В. Установка может быть использована для питания небольших по мощности потребителей электрической энергии.

Ключевые слова: фотоэлектрическая установка, микроконтроллер, аккумуляторная батарея, безындуктивный контроллер заряда, напряжение холостого хода, ток короткого замыкания.

Известно, что солнечная энергия является наиболее экологически чистой среди возобновляемых источников энергии [1-3], но её широкое использование на практике ограничивается высокой стоимостью производимой электрической энергии. Наиболее дорогостоящим элементом солнечной фотоэлектрической установки является модуль. В то же время и другие элементы установки, такие как батареи, регуляторы напряжения и

Адрес для корреспонденции: Ахмедов Хаким Мунавварович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 33, Центр инновационного развития науки и новых технологий АН РТ.
E-mail: khakim48@mail.ru

преобразователи напряжения (контролеры заряда) могут заметно повысить общую стоимость установки. Для снижения стоимости солнечной фотоэлектрической установки по возможности необходимо снижать стоимость всех элементов. На практике широко используются преобразователи постоянного напряжения в постоянное, содержащие наряду с транзисторами и трансформаторы, которые, как правило, стоят дороже, чем конденсаторы, так как они содержат из медь [4]. В последние годы были разработаны и изготовлены безындуктивные преобразователи постоянного напряжения в постоянное, работа которых основана на зарядке конденсаторов и соединении их последовательно с источником напряжения, что позволило повысить выходное напряжение [5]. Указанные преобразователи постоянного напряжения имели постоянный коэффициент передачи, вследствие чего не могли быть использованы в качестве регулятора напряжения для зарядки батарей в солнечных фотоэлектрических установках. Напряжение на выходе регуляторов напряжения (контролера заряда), используемых для зарядки аккумуляторных батарей, должно быть равным напряжению, требуемому для их зарядки независимо от входного напряжения. В данной работе разработан, изготовлен и испытан безындуктивный контролер заряда для системы солнечной фотоэлектрической установки.

В работе использовался фотоэлектрический модуль (ARCO Solar-ASI-16-2300-20), который описан подробно в [6]. Главные его параметры при стандартных условиях (интенсивности света $1 \text{ кВт}\cdot\text{м}^2$, температуре 25°C , спектре излучения AM 1.5) следующие: напряжение холостого хода – 20.8 В , ток короткого замыкания – 2.5 А , максимальная мощность 37 Вт , длина 0.9 м , ширина 0.3 м . На рис.1 и 2 приведены соответственно вольт-амперные характеристики и зависимости мощности от напряжения модуля, измеренные в естественных условиях. Угол наклона модуля к горизонту составлял 45° . Как видно, данные характеристики являются типичными для фотоэлектрических модулей [1-3].

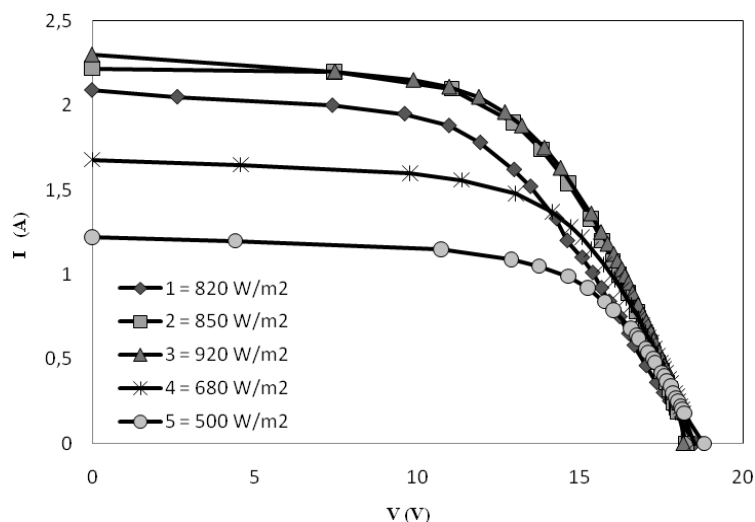


Рис.1. Вольт-амперные характеристики фотоэлектрического модуля, измеренные в естественных условиях при различных интенсивностях солнечного излучения.

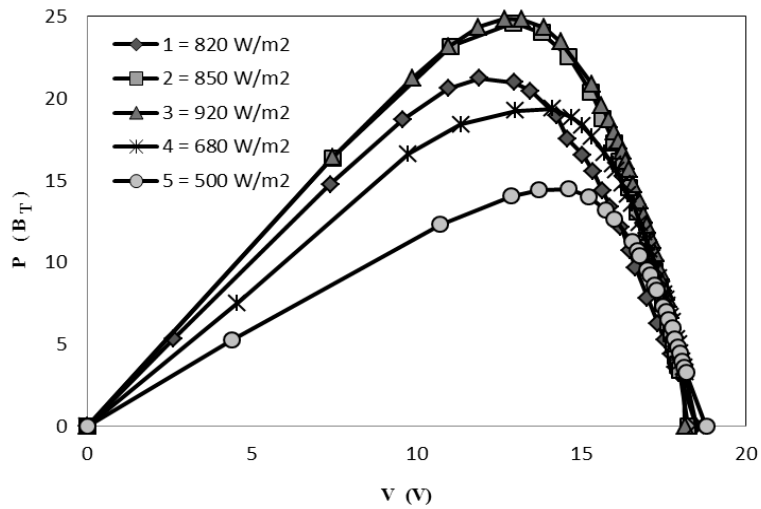


Рис.2. Зависимости мощности фотоэлектрического модуля от напряжения измеренные в естественных условиях при различных интенсивностях солнечного излучения.

Из рис.3 видно, что установка содержит фотоэлектрический модуль, безындуктивный контроллер заряда, содержащий два мощных транзистора T_1 и T_2 (D313 NPN, 3A, 60V,30W), два конденсатора (C_1 и C_2) и два диода (D_1 и D_2). В качестве батареи использовался аккумулятор LP12-4.5 (12V 4.5 АН) китайского производства с номинальным напряжением 12 В и ёмкостью 4.5 А час.

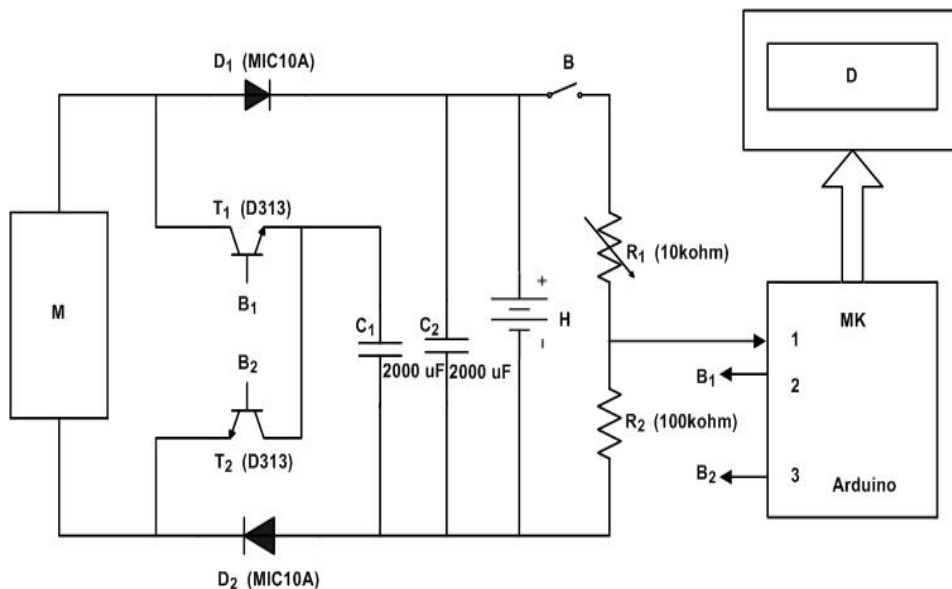


Рис.3. Электрическая схема солнечной фотоэлектрической установки:

1 – аналого-цифровой преобразователь, 2 и 3 – широтно-импульсная модуляция, D – дисплей, H - аккумуляторная батарея, M - модуль, МК – микроконтроллер.

Установка работает следующим образом. Когда транзистор T_1 открыт, транзистор T_2 - закрыт. В этом случае конденсатор C_1 заряжается напряжением модуля. Когда транзистор T_1 закрыт, а транзистор T_2 открыт, – конденсатор C_1 подключается последовательно к модулю вследствие чего выходное напряжение возрастает практически в 1.6-1.8 раз. Для оптимальной зарядки кислотной свинцовой батареи необходимо поддерживать выходное напряжение в пределах 13.5-14.0 В. Конденсатор C_2 служит для сглаживания флуктуаций выходного напряжения регулятора напряжения. Диод D_1 предотвращает разряд конденсатора C_2 , а диод D_2 – конденсатора C_1 при открытом транзисторе T_2 .

В данной схеме используется микроконтроллер (МК: Arduino): транзисторы работают в ключевом режиме и управляются микроконтроллером с помощью широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Частота переключения транзисторов равна 1 кГц. При этой ШИМ напряжение подаётся на вход транзисторов последовательно в противофазе так, чтобы транзисторы открывались поочерёдно. Рабочий цикл или ширина импульсов при ШИМ управляется микроконтроллером в зависимости от изменения выходного напряжения контроллера заряда с целью поддержания данного напряжения подаваемого батарее примерно постоянным (13.5-14.0). Использование микроконтроллера позволяет сделать регулирование выходного напряжения контроллера заряда надёжным при сравнительно небольшом потреблении электрической энергии. При входном напряжении контроллера заряда в интервале 8-20 В, выходное напряжение лежит в интервале 13.5-14 В (рис. 4).

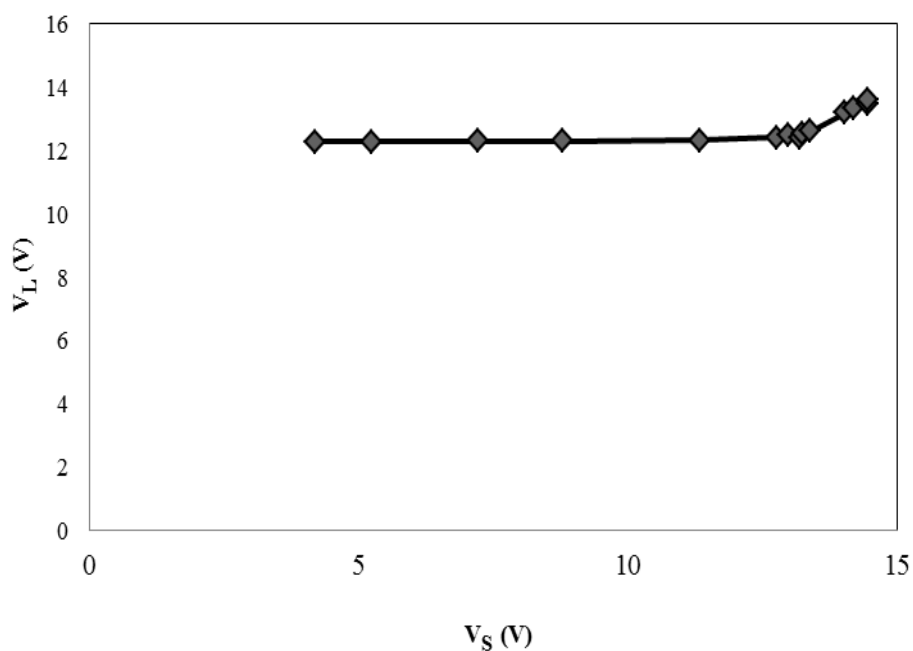


Рис. 4. Зависимость выходного напряжения (V_L) контроллера от входного (V_S) напряжения.

При оптимальной работе установки эффективность контроллера заряда по мощности была равна 94-95%. При работающей установке выключатель В должен быть во

включённом положении. Когда же установка не используется, данный выключатель должен быть отключён для предотвращения разрядки батареи через сопротивления R_1 и R_2 .

Таким образом, разработан, изготовлен и испытан в системе солнечной фотоэлектрической установки безындуктивный контроллер заряда аккумуляторной батареи фотоэлектрического модуля. Показано, что при входном напряжении контроллера заряда в интервале 8-20 В выходное напряжение лежит в интервале 13.5 - 14 В. Это позволяет осуществить надежную зарядку аккумуляторной батареи фотоэлектрической установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Markvart T. Solar Electricity. – New York: John Wiley & Sons, 2000, 304
2. Zimmermann U. – J. of photovoltaic., 2012, v.2, №1, pp.206-211.
3. Villalva M.G., Gazoli J.R., Filho E.R. – IEE Transactions on Power Electronics, 2009, v.24, № 5, pp.1198-1208.
4. Dong C., Fang Z.P. – Proc. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition , 2010, pp. 1365-1372.
5. Karimov Kh.S., Saqib M.A., Ahmed M.M., Turaeva M.A., Majeed W. – Proc. IEEE International Multi-Topic Conference, 2003, pp. 457-461.
6. Каримов Х.С., Ахмедов Х.М., Али М., Кабутов З., Ахмедов Ф. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. н. 2012, №3, с.106-111.

Х.С.КАРИМОВ, ХИНА ГОХАР*, Ҳ.М.АХМЕДОВ, АДНАН НУР*,
М.ФАЙСАЛ ХАН*

КОРКАРД ВА ОЗМОИШИ КОНТРОЛЛЕРИ БЕИНДУКТИВИИ ЗАРЯД БАРОИ СИСТЕМАИ ДАСТГОҲИ ОФТОБИИ ФОТОЭЛЕКТРИКӢ

*Маркази рушди инноватсионии илм ва технологияҳои нави
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,*

**Институти технологияҳо ва илмҳои амалӣ ба номи Ғулом Исҳоқ Хон, Покистон,*

Контроллери беиндуктивии заряд барои системаи офтобии фотоэлектрикӣ коркард ва озмоиш шудааст. Системаи офтобии фотоэлектрикӣ, модули фотоэлектрикӣ, контроллери беиндуктивии заряд ва батареяи аккумуляторӣ дорад. Контроллери беиндуктивии заряд бо истифода аз конденсаторҳо сохта шудааст, ки онро камхарч мекунад. Дар контроллер схемаи электрикии дастгоҳ бо контроллери беиндуктивии заряд, нишондиҳандаҳои вольт-амперии модул, вобастагии тавоноӣ аз шиддат, инчунин бузургии шиддати баромад аз шиддати даромад оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки ҳангоми шиддати даромад дар контроллер ба 8-20 В баробар будан, шиддати баромад аз он 13.5-14 В-ро ташкил медиҳад. Ин бошад батареяи аккумулятори дастгоҳи фотоэлектрикиро бо заряд бозътимод таъмин мекунад.

Калимаҳои калидӣ: дастгоҳи фотоэлектрикӣ, модул, микроконтроллер, батареяи аккумуляторӣ, контроллерҳои беиндуктивии заряд, шиддати ҳаракати ғайрикорӣ, чараёни расиши кӯтоҳ.

Kh.S.KARIMOV, HINA GOKHAR*, KH.M.AKHMEDOV, ADNAN NOOR*,
M.FAISAL KHAN*

DEVELOPMENT AND TESTING OF NON- INDUCTIVE CHARGE CONTROLLER IN THE SYSTEM OF SOLAR PHOTOVOLTAIC INSTALLATION

*Center for Innovative Development of Science and New Technologies,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,*

**Gulam Ishaq Khan Institute of Engineering Science and Technology, Pakistan,*

Designed, manufactured and tested a non-inductive charge controller for solar photovoltaic system installation. The system includes the installation of solar photovoltaic module, non-inductive charge controller and battery. Non-inductive charge controller manufactured using only capacitors as charging elements that makes it economical. The circuit diagram of the installation with non-inductive charge controller, the current-voltage characteristics and power-voltage relationship of the module, the output voltage-input voltage relationship of non-inductive charge controller are presented. It is shown that when the input voltage of non-inductive charge controller is in the range of 8-20 V, the output voltage is in the range of 13.5-14 V. The installation can be used for feeding of small power loads of electricity.

Key words: photoelectric installation, module, microcontroller, battery, non-inductive charge controller, open circuit voltage, short circuit current .

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

№4 (165), 2016 г.

УДК 521.633

Ф.А.НАЗАРОВ*, А.С.КУРБОНОВ, Ш.Б.НАЗАРОВ, Ж.А.МИСРАТОВ*,
Г.У.БАХРИДИНОВА*

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛОЖЕНИЯ БОРОСИЛИКАТНЫХ РУД
КИСЛОТАМИ И ЩЁЛОЧЬЮ**

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

**Агентство по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан*

Поступила в редакцию 19.10.2016 г.

Представлена оценка процесса разложения боросиликатного обожжённого концентрата соляной, азотной, уксусной кислотами и щёлочью. Найдены оптимальные параметры разложения боросиликатных руд кислотами и щёлочью.

Ключевые слова: соляная кислота, азотная кислота, уксусная кислота, боросиликатный концентрат, разложение, технологическая схема.

В работах и монографиях [1-10] рассмотрено разложение боросиликатных руд минеральными кислотами и хлором. В настоящей работе приведены результаты боросиликатного концентрата Ак-Архарского месторождения Таджикистана методом спекания щёлочью и дана сравнительная оценка процесса разложения с NaOH и кислотами, а также разложения различными концентрациями раствора гидроксида натрия

Был выбран NaOH марки «хч» и изучен процесс спекания борного сырья в широком интервале параметров технологического процесса: температура спекания, продолжительность процесса, размер частиц и т.д.

Проведенные исследования по разработке физико-химических основ и технологии кислотного и щелочного разложения борного сырья позволили найти оптимальные условия выделения полезных компонентов и выбрать наиболее подходящие щёлочь и кислоту для разложения.

Адрес для корреспонденции: Курбанов Амиршо Сохибназарович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ, E-mail: amirsho_77@mail.ru

Изучено влияние температуры, длительности процесса, концентрации и дозировки кислоты и щёлочи на процесс разложения, что играет важную роль в нахождении оптимальных технологических параметров.

В табл.1 приведены результаты разложения боросиликатных руд кислотами и щёлочью при оптимальных параметрах с использованием данных работ [3, 6, 7]. Как видно из табл.1, максимальное извлечение оксида бора (93/9%) наблюдается при извлечении азотной кислотой и при следующих оптимальных условиях: температура процесса - 95°C, продолжительность процесса – 60 мин, концентрация кислоты – 15%. Борная руда была предварительно термически обработана при 950°C [7].

В табл.1 также приведены оптимальные условия разложения боросиликатных руд до и после предварительного обжига соляной кислотой. Найдены оптимальные параметры процесса: концентрация кислоты – 20%, продолжительность процесса (τ) – 60 мин при температуре 95°C. При этих оптимальных параметрах извлечение полезных компонентов из обожженных боросиликатных руд составило (в %): В – 53.9; Fe – 64.7 и Al – 42.2.

Определены также условия разложения исходной и обожжённой боросиликатной руды уксусной кислотой при следующих оптимальных условиях: t - 100°C, τ – 45 мин, C_{CH_3COOH} - 20% (табл.1).

Для концентрата боросиликатных руд с содержанием $B_2O_3=174\%$ при солянокислотном разложении найдены следующие оптимальные параметры: t – 85-90°C, τ – 60 мин, C_{HCl} - 18-20%. Извлечение оксида бора из обожжённого концентрата составляет 86.7%.

В таблице и на рис.1-3 систематизированы полученные экспериментальные данные по разложению боросиликатных руд кислотами – HCl, HNO₃, CH₃COOH и NaOH.

Как видно из табл.1, наиболее подходящими кислотами являются HNO₃ и CH₃COOH. При оптимальных параметрах разложения: температуре 95°C, продолжительности процесса 60 мин извлечение B_2O_3 в случае обожжённого концентрата боросиликатной руды составляет более 90%. При щелочном разложении удобным методом является спекание с NaOH (рис.1-3).

По результатам обработки борного сырья раствором NaOH можно рекомендовать следующие условия: температура – 90°C, продолжительность процесса – 120 мин и концентрация щелочи – 20-25%. При таких условиях в раствор переходит 75,25% B_2O_3 и 79,25% Al_2O_3 .

Для разложения обожжённых боросиликатных руд при спекании с гидроксидом натрия можно рекомендовать следующие параметры: температура спекания – 750-800°C, продолжительность процесса спекания – 60 мин и массовое соотношение руды к NaOH – 1:1. При таких условиях в раствор переходит 91,58% B_2O_3 и 85,23% Al_2O_3 .

Обобщая данные по разложению боросиликатных руд кислотами и щёлочью, необходимо отметить, что для переработки наиболее подходящим сырьём является обожжённый концентрат боросиликатной руды.

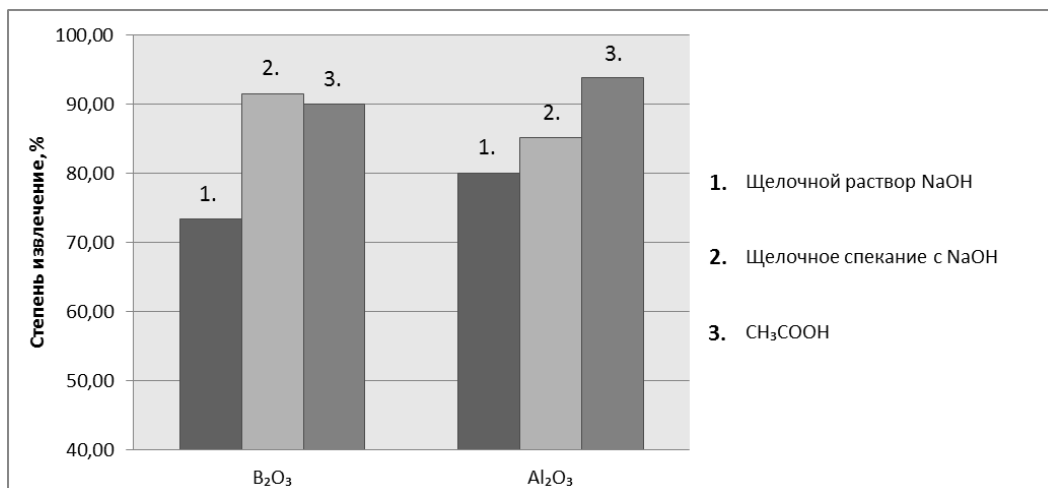


Рис.1. Извлечение B₂O₃ и Al₂O₃ из боросиликатного концентрата при уксуснокислотном и щелочном разложении.

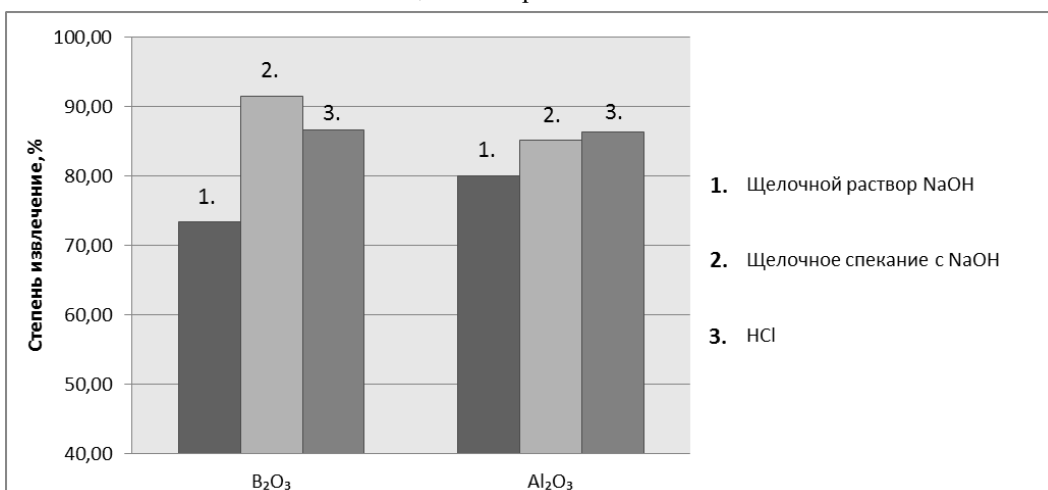


Рис.2. Извлечение B₂O₃ и Al₂O₃ из боросиликатного концентрата при солянокислотном и щелочном разложении.

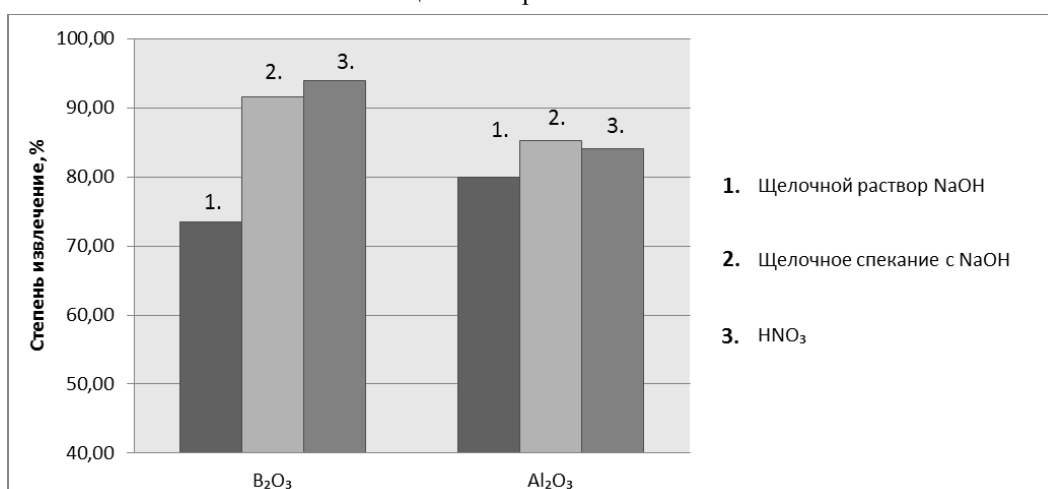


Рис.3. Извлечение B₂O₃ и Al₂O₃ из боросиликатного концентрата при азотнокислотном и щелочном разложении.

Таблица

Разложение боросиликатных руд кислотами при оптимальных параметрах

Кислоты	Боросиликатная руда											
	исходная боросиликатная руда			обоженная боросиликатная руда			концентрат боросиликатного сырья			обоженный концентрат боросиликатного сырья		
	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
HCl, оптимальные параметры разложения: t=80-90°C, τ=60 мин, C _{HCl} =20%	9.28	35.6	28.1	53.2	64.7	42.2	48.6	79.4	-	86.7	96.2	86.4
HNO ₃ , оптимальные параметры разложения: t=95°C, τ=60 мин, C _{HNO3} =15%	17.7	49.1	20.8	75.4	86.7	68.9	28.5	59.6	34.2	93.9	98.2	84.1
CH ₃ COOH, оптимальные параметры разложения: t=100°C, τ=45 мин, C _{CH3COOH} =20%	19.7	11.6	15.4	78.2	86.7	75.5	20.9	17.4	12.8	90.3	87.5	93.9
NaOH, раствор, оптимальные параметры разложения: t=95°C, τ=120 мин, C _{NaOH} =20%	19.7	28.7	16.0	81.1	82.2	75.9	30.2	48.9	28.5	94.8	96.5	83.6
NaOH, спекание, оптимальные параметры: t=800°C, τ=60 мин, соотношение реагентов 1:1	67.2	-	63.3	79.2	-	73.4	88.7	-	79.8	92.8	-	85.2

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирсаидов У.М., Маматов Э.Д. Комплексная переработка бор- и алюминий силикатных руд Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 2013. – 115 с.
2. Усмонова У.Х., Маматов Э.Д., Мирсаидов У.М. – ДАН РТ, 2012, т.55, №5, с.378-381.
3. Маматов Э.Д., Ашуров Н.А., Курбонов А.С., Ятимов П., Мирсаидов У.М. - ДАН РТ, 2008, т.51, №4, с.271-273.
4. Маматов Э.Д., Ашуров Н.А., Курбонов А.С., Ятимов П., Мирсаидов У.М. - ДАН РТ, 2008, т.51, №5, с.356-361.
5. Усмонова У.Х., Маматов Э.Д., Курбонбеков А., Мирсаидов У.М. – ДАН РТ, 2013, т.56, №4, с.305-309.
6. Ашуров Н.А., Маматов Э.Д., Курбонов А.С., Ятимов П., Мирсаидов У.М. – ДАН РТ, 2008, т.51, №9, с.672-676.
7. Курбонов А.С., Маматов Э.Д., Машаллах Сулеймани Б.А., Мирсаидов У.М. – ДАН РТ, 2010, т.52, №12, с.865-869.
8. Курбонов А.С., Баротов А.М., Якубов З.Т., Маматов Э.Д., Мирсаидов У.М. – ДАН РТ, 2015, т.58, №5, с.395.

9. Ашуров Н.А., Маматов Э.Д., Курбанов А., Ятимов П.М., Мирсаидов У.М. – ДАН РТ, 2009, т. 52, №2, с. 116-119.
10. Ятимов П.М., Маматов Э.Д., Мирсаидов У.М. - В сб.: «Материалы семинаров: «2011 год – Международный год химии» и «Радиационная безопасность Таджикистана». – Душанбе, 2011, с. 71-73.

Ф.А.НАЗАРОВ*, А.С.ҚУРБОНОВ, Ш.Б.НАЗАРОВ, Ж.А.МИСРАТОВ*,
Г.У.БАХРИДИНОВА*

БАҲОИ ТАҶЗИЯИ МУҚОИСАВИИ МАЪДАНҲОИ БОРОСИЛИКАТДОР БО КИСЛОТАҲО ВА ИШҚОРҲО

*Институти химияи ба номи В.И.Никитини Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Агентии амнияти ядрои ва радиационии Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Баҳои раванди таҷзияи концентрати борсилкати сӯзондашуда бо кислотаҳои хлорид, нитроген, сирко ва ишқорҳо пешниҳод карда шудааст. Параметрҳои муносиби таҷзияи маъданҳои борсилкатдор бо кислотаҳо ва ишқорҳо муайян карда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: кислотаи хлорид, кислотаи нитроген, кислотаи сирко, концентрати борсилкатдор, таҷзия, нақшаи технологӣ.

F.A.NAZAROV*, A.S.QURBONOV, SH.B.NAZAROV, ZH.A.MISRATOV*,
G.U.BAHRIDINOVA*

COMPARATIVE ASSESSMENT OF BORON-SILICATE ORES DECOMPOSITION WITH ACIDS AND BASES

*V.I.Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
Nuclear and Radiation Safety Agency of, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,

The study of decomposition process of burnt boron-silicate concentrate with the acids as chloride, nitrate, acetate and base is presented. The optimal parameters for the decomposition of boron-silicate ores by the acids and base are identified.

Key words: chloride acid, nitrate acid, acetate acid, boron-silicate concentrate, decomposition, technological scheme.

УДК 541.54:546.47.

О.А.АЗИЗКУЛОВА, А.Ш.ЭГАМБЕРДИЕВ, М.И.АБДУЛХАЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ МОЛИБДЕНА (V) С 1-ФЕНИЛ-2,3-ДИМЕТИЛПИРАЗОЛИН-5-ТИОНОМ В СРЕДЕ 6.5 МОЛЬ/Л HCl ПРИ 308 К

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 21.11.2016 г.

Потенциометрическим методом изучен процесс комплексообразования молибдена (V) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl при 308К. Определены функции образования и оценены значения ступенчатых констант устойчивости 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) при 308К. Найдены области доминирования и максимумы выхода образующихся комплексов в системе $(NH_4)_2[MoOCl_5]$ - 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тион - 6,5 моль/л HCl.

Ключевые слова: молибден (V), комплексообразование, 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тион, константа образования.

Молибден является биоактивным поливалентным элементом. Несмотря на малую распространённость в Земной коре он играет важную роль в жизни растений, животных и человека. Молибден в различных степенях окисления образует координационные соединения с азот-, сера-, кислород- и фосфорсодержащими органическими лигандами. Некоторые его координационные соединения проявляют физиологическую активность. Среди координационных соединений молибдена (V) особый интерес представляют соединения с пиразолом и его производными.

Интерес к химии координационных соединений пиразолов вызван тем, что эти гетероциклические органические соединения являются биологически активными веществами и широко применяются для создания лекарственных препаратов, изготовления красителей, люминесцентных и флуоресцентных веществ и т.д. Например, анальгин, антипирин, аминоантипирин и др. производные пиразола обладают сильными болеутоляю-

Адрес для корреспонденции: Эгамбердиев Азиз Шарипович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр.Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: Aziz2288@mail.ru

щими и жаропонижающими свойствами и в медицинской практике применяются в качестве лекарственных препаратов. Сульфафенозол (“орисул”) является арилпроизводным пиразола, обладает бактериологическим действием. Тартазин жёлтый используется в пищевой промышленности. Ряд производных пиразола применяется в аналитической химии для выделения и определения редких элементов из технологических растворов [1,2].

Известно, что производные пиразола имеют в своем составе несколько донорных атомов, в том числе азота, серы и активно участвуют в реакции комплексообразования как с ионами металлов, так и с органическими соединениями [3]. Работа [4] посвящена изучению процесса комплексообразования висмута (III) с дитиопирилметаном в солянокислых растворах. Авторами работы [5] представлены данные по изучению процессов комплексообразования ртути (II) с дитиопирилметанами в присутствии галогенид ионов методом распределения. В работе [6] изучены условия образования и состав комплексных соединений осмия с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом, дитиопирилметаном, пропиладитиопирилметаном и предложен новый чувствительный фотометрический метод определения осмия. В [7,8] сообщается о результатах исследований, посвященных изучению процессов комплексообразования меди (II) и железа (III) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в растворах галогеноводородных кислот разной концентрации. В работе [9] нами представлены данные по исследованию процессов комплексообразования молибдена (V) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6 моль/л HCl при температуре 288 К методом потенциометрического титрования.

Настоящая работа посвящена потенциометрическому исследованию процессов комплексообразования молибдена (V) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К.

Экспериментальная часть

Потенциометрическое титрование проводили с использованием компаратора напряжения Р-3003М1. Точность поддержания температуры опыта составляла $\pm 0.1^\circ\text{C}$. Исходными соединениями были $(\text{NH}_4)_2[\text{MoOCl}_5]$, 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тион и концентрированный раствор HCl квалификации “ч.д.а”. Различную концентрацию окисленной и восстановленной форм 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона создавали окислением его части 0.1 N раствором йода (J_2) в среде 6.5 моль/л HCl. Индикаторным электродом служила платиновая пластинка, а электродом сравнения - хлорсеребряный. Перемешивание реакционной системы осуществляли с использованием магнитной мешалки.

Равновесную концентрацию 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона в каждой точке титрования рассчитывали по формуле:

$$\lg[L] = \frac{E_{\text{исх.}} - E_i}{1.983 \cdot 10^{-4} \cdot T} + \lg C_L^{\text{исх.}} + \frac{1}{2} \lg \frac{V_{\text{исх.}}}{V_{\text{общ.}}}, \quad (1)$$

где: $E_{\text{иск}}$ – исходный равновесный потенциал системы в отсутствие молибдена (V); E_i – равновесный потенциал системы в данной точке титрования;
 C_L – исходная аналитическая концентрация 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона; T – температура проведения опыта; $V_{\text{иск}}/V_{\text{общ}}$ – отношение исходного объема системы к общему.

Функцию образования Бьеррума (\bar{n}) находили по формуле:

$$\bar{n} = \frac{C_L - [L]}{C_{\text{Mo(V)}}} \quad (2)$$

Все расчёты по определению функции образования, равновесной концентрации лиганда, значения ступенчатых констант образования 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) и их мольных долей проводили с использованием компьютера на языке программирования Excel, Borland Delphi, операционная система Windows 7, исходя из $K_{\bar{n}} = 1/[L]$, при значениях $\bar{n} = 0.5; 1.5; 2.5; 3.5; 4.5$.

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 представлены экспериментальные данные по определению функции образования оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К.

Таблица 1

Функции образования комплексов молибдена (V) с 1-фенил-2,3-диметил-пиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К: $C_{\text{иск Mo}}^{\text{нск}} = 0.06$ моль/л; $C_L^{\text{нск}} = 0.035$ моль/л до окисления йодом

$C_{\text{Mo(V)}} \cdot 10^2$	$C_L \cdot 10^2$	ΔE , мВ	$-\lg[L]$	\bar{n}
моль/л				
0.0091	0.0440	112.0	3.12	4.65
0.0100	0.0428	114.0	3.16	4.19
0.0107	0.0416	116.0	3.20	3.82
0.0113	0.0405	118.0	3.24	3.51
0.0119	0.0395	120.0	3.28	3.25
0.0125	0.0385	124.0	3.35	3.03
0.0131	0.0376	126.0	3.38	2.83
0.0136	0.0366	128.0	3.42	2.66
0.0141	0.0358	130.0	3.46	2.50
0.0146	0.0349	132.0	3.50	2.37
0.0151	0.0342	134.0	3.54	2.25
0.0155	0.0334	135.0	3.56	2.14
0.0159	0.0327	136.0	3.58	2.03
0.0174	0.0301	139.0	3.65	1.71
0.0178	0.0295	140.0	3.67	1.65
0.0184	0.0284	141.0	3.69	1.53
0.0190	0.0274	142.0	3.71	1.43
0.0201	0.0256	144.0	3.76	1.26
0.0206	0.0247	145.0	3.79	1.19
0.0210	0.0240	146.0	3.81	1.13
0.0215	0.0232	147.0	3.83	1.08

$C_{Mo(V)} \cdot 10^2$	$C_L \cdot 10^2$	ΔE , мВ	$-\lg[L]$	\bar{n}
моль/л				
0.0226	0.0213	149.0	3.88	0.94
0.0230	0.0207	150.0	3.91	0.90
0.0237	0.0194	152.0	3.95	0.81
0.0241	0.0187	153.0	3.98	0.77
0.0249	0.0174	155.0	4.03	0.70
0.0253	0.0166	156.0	4.05	0.65
0.0261	0.0153	158.0	4.10	0.58
0.0266	0.0144	159.0	4.13	0.54

Построенная на основании данных потенциометрического титрования кривая образования оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексных частиц молибдена (V) в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К представлена на рис. 1.

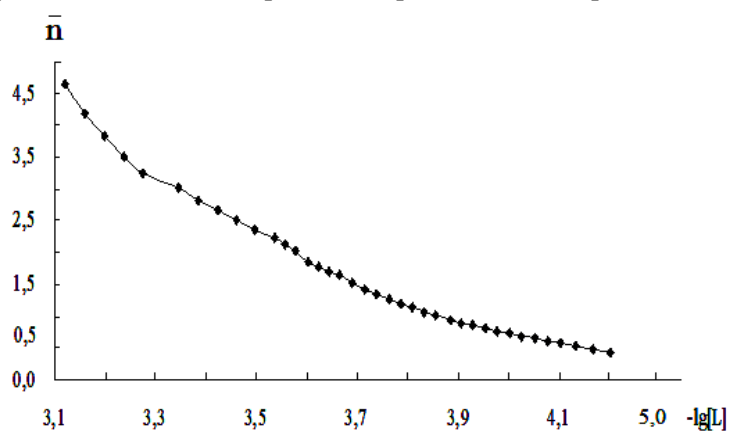


Рис. 1. Кривая образования оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К.

Из рис. 1. видно, что на кривой образования комплексов молибдена (V) имеются четыре участка, которые соответствуют определённым интервалам равновесных концентраций 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона, свидетельствующие о том, что в процессе взаимодействия молибдена (V) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl при температуре 308 К последовательно образуются пять комплексных частиц. Определённые из кривых образования (рис.1) значения ступенчатых констант устойчивости (pK_i) пяти оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) при полувцелых значениях функции образования Бьеррума представлены в табл.2.

Таблица 2

Значения ступенчатых констант образования оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) в среде 6.5 моль/л HCl в интервале температур 308 К

Т, К	pK_1	pK_2	pK_3	pK_4	pK_5
308	4.15	3.70	3.46	3.25	3.14
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5

	1.41·10 ⁴	5.01·10 ³	2.88·10 ³	1.77·10 ³	1.38·10 ³
--	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Найденные интервалы значений $-\text{Lg}[L]$ на каждом участке кривой образования показывают, в какой степени отличаются величины констант образования оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) между собой.

При анализе отношений ступенчатых констант образований комплексных частиц выявлено, что величина k_1 в 2.82 раза больше, чем значение k_2 , а величина k_2 в 1.74 раза больше значения, k_3 . При этом значение k_3 превосходит величину k_4 в 1.63 раза, а четвертая константа образования больше пятой константы в 1.62 раза.

С использованием приведенного ниже уравнения мы проводили уточнение констант образований комплексных частиц, которые были оценены на основе данных эксперимента:

$$\bar{n} = \frac{\beta_1[L] + 2\beta_2[L]^2 + 3\beta_3[L]^3 + 4\beta_4[L]^4 + 5\beta_5[L]^5}{1 + \beta_1[L] + \beta_2[L]^2 + \beta_3[L]^3 + \beta_4[L]^4 + \beta_5[L]^5}, \quad (3)$$

где β – общая константа устойчивости; $[L]$ – равновесная концентрация 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона.

Уравнение (3) было решено с использованием специально разработанной методики (см. выше). Методом половинного деления осуществлялось решение уравнения $P_{4y} = 0$. Равновесные концентрации 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона $[L]$ находили для всех значений \bar{n} – от 0.1 до 5.0 с шагом 0.1. На основании экспериментально найденных и уточнённых данных построили кривые образования (рис.2) оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V).

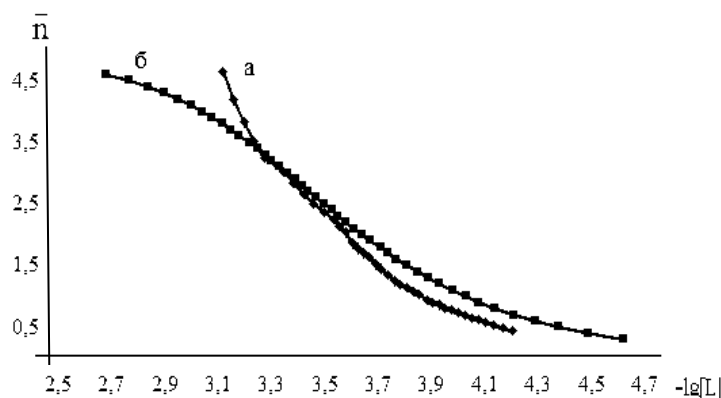


Рис. 2. Кривые образования оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V):

а – по экспериментальным данным (рис.1); б – уточнённые (после обработки данных).

С использованием данных рис. 2б находили уточнённые значения pK_i^* при целых значениях функции образования (\bar{n}), которые оказались равными: $pK_1^* = -\lg[L]_{n=0.5} = 4.38$; $pK_2^* = -\lg[L]_{n=1.5} = 3.81$; $pK_3^* = -\lg[L]_{n=2.5} = 3.56$; $pK_4^* = -\lg[L]_{n=3.5} = 3.22$; $pK_5^* = -\lg[L]_{n=4.5} = 2.76$.

Показано, что уточнённые величины pK_1^* , pK_2^* и pK_3^* имеют большие значения, чем экспериментально найденные $pK_1 - pK_3$. При этом уточнённые pK_4^* и pK_5^* имеют несколько меньшие значения, чем экспериментально найденные. На рис.3 представлена зависимость величин pK_i от количества координированных молекул (i) 1-фенил-2,3- диметилпиразолин-5-тиона.

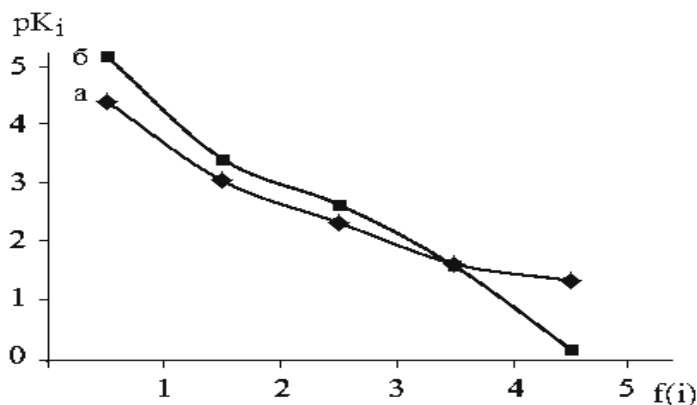


Рис. 3. Зависимость $pK_i = f(i)$ для оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V): а – по экспериментальным данным; б – уточнённые (после обработки данных).

Из рис. 3 видно, что с увеличением количества координированных молекул 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона (i) величины pK_i уменьшаются, что, вероятно, связано со стерическими препятствиями при вхождении последующих молекул органического лиганда.

С использованием уточнённых значений ступенчатых констант образования рассчитаны кривые распределения всех комплексных частиц, образующихся в системе $(NH_4)_2[MoOCl_5]$ -1-фенил- 2,3- диметилпиразолин-5-тион-6.5моль/л HCl при температуре 308 К (рис.4).

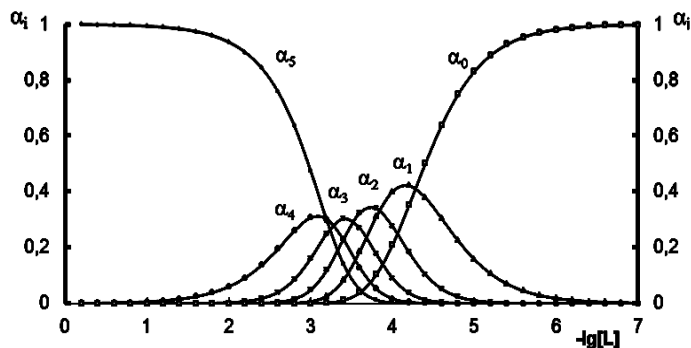
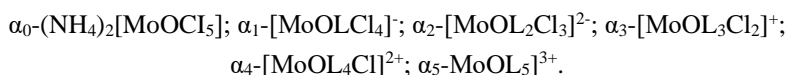


Рис. 4. Кривые распределения оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексов молибдена (V) в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К:



Найденные из кривых распределения величины максимумов выхода оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионных комплексных частиц молибдена (V) в среде 6.5 моль/л HCl при (308 K) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Максимумы выхода комплексных частиц оксохлоро-1-фенил-2,3-диметилпи-разолин-5-тионных комплексов молибдена (V) в среде 6.5 моль/л HCl при 308 K

Комплексное соединение	Максимум выхода (α_i^{\max}) комплексов	Значения равновесной конц. $-\lg [L]$ при α_i^{\max}
$[\text{MoOLCl}_4]^{1-}$	0.42	4.2
$[\text{MoOL}_2\text{Cl}_3]^0$	0.34	3.8
$[\text{MoOL}_3\text{Cl}_2]^{1+}$	0.30	3.4
$[\text{MoOL}_4\text{Cl}]^{2+}$	0.26	3.0

Из данных табл.3 видно, что с увеличением числа присоединённых молекул 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона максимум выхода комплексов (α_i^{\max}) смещается в сторону больших значений равновесной концентрации использованного лиганда, что свидетельствует об уменьшении устойчивости образующихся комплексов молибдена (V).

Таким образом, проведённые потенциометрические исследования позволили установить образование пяти моноядерных координационных соединений молибдена (V) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl при температуре 308 K. Показано, что комплексные частицы, содержащие от 1 до 2-х координированных молекул лиганда, наиболее устойчивы, чем частицы, содержащих более трёх присоединённых молекул 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тиона. Также установлено, что при выбранных условиях эксперимента первые две комплексные частицы образуются с наибольшим выходом по сравнению с последующими частицами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушков Н.Н., Плетнева Т.В., Попков В.А. Фармацевтическая химия. – Учебник для студентов средних профессиональных учебных заведений. М.: Издательский центр “Академия”, 2004, 384 с.
2. Крупаткин И.Л. Пиразолон в аналитической химии. – Пермь: Изд. Пермского госуниверситета, 1974, с. 49-50.
3. Долгорев А.В., Лысак Я.Г. Комплексообразование висмута с дитио-пирилметаном. – Журн. неорган. химии, 1979, т. 24, № 7, с. 1875 -1880.
4. Биккулова А.Т., Иванов В.М. Нейтронно-активационный и атомно-абсорбционный методы определения ртути в сточных водах с применением производных 1-фенил-2,3-диметилпиразолон-5-тиона. – Журн. аналит. химии, 1986, т. 31, № 2, с. 262-265.
5. Акимов В.К., Бусев А.И., Клиот Л.Я. Тиопирин и его некоторые производные как аналитические реагенты на осмий. – Журн. аналит. химии, 1977, т. 32, № 5, с.1004 - 1009.
6. Аминджонов А.А., Баходуров Ю.Ф., Рахматуллоев Б.К., Бекназарова Н.С. Комплексообразование железа (III) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6 моль/л HCl при 298 K. – ДАН РТ, 2014, т. 57, № 7, с. 580-587.

7. Аминджонов А.А., Хасанов Ф.Н., Баходуров Ю.Ф., Бекназарова Н.С. Комплексообразование меди (II) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6 моль/л HCl при 298 К. - ДАН РТ, 2014, т. 57, № 9 -10, с. 771–776.
8. Азизкулова О.А., Эгамбердиев А.Ш., Абдулхаева М.И. Потенциометрическое исследование процесса комплексообразования молибдена (V) с тиопирином в среде 6 моль/л HCl при температуре 298 К. – Вестник ТНУ (научный журнал), сер. Естеств. наук, 2014, № 1/3 (134), с.102-106.
9. Эгамбердиев А.Ш., Азизкулова О.А., Абдулхаева М.И. Комплексообразование молибдена (V) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl, при температуре 288 К. – Мат-лы второй республиканской науч.-теор. конф. совета молодых ученых и исследователей ТНУ: «Таджикский национальный университет – центр подготовки молодых специалистов», посвященной 25-летию Государственной независимости Республики Таджикистан, 2016, с. 263–267.

О.А.АЗИЗКУЛОВА, А.Ш.ЭГАМБЕРДИЕВ, М.И.АБДУЛҲАЕВА

КОМПЛЕКСҲОСИЛКУНИИ МОЛИБДЕН (V) БО 1-ФЕНИЛ-2,3-ДИМЕТИЛПИРАЗОЛИН-5-ТИОН ДАР МУҲИТИ 6.5 МОЛ/Л HCl ДАР 308 К

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Бо усули потенциометрӣ раванди комплексоилкунии молибден (V) бо 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тион дар муҳити 6.5 мол/л HCl дар ҳарорати 308 К омӯхта шудааст. Муайян карда шуд, ки молибден (V) бо ин лиганд панҷ зарраҳои комплексӣ ҳосил менамояд. Қиматҳои собитҳои (константаҳои) ҳосилшавии ҳамаи панҷто зарраҳои комплексӣ муайян карда шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: молибден (V), комплексоилкунӣ, 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тион, константаҳои устуворӣ.

O.A.AZIZKULOVA, A.SH.EGAMBERDIEV, M.I.ABDULHAEVA

COMPLEXATION WITH MOLYBDENUM (V) 1-PHENIL-2,3-DIMETILPIRAZOLIN-5-TIONNUM IN THE 6.5 MOL/L HCl AT 308 K

Tajik National University

The process of complexes generation molybdenum (V) with 1-phenyl-2,3-dimetilpirazolin-5-tion in the 6.5 mol / l HCl at 308 K. The molybdenum (V), the ligand forms a four integrated form. Defined constant values of entities four integrated forms of generation in the studied system.

Key word: molybdenum (V), complexation, 1-phenyl-2,3-dimethylpirazolin-5-tion, stability constant.

УДК 550.348

С.Х.НЕГМАТУЛЛАЕВ, Р.У.ДЖУРАЕВ*, Т.Р.УЛУБИЕВА

**ПРОЯВЛЕНИЕ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ
ТАДЖИКИСТАНА В 2015 ГОДУ**

*Геофизическая служба АН Республики Таджикистан,
*Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
АН Республики Таджикистан.*

Поступила в редакцию 11.05.2016 г.

Представлены данные о сильных землетрясениях Таджикистана, произошедших в 2015 г. Приведено описание и анализ разрушительных землетрясений 26 октября и 7 декабря, характер проявления на поверхности и их приуроченность к геологическим структурам. Составлены карты изосейст обследованных сейсмических событий. Определены возможные причины неточностей в определении координат эпицентров землетрясений и уязвимости местных построек в эпицентральной зоне Сарезского землетрясения 7 декабря 2015 г.

Ключевые слова: эпицентр землетрясения, магнитуда, интенсивность землетрясения, изосейста, сейсмограмма, макросеймика.

В 2015 г. Геофизической службой Академии наук Республики Таджикистан продолжались непрерывные сейсмологические наблюдения по регистрации землетрясений в широком диапазоне энергетических классов, цифровыми широкополосными сейсмическими станциями со спутниковой связью в реальном режиме времени. За текущий год на территории Таджикистана и прилегающих к нему территорий зарегистрировано 26654 землетрясения, из которых локализовано 13766 с $K \geq 5$. Число землетрясений с $K \geq 9$ составило 9071, из них 6427 глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения и 2644 – мелкофокусные. На территории Таджикистана зарегистрировано 20 ощутимых землетрясений с $M \geq 3.0$, которые проявились на территории республики интенсивностью от 2-3 до 8 баллов. Из них 9 с очагами на глубине 90-240 км произошли на территории Северного

Адрес для корреспонденции: Негматуллаев Собит Хабибуллаевич. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Шевченко, 59, Геофизическая служба АН РТ. E-mail: n_sobit@mail.ru, / Джурраев Рахимджон Усманович. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 267, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ. E-mail: dhuraev52@mail.ru

Афганистана, 5 на Памире, 3 в районе Истаравшана и Айни, 3 в пределах Таджикской депрессии (рис.1, табл.1).

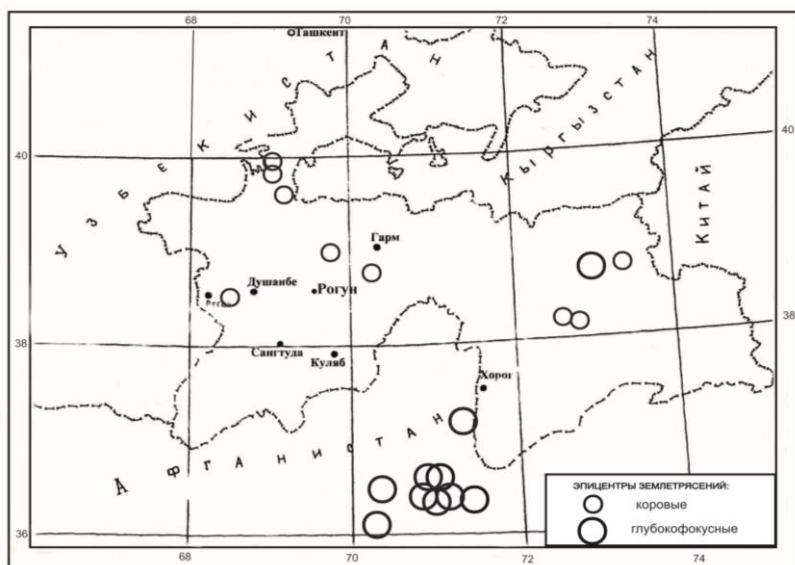


Рис.1. Карта эпицентров ощутимых землетрясений с $M \geq 2.7$, зарегистрированных в 2015 г. в Таджикистане.

Таблица 1

Список ощутимых землетрясений с $M \geq 2.7$ зарегистрированных в 2015 г.

№ пп	Дата	Время ч. м. с по Гринвичу	Координаты		Глубина Н, км	Энергетический класс К	Магнитуда М	Расчетный балл в эпицентре I_0	Душанбе	
			φ^0	λ^0					Интенсивность I, балл	Расстояние до эпицентра, км
	14.02	18:16:45	36.3	71.6	90	11.8	4.3	3-4	-	347
	19.03	11:43:54	39.95	69.05	10	9.6	3.1	4	-	152
	25.03	02:35:29	40.00	69.05	10	10.5	3.6	4-5	-	160
	28.04	05:03:26	37.4	71.9	170	13.0	5.0	4	-	300
	20.05	03:31:41	38.69	70.12	10	12.7	4.8	5-6	2-3	120
	30.05	16:44:21	36.55	71.1	240	12.6	4.8	4	2-3	298
	30.05	20:36:16	38.5	73.1	110	12.7	4.8	4	2	374
	29.06	22:07:48	36.7	71.25	190	13.9	5.5	4	2	299
	21.07	19:21:28	38.89	69.82	10	11.5	4.2	4-5	-	97
	10.08	10:05:26	36.6	71.1	230	14.3	5.7	4-5	3-4	300
	31.08	16:13:42	38.2	73.8	140	12.0	4.4	3	-	437
	09.09	21:03:25	36.15	70.2	130	13.0	5.0	3-4	2-3	290
	20.10	18:32:30	39.5	69.2	10	10.0	3.4	4	6	110
	26.10	09:09:40	36.5	70.3	230	17.0	7.2	8	6	262
	22.11	18:16:04	36.45	71.35	100	13.6	5.3	5	2-3	325
	07.12	07:50:01	38.15	72.85	30	16.9	7.2	8	4	357
	07.12	10:04:53	38.6	73.3	30	13.9	5.5	6	2	395
	07.12	10:34:22	38.2	72.65	20	12.3	4.6	5	2	337
	13.12	14:33:18	38.78	68.27	10	8.9	2.7	3	-	50
	25.12	19:14:47	36.5	71.1	210	15.0	6.1	5	4	305

Наиболее значимыми событиями года были 2 землетрясения, произошедшие 26 октября в 09 ч 09 мин с $K=17.0$ ($M=7.2$) и 7 декабря в 07 ч 50 мин с $K=16.9$ ($M=7.2$).

Первое произошло на расстоянии 350 км от г. Душанбе, в северо-восточной части Афганистана (провинция Бадахшан). Эпицентр землетрясения был зарегистрирован в пределах Памиро-Гиндукушской зоны, на глубине 230 км. В эпицентре интенсивность сотрясений достигала 8 баллов по международной шкале MSK-64 [1]. Землетрясение вызвало наибольшие разрушения в ближайших к эпицентральной зоне населенных пунктах Афганистана и Пакистана (рис.2,3), унеся жизни более 300 человек.

Сейсмические колебания различной интенсивности ощущались на большей части территории Средней Азии, в Индии и Китае (рис. 4). Это землетрясение в регионе стало сильнейшим за последние десятилетия.



Рис.2, 3. Последствия землетрясения в эпицентральной зоне (27.10.2015 11:55 CA-NEWS
(фото Reuters)

На территории Таджикистана данное землетрясение проявилось интенсивностью от 4-5 до 6-7 баллов. Наиболее сильно оно ощущалось на территории Ишкашимского района, где интенсивность подземных толчков достигала более 6 баллов. В Ишкашине и Рошткале несколько старых жилых домов были частично разрушены, во многих домах появились трещины. В некоторых селениях Шугнанского, Рушанского, Ванчского и Дарвазского районов ГБАО в отдельных старых каменных и глинобитных постройках образовались трещины в стенах, на склонах гор произошли небольшие камнепады. В Душанбе в некоторых старых глинобитных постройках и зданиях из жженого кирпича образовались трещины в стенах, с падением кусков штукатурки. На осадочных грунтах восточной части города (район Полиграфкомбината) эти повреждения наблюдались в несколько большей степени.

Афганское землетрясение 26 октября интересно тем, что оно представлено двойным толчком с разницей вступления волны Р до 10 сек. (рис.5), в силу чего первый толчок был определен как отдельное событие с $K=14.0$ ($M=5.6$). Очевидно, это послужило причиной, по которой произошла направленность основного излучения в юго-восточном направлении, в сторону Пакистана.

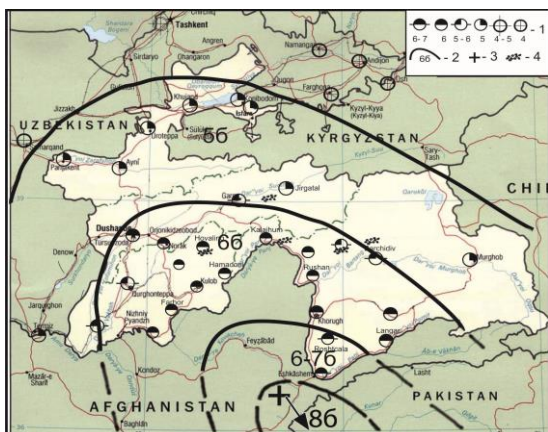


Рис. 4. Карта изосейст Афганского землетрясения 26.10. 2015 г. (Джураев Р.У.):
1 – баллы; 2 – изосейста балльности;
3 – эпицентр землетрясения; 4 – камнепады.

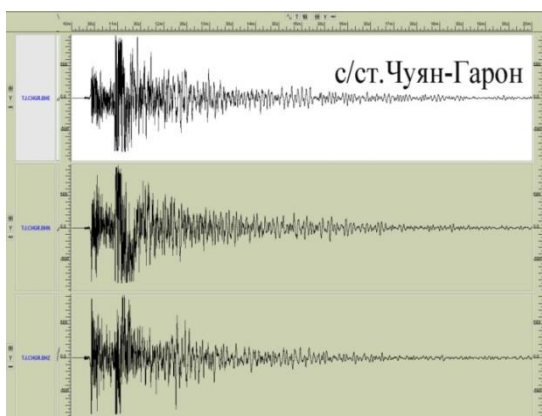


Рис. 5. Сейсмограммы Афганского землетрясения 26.10.2015 г.

Обычно глубокие землетрясения реализуются одиночными толчками, но при этом землетрясении зарегистрировано несколько форшоков и множество афтершоков. При детальном анализе выявлено три ближайших форшока непосредственно вблизи главного толчка. Первые два произошли 9 и 13 октября на глубине 210 км с $K=12.5$ и $K=12.1$ ($M=4.7$ и $M=4.5$). Третий же толчок произошел 26 октября за 10 сек до главного сейсмического события. Землетрясение сопровождалось значительной серией афтершоков с $K \geq 9-13$ (более 1000), что наблюдается только для достаточно сильных глубокофокусных землетрясений. В течение первых 5 суток здесь локализовано 806 толчков с $K \geq 9$, причем только 26 октября здесь выявлено 4 толчка с $K=12$ и один с $K=12.7$ ($M=4.8$), который произошел через 40 мин после главного подземного толчка. Еще два повторных толчка с $K=13$ зарегистрированы 1 и 18 ноября на глубине 210 и 220 км. Эти повторные толчки ощущались в эпицентральной зоне интенсивностью от 4-5 до 5-6 баллов. Всего здесь до конца 2015 года зафиксировано 1558 толчков с $K=9-13$ (табл. 2).

Таблица 2

Распределение афтершоков землетрясения 26 октября 2015 г. по энергетическим классам

№№ П/п	Месяц	Энергетический класс					Всего с $K \geq 10$	Всего
		9	10	11	12	13		
	Октябрь	638	139	23	5	1	168	806
	Ноябрь	320	49	4	2	2	57	377
	Декабрь	112	36	3	-	-	39	151
	ИТОГО	1070	224	30	7	3	264	1558

Следует отметить, что с 1965 по 2002 гг. практически в этом же месте, на тех же глубинах произошли пять землетрясений: 14 марта 1965 г. с $M=7.5$; 30 июля 1974 г. с $K=16.4$ ($M=7.3$); 30 декабря 1983 г. с $K=16.6$ ($M=7.1$); 9 августа 1993 г. с $K=15.6$ ($M=6.3$) и 3 марта 2002 г. с $K=16.4$ ($M=7.0$). Эти землетрясения сопровождалась также повторными

толчками и проявились на территории Таджикистана, в частности в г. Душанбе интенсивностью до 6 баллов [2].

Второе сильное землетрясение произошло 7 декабря в окрестностях озера Сарез на Памире. Его эпицентр находился в зоне Рушано-Пшартского разлома, в урочище Давлат-Маматдашт на левом берегу Сарезского озера ($38^{\circ}08' - 72^{\circ}31.5'$). По данным геологической службы США (USGS), эпицентр данного подземного толчка определен севернее озера Сарез, в северных отрогах Музкольского хребта [3]. Очаг данного землетрясения находился на глубине 30-40 км. На рис. 6 показано расположение эпицентра землетрясения 07 декабря 2015 г., определенного Геофизической службой АН РТ (GSART) и геологической службой США (USGS). На рис.7 представлены сейсмограммы Сарезского землетрясения 7.12.2015 г., записанные цифровыми сейсмическими станциями Геофизической службы АН РТ.

По макросейсмическим данным эпицентр землетрясения расположен между Сарезским озером и селением Кудара, в северных отрогах Музкольского хребта. Землетрясением был нанесен значительный материальный ущерб населенным пунктам Рушанского, Шугнанского и Ванчского районов Таджикистана.

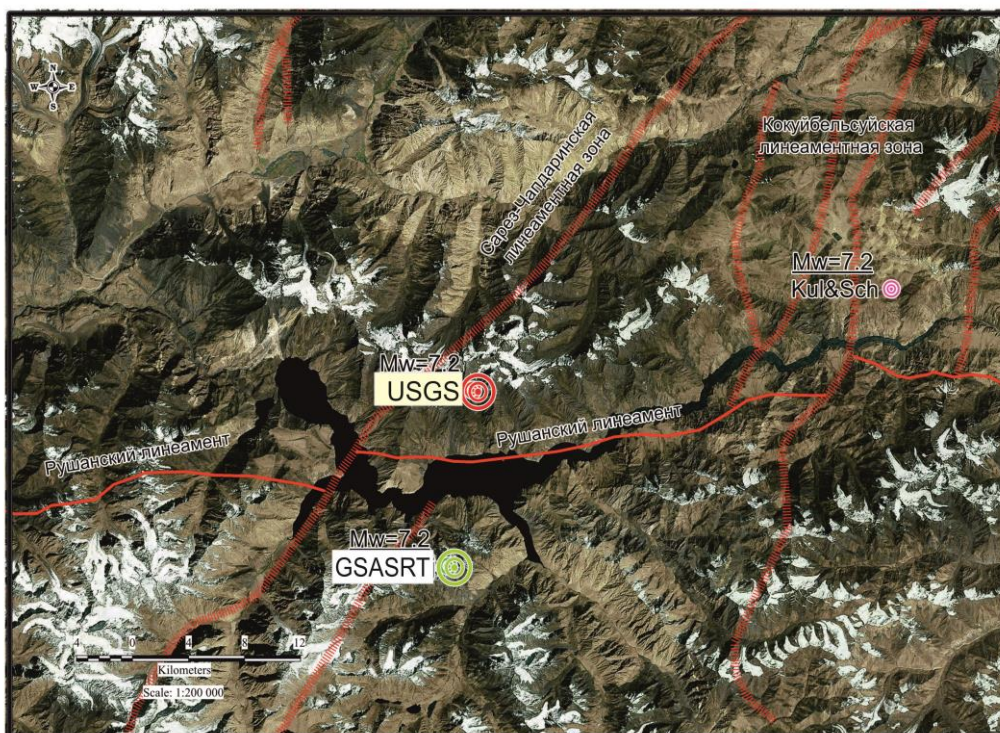


Рис. 6. Эпицентр Сарезского землетрясения 7.12.2015 г. по GSART и USGS.

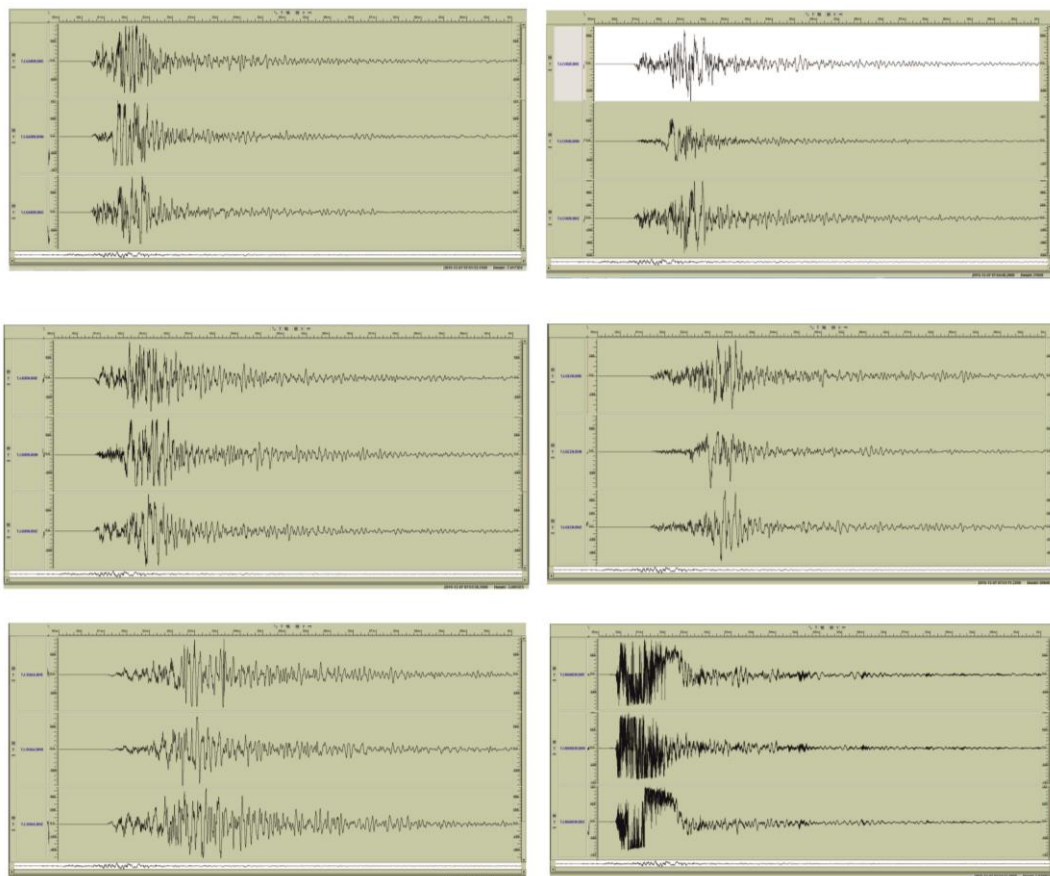


Рис.7. Сейсмограммы Сарзского землетрясения 7.12.2015 г.

Следует отметить, что эпицентр известного 9-балльного Сарзского землетрясения 1911 г. был приурочен также к Рушано-Пшартскому разлому [4]. При землетрясении 7 декабря 2015 г. наиболее сильно были повреждены и разрушены те же селения, что и при землетрясении 1911 г., расположенные в верховьях долины реки Бартанг (Гудара, Пасор, Бопасор, Рухч, Акташ, Ташкол, Курган, Босбайтал). В этих селениях жилые дома и общественные здания построены главным образом из рванного камня на глинистом и реже цементном растворе. При землетрясении 7 декабря 2015 г. особенно сильно пострадали селения Гудара, Пасор и Бопасор (интенсивность 7 баллов). В кишлаке Гудара были разрушены почти 80% старых жилых домов, которые не отвечали элементарным нормам сейсмостойкого строительства (рис.8, 9). В верховьях долины реки Бартанг и его притоках произошли многочисленные обвалы. В долинах рек Босбайтал и Кокуйбель (Курган, Акташ, Ташкол, Босбайтал) были разрушены каменные постройки для содержания скота, по бортам долины реки Босбайтал на поверхности моренных отложений образовались значительные трещины, где интенсивность сотрясений достигала 8 баллов.



Рис. 8, 9. Повреждения жилых домов в кишлаке Гудара.

На озере Сарез сила подземных колебаний достигала от 6-7 до 7 баллов. В новом одноэтажном капитальном здании гостиницы МЧС, построенном на левом берегу озера из рваного камня (на фундаменте), в стенах образовались трещины. На правом берегу озера была разрушена каменная постройка (склад) в полевом лагере геологов. Во время землетрясения в озере поднялась волна высотой 0.9-1.0 м.

Аэровизуальное обследование Усойской плотины и акватория Сарезского озера показали, что вдоль берегов озера произошли многочисленные небольшие обрушения раздробленного материала на крутых склонах, но крупных обрушений замечено не было. Сравнение снимков правобережного склона в 4 км выше плотины Усой, сделанных в 2011 г. и 13.12.2015 г. не показало существенных изменений на этом участке. Следует отметить, что после основного толчка уровень воды в озере поднялся на 20-25 см, затем в течение 3-4 суток пришел в первоначальное состояние. Обследование родников показало, что их дебиты не изменились, уровень воды в реке Бартанг соответствовал уровню зимнего периода. Это свидетельствует о стабильности фильтрации воды из озера через завал.

В западном направлении от эпицентра, вниз по течению р. Бартанг интенсивность сотрясений составляла 6 баллов в селениях Барчидив, Чадуд, Басид, а в расположенных ниже селениях, включая и райцентр Рушан колебания достигали 5-6 баллов.

Севернее эпицентральной зоны, в верховьях долины реки Ванч в селениях Ванвани-Боло, Ванвани-Поен и Поймазор интенсивность подземных толчков достигала 6 баллов. Большинство жилых глинобитных домов этих селений получило повреждения в виде трещин в стенах и частичного обрушения частей стен. В райцентре Ванч колебания достигали 5-6 баллов. В южном направлении в районе селений Аличур, расположенном в 32 км и Джилонды в 38 км от эпицентра интенсивность сотрясений уменьшилась до 5-6 баллов. Колебания интенсивностью 5-6 баллов ощущались в Мургабе (31 км), Рангуле (116 км), 5 баллов в Хороге (122 км), 4-5 баллов в Джиргатале (165 км), 4 балла в Ишкашимае (165 км) и Душанбе (345 км), 3-4 балла в Худжанде (350 км), Оше (250 км), 3 балла в Ташкенте (446км).

Сейсмические колебания землетрясения 7 декабря 2015 г. с разной интенсивностью ощущались на территории Кыргызстана, Узбекистана, Афганистана и Китая (рис.10). Это землетрясение, как и Сарезское 1911 г., произошло на границе двух тектонических зон - Центрального и Южного Памира, имеющих разную историю геологического развития, разделенных Бартанг-Пшартским глубинным разломом. Эпицентр землетрясения 7 декабря 2015 г. тяготеет к дизъюнктивному узлу, образованному Бартанг-Пшартским глубинным разломом и новообразованными тектоническими нарушениями Каракульско-Сарезской зоны субмеридионального простириания. Наблюдается миграция очагов последующих повторных толчков вдоль простириания последнего.

Изосейсты землетрясения имеют форму эллипса, вытянутого в субширотном направлении, и совпадают с простирианием Бартанг-Пшартского разлома.

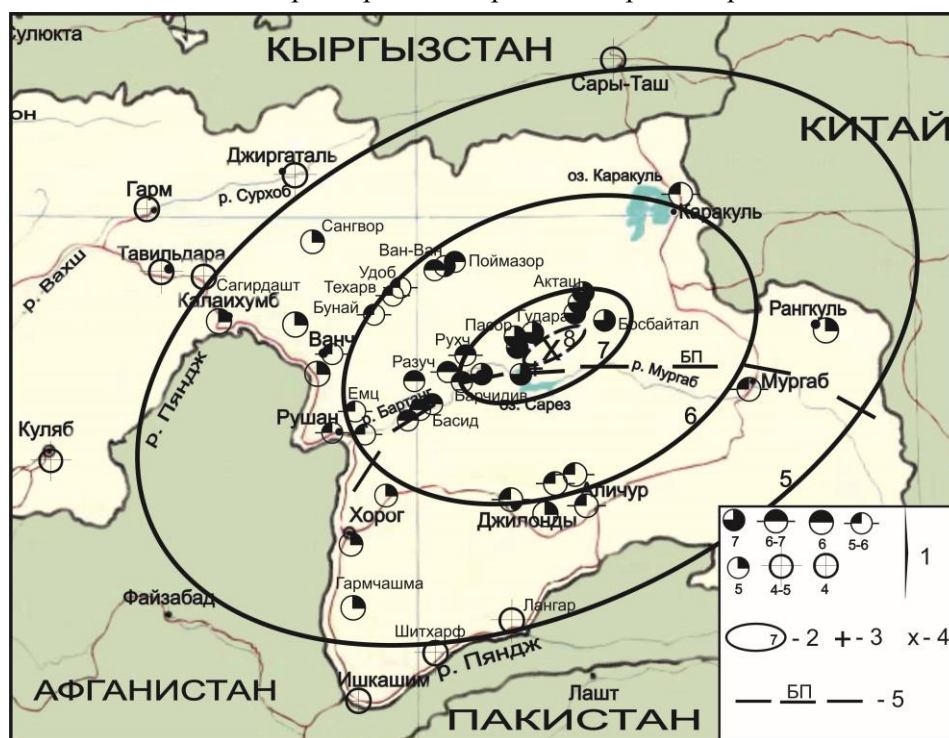


Рис. 10. Схема изосейст Сарезского землетрясения 7 декабря 2015 г. (Джураев Р.У.)

1-баллы; 2-изосейста бальности; 3-эпицентр по инструментальным данным; 4- макросейсмический эпицентр; 5- Бартанг-Пшартский глубинный разлом.

Площадь 7-балльной изосейсты составляет около 1900 км², 6-балльной 32000 км² и 5-балльной более 125000 км². Площадь 6-балльной изосейсты землетрясение 1911 г. составляла 33000 км², а 5-балльной - 117000 км².

В начале января 2016 г. в верхней части левобережного оползневой склона была обнаружена трещина протяженностью около 2 км, которая образовалась в результате многочисленных повторных толчков. По трещине были смещены поверхностные рыхлые четвертичные отложения на расстояние от 1-2 до 3-4 м. Мощность этих отложений на разных частях склона колеблется от 3-5 до 8-10 м. В нижних частях склона смещения от-

ложений не обнаружены. Подвижки прекратились в феврале после прекращения ощутимых повторных толчков. По предварительным расчетам объем вероятного оползневого массива составляет около 13 млн.м³. Данный массив разделен на множество блоков и вероятность одновременного схода маловероятна. Даже в случае, если вся эта масса одновременно сойдет в озеро, то может на некоторое время подняться уровень воды на 20-30 см, что не может угрожать плотине.

Сарезское землетрясение 7 декабря 2015 г. сопровождалось большим количеством повторных толчков. До конца года здесь зарегистрировано 1637 толчков с $K \geq 9$ (табл. 3). Причем только за 7 декабря отмечено 536 землетрясений с $K=9-14$. Они распространились на большой территории, отмеченной координатами: 37.3-38.9° с.ш. и 72.1-73.9° в. д. Многие из них в эпицентре проявлялись интенсивностью от 3 до 4-5 баллов, а отдельные 5-6 баллов.

Таблица 3.

Распределение числа коровых землетрясений Памира по энергетическим классам за период 07 - 31 декабря 2015 г.

	Энергетический класс									Всего $K \geq 10$	Всего $K \geq 12$	Всего
	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
Число толчков	1219	253	142	15	6	1	-	-	1	418	23	1637

Сравнение представленного в данной работе сейсмологического материала с данными за 2014 г. показывает, что в предыдущем году было зарегистрировано почти вдвое больше землетрясений и практически такое же количество ощутимых землетрясений [5].

Особенностью разрушительного Афганского землетрясения 26 октября является то, что в одном очаге в течение 10 секунд произошли два сильных подземных толчка, вызвавших очевидно, направленность основных разрушающих колебаний в юго-восточном направлении и обусловивших сильные разрушения не на территории Таджикистана, а в приграничных районах Афганистана и Пакистана. Данное землетрясение, очевидно вызвало перераспределение напряжений в земной коре на Памире и Южном Тянь-Шане, что спровоцировало катастрофическое Сарезское землетрясение 7 декабря 2015 г. и многочисленные сильные подземные толчки в юго-восточной части Алайской долины. Возможно, такая же ситуация была и при возникновении Сарезского землетрясения 1911 г.

Детальное обследование акватории Сарезского озера показало устойчивость Усойского завала (естественная каменно-набросная плотина высотой более 500 м) к сейсмическим колебаниям интенсивностью 7-8 баллов. Большие разрушения в эпицентральной зоне Сарезского землетрясения больше связаны с сейсмостойкостью местных жилых построек, что необходимо учесть строителям при возведении новых строений из местного материала и усилении старых жилых домов.

Разница в определении местоположения эпицентра Сарезского землетрясения различными службами и авторами связана с недостаточным количеством регистрирую-

щих станций в Таджикистане, в частности на Памире и отдаленностью международных сейсмических станций, что увеличивает ошибки в точности определения координат эпицентров землетрясений. Проблему точности определения координат эпицентров землетрясений можно решить увеличением количества широкополосных цифровых сейсмических станций, особенно на Памире, где нормально функционирует лишь одна цифровая станция «Манем» вблизи г. Хорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965, 11 с.
2. Джураев Р.У. Макросейсмическое проявление сильных землетрясений в районе строительства Рогунской ГЭС. Душанбе: Изд. Мир Полиграфии., 2013, 111с.
3. Kulikova G., Schurr V. et al. Source parameters of the Sarez-Pamir earthquake of 1911 February 18. Geophys. J.Int, (2016), 205, 1086-1098
4. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана (геология и сейсмичность). - М.: АН СССР, 1960.
5. Негматуллаев С.Х. Каталог ощутимых землетрясений Таджикистана с 1955 по 2015 г. Душанбе: Геофизическая служба АН Республики Таджикистан, 2016.

С.Х.НЕГМАТУЛЛОЕВ, Р.У.ЌЎРАЕВ*, Т.Р.УЛУБИЕВА

ЗОҲИРШАВИИ ЗАМИНЧУНБИҶОИ САХТ ВА ҲИСШАВАНДА ДАР ҚАЛАМРАВИ ТОҶИКИСТОН ДАР СОЛИ 2015

*Хадмоти геофизикии Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
*Институтуи геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Маълумотҳо оиди заминчунбӣҳои саҳти соли 2015 дар қаламрави Тоҷикистон пешниҳод гардида, тавсиф ва таҳлили зоҳиршавии заминларзаҳои харобиовари 26 октябр ва 7 декабр, вобастагии онҳо ба сохторҳои геологии минтақа муайян карда шудааст. Харитаҳои изосейстаҳои баллнокии заминчунбӣҳои ташхисшуда сохта шудаанд. Сабабҳои носаҳеҳӣ дар муайян намудани координатҳои заминчунбӣҳо ва осебпазирии биноҳои маҳаллӣ дар минтақаи марказии заминчунбии Сарез дар санаи 7 декабри соли 2015 муайян карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: маркази заминчунбӣ, магнитуда, шиддатнокии заминларза, изосейста, сейсмограмма, макросейсмика

S.H.NEGMATULLAEV, R.U.JURAEV*, T.R.ULUBIEVA

**THE MANIFESTATION OF STRONG AND PERCEPTIBLE EARTHQUAKES
ON THE TERRITORY OF TAJIKISTAN IN 2015**

*Geophysical service of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
*Institute of Geology, antiseismic construction and seismology
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan.*

Presents data on Tajikistan's strong earthquakes that occurred in the year 2015. The description and analysis of the devastating earthquakes of October and 26 December 7, the character of manifestations on the surface and their are confinement to the geological structures. The maps of the earthquakes intensity isoseists compiled. The possible causes of inaccuracy in determination of epicenters of earthquakes and vulnerability of local buildings in the epicentral zone of Sarez earthquake December 7, 2015 defined.

Key words: earthquakes epicenter, magnitude, the intensity of the earthquake, isoseist, seismogram, macro-seismic.

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

ГЕННАДИЙ ХАТАМОВИЧ САЛИБАЕВ
(К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



В начале 2017 г. исполнилось бы 80 лет нашему дорогому коллеге, известному таджикскому геологу, доктору геолого-минералогических наук, члену-корреспонденту Академии наук Республики Таджикистан, члену Палеонтологического общества СССР, председателю Палеогеновой секции Среднеазиатской региональной Межведомственной стратиграфической комиссии, члену Палеогеновой комиссии Межведомственного стратиграфического комитета СССР Геннадию Хатамовичу Салибаеву.

Он родился 8 февраля 1937 года в г. Ленинабаде (ныне Ходжент) в семье служащего, которая в 1940 г. переехала в тогдашний г. Сталинабад (ныне Душанбе). После окончания средней школы поступил на геологическое отделение факультета естественных наук Таджикского госуниверситета, блестяще окончив его в 1959 г. Сразу после окончания учебы он стал работать в Южно-Таджикской геолого-разведочной экспедиции Таджикского геологического управления, пройдя трудовой путь от техника-геолога до старшего геолога.

Уже тогда, принимая участие в крупномасштабной геологической съемке ряда площадей Юго-Западного Таджикистана, он начал заниматься стратиграфией верхнемеловых и палеогеновых отложений. Все эти годы он ощущал острый интерес к естественно-научным знаниям и стремление к научным исследованиям. Поэтому в 1963 г. Геннадий Хатамович поступил в аспирантуру Института геологии АН Таджикской ССР, а в 1964 г. перевелся в аспирантуру Ленинградского госуниверситета, по окончании которой в ноябре 1966 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Стратиграфия верхних горизонтов палеогена Ферганы, Таджикской депрессии и Гиссарского хребта на основании изучения комплексов видов моллюсков».

С декабря этого года Геннадий Хатамович навсегда связал свою судьбу с Институтом геологии, где до 1991 г. проработал на должностях от младшего до ведущего научного сотрудника. Эту связь он не прерывал и во время его работы исполняющим обязанности главного ученого секретаря Президиума Академии наук Республики Таджикистан с июля 1991 г. по январь 1995 г.

Однако тяга к каждодневным научным исследованиям в любимой им отрасли знаний и отсутствие желания заниматься административной работой побудили его вновь вернуться в родной институт, где он проработал до конца своих дней главным научным сотрудником и заведующим лабораторией палеонтологии и стратиграфии.

В 1988 г. в Московском геолого-разведочном институте он защитил докторскую диссертацию на тему «Стратиграфия и палеогеография позднего эоцена восточной части Средней Азии на основе изучения двустворчатых моллюсков», а в январе 1991 г. был избран членом-корреспондентом Академии наук Республики Таджикистан. Всю свою трудовую жизнь Геннадий Хатамович посвятил интереснейшим разделам геологии – палеонтологии и стратиграфии, изучая морфологию, систематику, стратиграфическое и зоогеографическое значение палеогеновых двустворчатых моллюсков Центра Евразии, палеобиогеографию, биостратиграфию палеогена и историю геологических исследований. В пределах палеогена Казахстана и Средней Азии им установлено более 1200 видов двустворчатых моллюсков и несколько сотен видов брюхоногих, выделен новый род и более 100 новых видов, произведено районирование обширного Туранского палеогенового бассейна, предложены обновленные стратиграфические схемы для палеогеновых отложений Ферганского и Таджикского регионов.

В 60-70-годы Геннадий Хатамович передавал свои энциклопедические знания студентам Таджикского госуниверситета, читая курсы лекций на геологическом, биологическом и историческом факультетах. С середины 70-х годов он являлся активным членом общества «Знание», председателем его первичной организации, а с 1980 г. – членом республиканской организации этого общества, ведя постоянную научно-просветительскую деятельность среди населения, выступая с лекциями в учреждениях и на предприятиях как в Душанбе, так и в других регионах республики. Он вел активную научную переписку с коллегами из других республик СССР и зарубежных стран, неоднократно участвовал в работе различных международных конференций, симпозиумов, совещаний, сам принимал активное участие в организации в г. Душанбе ряда конференций, школ-семинаров, симпозиумов и полевых экскурсий.

Геннадием Хатамовичем опубликовано более 150 научных трудов, в том числе 12 монографий, он был исполнителем и редактором ряда научных отчетов и сборников трудов. По его инициативе коллективом таджикских палеонтологов и стратиграфов созданы капитальные сводки «Стратиграфический словарь Таджикистана» и «Стратиграфический словарь Памира», которым он отдал много сил и времени, а также опубликовано несколько депонированных палеонтологических и стратиграфических сборников.

За активное участие в общественной и политической жизни страны, за высокие научно-производственные показатели Г.Х.Салибаев награжден грамотой Президиума Верховного Совета Таджикской ССР, грамотами Всесоюзного и Республиканского обществ «Знание» и нагрудным знаком «Победитель соцсоревнования», является заслуженным деятелем науки Республики Таджикистан. В 1999 г. он награжден Кембриджским Международным биографическим центром золотой медалью за заслуги перед наукой, а уже после его безвременной смерти в 2000 г. Американским биографическим институтом (Колорадо, США) присуждена премия и золотая статуэтка «Золотой рекорд достижений – 2001».

Коллеги и друзья Геннадия Хатамовича помнят его как человека высоких моральных принципов и внутренней культуры, доброжелательного к людям, кристально чистого и честного, истинного интеллигента, трудолюбивого и беззаветно преданного своему любимому делу, любящего и заботливого семьянина.

*И.С.Оймухаммадзода, А.А.Сабиров, И.А.Бардашев, Н.П.Бардашева,
Н.К.Оспанова, М.З.Пулатова, Ф.Х.Хакимов*

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
№4 (165), 2016 г.

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2012-2016 ГГ.

2012 г.

№1

МАТЕМАТИКА

- М.Ш.Шабозов, Н.М.Мамадаёзов.** О неравенствах типа Джексона-Стечкина и значения поперечников некоторых классов функций, задаваемых усредненными модулями непрерывностями в пространстве L_2 7
- Я.Т.Мегралиев, А.Х.Сатторов.** Обратная краевая задача для одного уравнения Буссинеска четвертого порядка с дополнительным интегральным условием 19
- М.Ш.Халилова, И.Д.Нуров.** Бифуркационные явления со слабоосциллирующими параметрами негладких систем 32

ФИЗИКА

- Т.Х.Салихов.** Тепловая нелинейность в оптоакустике (Обзор) Часть II. Тепловая нелинейность в фототепловых задачах в физике твёрдых тел 40
- И.Исмаилов, М.Содиков, С.Шарипов.** Некоторые характеристики монокристаллических и пористых кристаллов кремния, арсенида галлия и фосфида индия 52

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- М.И.Абдулхаева, О.А.Азизкулова.** ИК-спектроскопическое исследование 1-метил-2-меркаптоимидазольных координационных соединений молибдена (v) 59

ФАРМАКОЛОГИЯ, ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- П.И.Арипджанова, А.Б.Кимсанов, Р.А.Олимов, О.Савриев, К.Х.Хайдаров, М.Б.Каримов.** Фармакологические исследования 4-алкоксиметил-2,2-диалкоксиметил-1,3-диоксоланов..... 65

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А.А.Фармони, Ш.Аббоси, К.М.Каримов, З.К.Мухидинов, Д.Х.Халиков.** Ультрочувствительный метод адсорбционно-инверсионной вольтамперометрии для определения олова с использованием N-нитрозо-N-фенилгидроксиламина как селективного хелатирующего агента 70
- Р.Усманов, М.С.Кучаров, У.Р.Усманов, М.А.Куканиев.** Влияние моноэтаноламиновой соли гудрона растительных масел на свойства нестабильных гетерогенных дисперсных систем нефтяного пласта 78

Ш.Р.Самихов, З.А.Зинченко, Б.А.Бобохонов. Изучение кинетики процесса цианирования золотосодержащих руд Таджикистана	85
Б.Б.Эшов, М.Б.Раззози, А.Бадалов. Энтальпии растворения сплавов и образования интерметаллидов систем алюминий-лантан и алюминий-церий	92

ГЕОХИМИЯ

А.Р.Файзиев, Н.С.Сафаралиев. Содержание литофильных элементов в минералах Шохкадамбулакского месторождения (Карамазар)	100
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

ХРОНИКА

Д.Н.Пачаджанов, С.Т.Благовещенская. Малой академии наук исполнилось 40 лет	107
-----------------------------------------------------------------------------------------	------------

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

Академику Д.Х.Халикову – 70 лет	114
----------------------------------------------	------------

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Саид-Мамед Насырович Каримов (20.05.1936-16.01.2012)	120
-------------------------------------------------------------------	------------

№ 2

МАТЕМАТИКА

М.Ш.Шабозов, Л.Г.Файзмамадова. Наилучшая формула численного интегрирования криволинейного интеграла первого рода для некоторых классов функций и кривых	7
Дж.Дж.Заргаров. О точных значениях <i>n</i> -поперечников классов аналитических в круге функций в пространстве Харди	16
С.К.Солиев. Исследование краевой задачи типа Штурма для дифференциальных уравнений четвёртого порядка	22

ФИЗИКА

Т.Х.Салихов. Тепловая нелинейность в оптоакустике (обзор). Часть III. Тепловая нелинейность в фотоакустике твёрдых тел	29
А.С.Дорошкевич, А.В.Шило, А.В.Сапрыкина, Т.Е.Константинова, И.А.Даниленко, Л.Д.Перекрестова, А.М.Ткаченко. Низкоэнергетические магнитоимпульсные воздействия в порошковых нанотехнологиях. Методы исследования	41
Х.С.Каримов, Х.М.Ахмедов, М.С.Захид. Исследование полевого фототранзистора на основе органического полупроводника фталоцианина никеля	48
И.Х.Юсупов, П.Х.Бободжанов. Применение спиновых меток для диагностики хлопковых волокон, выделенных из поражённых вилтом растений хлопчатника	52

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Д.Н.Низомов, А.А.Ходжибоев, С.С.Зарифов. Концентрация напряжений на контуре незамкнутой крепи	58
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А.А.Аминджанов, Д.Самиипагале, Н.Г.Кабилов.** Синтез и структура хлоридного комплекса ртути (II) с 4-метил-1,2,4-триазолтиолом 65
- У.Х.Усманова, Н.А.Ашуров, Э.Д.Маматов, У.М.Мирсаидов.** Сравнительная оценка разложения обожжённого исходного данбурита и данбуритового концентрата соляной кислотой 71

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Г.Ч.Хамзаева, Р.У.Вахобова, Д.Н.Пачаджанов.** Физико-химическое изучение процессов концентрирования и комплексообразования Cu, Bi, Sb, Cd, Pb и Zn в рассеянном органическом веществе осадочных пород 77
- Ш.Туйчиев, Д.Рашидов, Ш.Акназарова, Д.Саломов, Д.Шерматов.** Исследование радиационной стойкости нанокристаллографических полимеров 83
- О.Шамсоро, Х.И.Тешаев, З.К.Мухидинов, С.Р.Усманова, З.Б.Шарифова, Л.Ш.Лиу.** Микрокапсулы на основе пектина подсолнечника и концентрата белков молочной сыворотки 89
- М.М.Вохидов, А.Муродиён, Б.С.Азизов, П.Муродиён, А.Г.Сафаров.** Сравнительная характеристика антрацитов различных месторождений и изменения их свойств при термической обработке 96

МЕТАЛЛУРГИЯ

- Н.П.Мухамедиев, Дж.Р.Рузиев, З.Т.Шукурова, Б.С.Азизов, Х.Сафиев.** Термодинамические основы обжигового способа получения криолит-глинозёмного концентрата из шлама газоочистки электролитического производства алюминия 102

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

- Академик М.Ш.Шабозов** – основатель школы по теории приближений в Таджикистане 107

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

- Зебунисо Базаровна Шарифова** (21.11.1946 – 19.06.2011) 111
- Виктор Иванович Дронов** (к 80-летию со дня рождения) 113

№3

МАТЕМАТИКА

- Н.Раджабов.** К теории одного класса нелинейного интегрального уравнения типа И.Н.Векуа с фиксированными сингулярными ядрами 7
- С.А.Исхоков, А.Г.Каримов.** О разрешимости вариационной задачи Дирихле для вырождающегося квазилинейного эллиптического уравнения в предельно-цилиндрической области 21
- Г.Джангибеков, М.Ч.Чоршанбиева.** О нётеровости и индексе одного класса двумерных сингулярных интегральных операторов с разными чётными характеристиками 29

ИНФОРМАТИКА

- С.Т.Наврузов, З.Б.Шомуродов.** Математическая модель функционирования водохозяйственного комплекса в речном бассейне 42
- Г.М.Довудов.** Статистика частей речи таджикского языка 54

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

- С.Ф.Абдуллаев, В.А.Маслов, Н.А.Абдурасулова, Б.И.Назаров, У.Мадвалиев.** Вариации содержания CO₂ в приземном слое воздуха в аридной и высокогорной зоне Таджикистана 57

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А.Т.Джумаев, Г.А.Ташбаев, О.Тухтасунов.** Сульфиды и сульфоны 1,3-дигидробензо[с]тиофен2,2-диоксида 64

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Е.Н.Аликина, М.И.Дёгтев, А.А.Аминджанов.** Экстракция ионов Co, Zn, Cd и Hg из тиоцианатных растворов расплавами смесей диантипирилалканов и бензойной кислоты 69

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Б.Д.Бобоев, Н.Хакимов, Х.М.Назаров, И.У.Мирсаидов, А.М.Баротов, Ф.Дж.Саломов.** Состояние урана в хвостохранилищах №1-2 г. Истиклол при присутствии гематита 79
- А.Х.Хакимов, И.Н.Ганиев, И.Т.Амонов, А.Э.Бердиев.** Влияния церия на кинетику окисления твердого сплава Al+2.18% Fe 87
- З.Р.Обидов, С.Д.Алиханова, И.Н.Ганиев.** Кинетика окисления сплавов Zn5Al и Zn55Al, легированных неодимом 92

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

- Азим Иброхим, М.М.Мамадвафоев, А.А.Бригинский.** Месторождение Истошон: геолого-геохимические особенности и перспективы золотоносности (Центральный Таджикистан) 98

ТЕХНИКА

- Х.С.Каримов, Х.М.Ахмедов, М.Али, З.Кабутов, Ф.Ахмедов.** Мониторинг параметров фотоэлектрической установки 106

ЭНЕРГЕТИКА

- Ш.Ш.Шоёкубов, М.Нарзиев, И.Т.Ходжахонов, Ш.Шоёкубов, Ф.М.Мирзоев.** Эффективность свободнопоточной микроэнергетики в реках Таджикистана 112

- ХРОНИКА** 120

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

- Академику Зафару Джураевичу Усманову – 75 лет** 127

- НОВЫЕ КНИГИ** 130

МАТЕМАТИКА

- М.Ш.Шабозов, Н.М.Мамадаёзов.** О наилучшем приближении периодических функций и поперечники некоторых классов в L_2 7
- К.Ш.Тухлиев.** О наилучших квадратурных формулах приближённого вычисления криволинейного интеграла первого рода для некоторых классов функций и кривых 18
- Н.Раджабов, Дуния Абдулхамид Хасан.** Об одной граничной задаче для гиперболического уравнения Эйлера-Пуассона-Дарбу с двумя сингулярными линиями..... 28

ИНФОРМАТИКА

- К.С.Бахтеев.** Автоматическая символьная предобработка текстов таджикского языка 37

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А.С.Содатдинова, К.С.Мабаткадамова, С.М.Сафармамадов, А.А.Аминджанов.** Комплексообразование серебра с N,N-этилентииомочевинной..... 41
- Э.Д.Маматов, У.Х.Усманова, Ш.Б.Назаров, А.Курбонбеков, У.М.Мирсаидов.** Особенности процесса солянокислотного разложения бор- и алюминийсодержащего сырья Таджикистана 51

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- К.К.Мирзорахимов.** Выделение и идентификация полифенольных соединений из некоторых дикорастущих растений флоры Таджикистана..... 56
- Ю.Ходжибаев, Р.О.Рахронов, С.Д.Атоликшоева, [М.А.Куканиев], Д.К.Саидов, И.У.Файзилов.** Синтез и ИК-спектральная характеристика 2-бром-6-хлорметиленимидазо-[2,1-b]-1,3,4-тиадиазола 64

ФАРМАКОЛОГИЯ

- И.Ф.Рахимов, Р.М.Горшкова, З.К.Мухидинов, А.Ю.Султонов, Г.Н.Бободжанова, К.Х.Хайдаров, Д.Х.Халиков, Л.Ш.Лиу.** Алкопротекторное действие яблочных олигосахаридов..... 68

СЕЙСМОЛОГИЯ

- А.М.Бабаев, Р.У.Джураев, С.Х.Негматуллаев.** Проявление сильных коровых, глубоких Памиро-Гиндукушских и возбужденных землетрясений в районе расположения каскада ГЭС в верхнем течении реки Вахш..... 75

ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА

- А.Р.Кариев, С.С.Саидов.** Верхнеюрские рифовые комплексы Таджикской депрессии и перспективы открытия в них крупных скоплений нефти и газа..... 88

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

- А.Р.Файзиев, А.Г.Махмадалиев.** Особенности формирования стратиформных свинцово-цинковых месторождений Бальджуанского рудного района (Афгано-Таджикская депрессия)..... 95

ГЕОХИМИЯ

- А.Х.Хасанов, С.Н.Гарибмахмадова.** Образование аметистовой минерализации в зависимости от химизма вмещающих пород на примере месторождения Сельбур (Южный Гиссар)..... 103

ХРОНИКА..... 108

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

Академику Саидмухамеду Одинаевичу Одинаеву – 70 лет 115

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Абдухамид Джураевич Джураев (к 80-летию со дня рождения)..... 118

Мухамадшо Ахмадович Куканиев (01.01.1960 – 24.10.2012) 121

2013 г.

№ 1

МАТЕМАТИКА

М.Ш.Шабозов, М.Р.Лангаршоев. О наилучших приближениях и точных значениях средних поперечников некоторых классов целых функций в $L_2(\mathbb{R})$ 7

Н.Ф.Олифтаев. О значениях некоторых классов периодических дифференцируемых функций в пространстве L_2 21

ИНФОРМАТИКА

З.Д.Усманов, Г.М.Довудов, С.Д.Холматова. О множестве анаграмм таджикского языка 32

Л.А.Гращенко. О модельном стоп-словаре 40

ФИЗИКА

С.Одинаев, Р.Махмадбегов. Теоретические и экспериментальные исследования диэлектрических свойств растворов электролитов (обзор) 47

С.Ш.Давлятмамадова, Т.Шукуров, Р.Марупов. Спектроскопические свойства корневища родиолы холодной (*Rhodiola gelida* Schrenk) в зависимости от места произрастания 60

М.М.Кабиллов, Б.Дж.Гулбоев, П.Б.Садриддинов, И.Х.Халимов. Численное моделирование фильтрационного горения газов при симметричности профилей температуры и концентрации компонентов 67

Ф.Х.Каримов. Коэрцитивность ферромагнитных пластин с поверхностными линейными неоднородностями..... 76

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Х.М.Ахмедов, Х.С.Каримов, К.Кабутов, А.А.Акобиров, И.Хомидов, З.Рахматова, Ф.Ахмедов. Влияние температуры на электрические свойства электрохимического элемента на основе n-InP..... 84

ФАРМАКОЛОГИЯ

З.К.Мухидинов, М.Р.Бобокалонова, И.Ф.Рахимов, О.Шамсара, Д.Т.Бобокалонов, Л.Ш.Лиу. Кинетика высвобождения пироксикама из эмульсионных микрочастиц низкометилированных пектинов и концентрата лактоглобулинов молочной сыворотки 89

ГЕОХИМИЯ

А.Р.Файзиев, С.А.Эльназаров. Термобарогеохимические условия формирования Кухилалского месторождения благородной шпинели 99

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

М.М.Мамадвафоев, Ю.И.Дышук. Оценка перспектив золотоносности учкадинского рудного поля геохимическими методами (Центральный Таджикистан)..... 107

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

Академику Леониду Григорьевичу Михайлову - 85 лет 116
Абдуали Абдуманову – 60 лет 119

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Иван Алексеевич Глухов – яркий представитель химической науки Таджикистана (к 100-летию со дня рождения) 122
Манзур Рахимович Джалилов (к 80-летию со дня рождения)..... 125
Баратов Рауф Баратович (10.10.1921 г. – 14.01.2013 г.)..... 129
Мэлс Икрамович Салахутдинов (10.10.1938 г. – 06.01.2013 г.)..... 132

№ 2

МАТЕМАТИКА

П.З.Рахмонов. Обобщённая тернарная проблема Эстермана для нецелых степеней с почти равными слагаемыми..... 7
М.Азизов, М.Пулатов. Точные значения n -поперечников некоторых классов функций, возникающих при решении задач уравнений математической физики 17
С.А.Алигаваров. Наилучшие кубатурные формулы для некоторых классов функций двух переменных, задаваемых модулями непрерывности 28
К.К.Палавонов. О наилучшем приближении периодических функций и значениях поперечников функциональных классов в L_2 40

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Ф.С.Комилов, И.Л.Косимов. Имитационное моделирование рыбной популяции экосистемы пруда 52

ФИЗИКА

К.Комилов, А.К.Зарипов. Уравнения для бинарной плотности и бинарного потока частиц электропроводящих магнитных жидкостей 65
И.Х.Юсупов, А.Д.Бахдавлатов, Р.Марупов, Т.Шукуров. Исследование молекулярной динамики лекарственного растения родиолы холодной (*Rhodiola gelida schrenk*) методом спиновой метки 70

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- У.М.Мирсаидов, П.М.Ятимов, Э.Д.Маматов, З.В.Кобулиев, Ш.Б.Назаров.** Хлорирование предварительно обожженного концентрата данбурита и расчёт кинетических параметров 79
- О.Шамсара, З.К.Мухидинов, Д.Т.Бобокалонов, С.Р.Усманова, Л.Ш.Лиу.** Формирование микрокапсул на основе высокометилированных пектинов и лактоглобулинов молочной сыворотки 85

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- М.И.Дёгтев, Е.М.Нечаева, А.А.Аминджанов, В.В.Фотин.** Производные пиразолона в химии экстракции ртути (II) из хлоридных растворов..... 93

МЕТАЛЛУРГИЯ

- Ю.Я.Валиев, М.А.Исроилов, Х.Э.Бобоев, Р.М.Бахретдинов, А.Х.Сафиев, Х.Сафиев.** Исследование процесса извлечения водорастворимых солей из отработанных катодных и бортовых блоков электролизёров производства алюминия 101

ГЕОЛОГИЯ

- А.Н.Колчин, А.Р.Файзиев.** Корреляция нижнепермских кольцевых депрессионных структур Карамазара по вулканогенным толщам..... 106

ТЕХНИКА

- Д.Рузиев.** Оценка уязвимости крупнопанельных жилых зданий г. Душанбе по результатам натурных обследований 118

ХРОНИКА

- К 100-летию со дня рождения И.А.Глухова**..... 125

- НОВЫЕ КНИГИ** 126

№3

МАТЕМАТИКА

- З.Х.Рахмонов, З.Н.Камарадинова.** Асимптотическая формула для среднего Рисса функции делителей, распространённой на значения тернарной кубической формы..... 7
- К.Тухлиев.** О наилучших приближениях целыми функциями в пространстве $L_2(\mathbb{R})$. I..... 19
- Н.М.Исмаатов.** 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.Рахмонов, М.Т.Зоидова, М.А.Куканиев, Франческо Де Анджелис. Синтез и ацилирование 2-бутиламин-6-п-бромфенилимидазо-[2,1-b]-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 холодноабивной 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 $Gd_5Vi_3-Tm_5Vi_3$ 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.Дышук. Геология и оценка перспектив золотоносности месторождения Пиндар (Центральный Таджикистан)..... 98

ГЕОЛОГИЯ

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

ТЕХНИКА

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

ХРОНИКА..... 122

МАТЕМАТИКА

З.Х.Рахмонов. Оценка коротких сумм значений характеров.....	7
М.Ш.Шабозов, Н.Ф.Олифтаев. Наилучшие приближения и точные значения поперечников некоторых классов периодических функций в L_2	23
К.Тухлиев. Точные верхние грани отклонения некоторых классов функций от их частных сумм ряда Фурье-Чебышёва в пространстве L_2 . I.	33
О.К.Фарайдунов. Об оценке погрешности квадратурной формулы Эрмита-Чебышёва.....	47
М.Исмат. О классическом и обобщенном решении задачи типа Коши для оператора Даламбера произвольной степени.....	57

ИНФОРМАТИКА

З.Д.Усманов, М.Довудов. Алгоритм представления таджикских словосочетательных словоформ фрагментами предложений.....	69
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ФИЗИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА

Т.А.Василенко, А.К.Кириллов, А.С.Дорошкевич, А.В.Шило. Эффекты воздействия низкочастотных импульсов магнитного поля на электрофизические характеристики каменного угля.....	77
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С.К.Насриддинов, Д.Ш.Шарипов, М.С.Исломова, А.Бадалов. Получение и термодинамические характеристики тетрагидрата фторида и гидроксокарбоната кобальта (II).....	86
Х.А.Рахимов, В.Д.Абулхаев, И.Н.Ганиев, С.О.Убайдов. Диаграмма состояния системы $Gd_5Bi_3-Lu_5Bi_3$	93

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М.Бобоназаров, М.М.Рахимова, Б.Мирзоев. Седиментационный анализ фосфоритной муки месторождения Каратаг Республики Таджикистан.....	98
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А.Шарифов, А.А.Акрамов, Я.Г.Назирова, А.К.Муминов. Прочность и деформативность бетонов с добавкой щелочного экстракта стеблей хлопчатника.	106
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

СТРАТИГРАФИЯ

А.А.Сабиров. Фораминиферовая шкала девонской системы Таджикистана.....	113
-------------------------------------------------------------------------------	-----

МИНЕРАЛОГИЯ

А.Р.Файзиев, Н.Ф.Набиев, А.В.Буряк. Сульфиды Пакрутского золоторудного месторождения (Центральный Таджикистан) 122

ТЕХНИКА

Х.М.Ахмедов, Х.С.Каримов, Н.М.Сафаралиев, А.Г.Маркаев, Ф.У.Обидов, Р.А.Исмоилов, Ф.Ахмедов, З.Кабутов. Двухконтурная солнечная водонагревательная установка на основе первичного алюминия 131

ХРОНИКА..... 138

2014 г.

№ 1

МАТЕМАТИКА

З.Х.Рахмонов. Суммы примитивных характеров с простыми числами 7

К.Тухлиев. Точные верхние грани отклонения некоторых классов функций от их частных сумм ряда Фурье-Чебышева в пространстве L_2 . II..... 22

Н.М.Мамадаёзов. Неравенства типа Джексона-Стечкина и значения поперечников некоторых функциональных классов в L_2 33

И.Курбонوف, С.И.Икболов. Вопросы качественного исследования нелинейных краевых задач электромагнитоупругости с памятью 43

АСТРОНОМИЯ

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

ФИЗИКА

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

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

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

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

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

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

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

ГЕОЛОГИЯ

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

ГЕОДЕЗИЯ

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

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

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

ТЕХНИКА

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

ХРОНИКА

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

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Аюб Алиевич Алиев (04.08.1948 - 02.07.2013) 127

№2

ХИМИЯ, ФАРМАКОЛОГИЯ

Д.Х.Халиков, И.Ф.Рахимов, К.Х.Хайдаров, У.М.Мирсаидов. Актуальные вопросы химии и фармакологии 7

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Г.К.Рузматова, М.З.Кодиров, Д.К.Хакимова, М.С.Исломова, А.Абборхонов. Калориметрическое определение энтальпии образования гидрофторидов элементов IA подгруппы 13

А.Бадалов, Б.А.Гафуров, У.М.Мирсаидов. Борогидриды редкоземельных металлов с тетраэдр-эффектом: проявление при определённых термодинамических характеристиках 19

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

И.У.Файзилов, М.Д.Исобеаев, Э.Х.Пулатов, К.Х.Хайдаров. Синтез тритретичных ениновых триолов с изолированными кратными связями..... 26

Ю.Ходжибаев, С.С.Мамадшоева, Р.О.Рахмонов, М.А.Жуканиев,
М.Кручианелли, Э.Пиетропаоло. Синтез и исследование аминокпроизводных 2-метилтио-7-хлорметилтен-5-оксо-5н-1,3,4-тиадиазоло-[3,2-а]-пиримидина 30

Р.О.Рахмонов, Ю.Ходжибоев, М.Т.Зоидова. Синтез и спектральная характеристика 2-замещённых производных 6-п-бромфенилимидазо-[2,1-б]-1,3,4-тиадиазола 35

Г.А.Ташбаев, М.З.Турдалиев, О.Тухтасунов. Синтезы 6-(n,n-диалкил)аминометилбензо-1,4-диоксанов 42

К.Х.Хайдаров, Р.Усманов, У.Р.Усманов, М.Д.Муллочаева, Ш.И.Саидова. β -аминокетоны 2,3-дигидробензо[b]тиофенов и I-тиохроманов..... 46

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А.Бадалов, Ф.А.Махмудов, М.А.Бадалова, М.Н.Абдусалямова, Р.А.Джалилов. Термические характеристики интерметаллидов систем сурьма-лантаноиды и сурьма-марганец-лантаноиды 54

ФАРМАКОЛОГИЯ

К.Х.Хайдаров, И.Ф.Рахимов, М.Н.Абдусалямова, А.А.Садиров, Сухайл Аль-Абед. Морфофункциональные изменения тканей органов и системы иммунитета при взаимодействии с наноструктурированным оксидом эрбия (Er_2O_3) 58

З.В.Гоибова, М.Р.Бобокалонова, И.Ф.Рахимов, З.К.Мухидинов, Г.В.Разыкова, А.А.Саидов. Исследование токсичности комплекса концентрата лактоглобулинов молочной сыворотки и яблочного пектина 64

Б.А.Ишанкулова. Сравнительная фармакология некоторых сахароснижающих растений Таджикистана 70

КЛИНИЧЕСКАЯ ФАРМАКОЛОГИЯ

Б.Х.Одилов, Т.М.Джаборова, Г.М.Бобиев, И.Ф.Рахимов. Влияние тимоцина на показатели крови больных при комплексной терапии хронического простатита 77

ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

М.М.Давлатмамадова, Д.Р.Рузиев, Д.Н.Джамshedов, С.Д.Исупов. Очистка талька Мульводжского месторождения солянокислотным способом 82

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

Академику Кариму Хайдаровичу Хайдарову – 80 лет 88

№3

МАТЕМАТИКА

К.Тухлиев. О наилучших приближениях целыми функциями в пространстве $L_2(\mathbb{R})$. II..... 7

М.Г.Файзиев. О вырождающихся неклассических системах уравнений первого порядка..... 20

В.И.Борздыко. О периодических решениях неоднородных дифференциальных уравнений параболического типа с запаздывающим аргументом 29

Х.С.Кучакшоев. Исследование n -мерной математической модели геотермальных процессов 37

Р.Ахмедов. К теории модельного уравнения специального вида..... 42

ФИЗИКА

Х.С.Каримов, Х.М.Ахмедов, Фархан Мудасар, Насир Ахмед, М.Мехран Башир. Изготовление и исследование свойств демонстрационного генератора на основе Bi_2Te_3 47

И.Исмаилов. Фотолюминесценция кристалла пентофосфата неодима при накачке лазерным излучением 54

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

У.Р.Охунова, М.М.Юнусов. Изотерморастворимость в системе $RbF-CrF_3-HCOOH-H_2O$ при $25^\circ C$ 59

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н.Н.Рахматов, И.У.Мирсаидов, Х.Назаров, М.Хикматов, У.М.Мирсаидов. Сорбция ионов урана из шахтных и дренажных вод с помощью шишек арчи и туи в динамическом режиме..... 64

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Р.О.Азизов, М.Х.Саидов. Моделирование плотности теплового потока при газотермическом нанесении покрытий из полимерных материалов..... 70

ТЕКТОНИКА

Р.Л.Такранов, А.Р.Файзиев, А.Б.Дзайнуков, А.Т.Кантемирова, А.Т.Мутавалиев. Влияние трещиноватости на формирование скарново-полиметаллических руд на месторождении Алтынтопкан (Северный Таджикистан)..... 77

ПАЛЕОВУЛКАНОЛОГИЯ

Ю.Мамаджанов. Абсарокит-шошонит-латитовая серия Ташкескен-Самгарской вулканоструктуры Чаткало-Кураминской зоны Среднего Тянь-Шаня 88

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Ф.А.Мухидинов. Гидрогеологическая характеристика района туннеля «Чормагзак» (Таджикистан)..... 100

ХРОНИКА

11-е Нумановские чтения «Актуальные вопросы физики и химии углеродсодержащего сырья», посвящённые 95-летию академика АН РТ И.У.Нуманова и 80-летию со дня рождения академика РАН Н.А.Платэ 107

№ 4

МАТЕМАТИКА

З.Х.Рахмонов, Б.М.Замонов. Короткие кубические двойные тригонометрические суммы, с «длинным» сплошным суммированием 7

М.С.Саидусайнов. Неравенства типа Колмогорова в весовом пространстве Бергмана для аналитических функций одной переменной 24

Ф.М.Шамсудинов. Интегральные представления решений для одной переопределённой системы дифференциальных уравнений второго порядка с сингулярными коэффициентами..... 32

О.Х.Каримов. О разделимости нелинейных дифференциальных операторов второго порядка с матричными коэффициентами	42
С.С.Мирзоев. Видоизменённые задачи Коши для общих вырождающихся неклассических уравнений 4-го порядка	51

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

М.М.Кабилов, Б.Дж.Гулбоевю Влияние теплотерьер и диффузии компонентов газовой смеси на распространение волны горения в инертной пористой среде.....	59
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

АВТОМАТИКА

С.А.Нарзуллоев. Концептуальная модель процесса управления отдельными подразделениями органов внутренних дел Республики Таджикистан	68
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А.С.Курбонов, А.М.Баротов, З.Т.Якубов, Ф.А.Назаров, У.М.Мирсаидов. Кинетика уксуснокислотного разложения обожжённого данбуритового концентрата	73
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М.Д.Исобеаев, М.Д.Давлатназарова, Э.Х.Пулатов, Т.Х.Абдуллаев, М.З.Турдиалиев, И.У.Файзилов. Ионогенные адсорбенты на основе угля месторождений «Зидды», «Фан-Ягноб» и экологические аспекты их применения....	76
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Б.С.Азизов, Х.А.Мирпочаев, Х.Сафиев. Термодинамический анализ процесса газификации угля.....	83
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

ТЕКТОНИКА

А.Р.Файзиев, Ф.А.Такранов, А.Б.Дзайнуков, А.Т.Мутавалиев. Тектонические условия формирования даек и скарново-рудных тел на месторождении Алтынтопкан (Северный Таджикистан)	90
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

БИОЭНЕРГЕТИКА

Х.М.Ахмедов, К.Партоев, Г.А.Ташбаев. Топинамбур (<i>Heliantus tuberosus</i> L.) – перспективная культура для производства биотоплива в Таджикистане.....	105
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Д.Т.Бобокалонов, З.К.Мухидинов, Г.И.Комилова, Р.С.Киматов, Э.Р.Рахманов. Определение ципрофлоксацина в биологических жидкостях капиллярным зонным электрофорезом	113
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

ХРОНИКА.....	119
---------------------	------------

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Валерий Максумович Салимов (к 70-летию со дня рождения).....	130
---------------------------------------------------------------------	------------

НОВЫЕ КНИГИ	133
--------------------------	------------

2015 г.

№ 1

МАТЕМАТИКА

- К.Тухлиев.** Структурные характеристики функций из L_2 и точные значения поперечников некоторых классов функций 7
- Дж.Х.Бекназаров.** Верхние грани отклонения некоторых классов функций от их частных сумм рядов Фурье–Чебышёва в пространстве L_2 20
- Р.Пиров.** К теории нелинейных переопределённых систем, состоящих из трёх или четырёх дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с одной неизвестной функцией в пространстве 32
- М.К.Арабов.** Анализ устойчивости особой точки квазилинейного уравнения второго порядка 42
- И.А.Шакиров, Ю.Х.Хасанов.** Об оценках точных значений констант Лебега для интерполяционных полиномов Лагранжа 50

ИНФОРМАТИКА

- З.Д.Усманов, Г.М.Довудов.** Позиционное кодирование таджикских словоформ 58

АСТРОФИЗИКА

- С.Х.Абдуллоев, Н.Х.Миникулов.** Фотометрия астероида (00533) Sara 67

ФИЗИКА

- С.Одинаев, Р.С.Махмадбегов.** Расчет частотного спектра и диаграмма Коула-Коула водного раствора хлорида натрия в зависимости от параметров состояния .. 72

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- Д.Н.Низомов, И.Каландарбеков.** Сравнительный анализ методов сосредоточенных деформаций и конечных элементов 84

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- У.Р.Раджабов, С.Г.Ёрмамадова, А.У.Козихонов, Р.Н.Рахимова.** Термодинамические функции реакций образования координационных соединений железа (III) и железа (II) с дибазолом при ионной силе 0.25 моль/л..... 93
- Х.Г.Мудинов, С.М.Сафармамадов, А.Д.Хусайнов.** Комплексообразование серебра (I) с 1,2,4-триазолом при 288-318 К 99

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- И.У.Файзилов, М.Д.Исобаев, М.И.Сабуров.** Синтез Z,E-изомеров простых моноэфиров дитретичных ениновых диоксиальдегидов..... 106

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- О.Г.Бобиев, А.Н.Шахматов, В.Д.Абулхаев.** Технологические характеристики некоторых активных красителей 113
- Б.С.Джамолзода, А.Муродиён, Т.Шукуров, А.Г.Сафаров, Х.С.Сафиев.** ИК-спектры антрацита месторождения Назарайлок до и после термической обработки..... 121

ХРОНИКА.....Ошибка! Закладка не определена.

№ 2

ФИЗИКА

- Дж.А.Саломов, Ш.Шосафарова, С.В.Муминов.** Полное разрушение ядер α -частицами с энергией 1.4 ГэВ/А.....7

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Д.Н.Худоёров, А.М.Баротов, А.С.Курбонов, Э.Д.Маматов, У.М.Мирсаидов.** Переработка боросиликатной руды с гидроксидом натрия 12
- А.М.Каюмов, Д.Х.Мирзоев, У.А.Турсунов, А.М.Баротов.** Азотнокислотное разложение аргиллитов месторождения Чашма-Санг Таджикистана 17
- У.М.Мирсаидов, А.С.Курбонов, Э.Д.Маматов, Ж.А.Мисратов, З.Т.Якубов.** Извлечение борного ангидрида из боросиликатных руд 21
- У.М.Мирсаидов, А.С.Курбонов, З.Т.Якубов, А.Курбонбеков, Э.Д.Маматов, Ш.Б.Назаров.** Извлечение полезных компонентов из боросиликатного сырья с различным содержанием бора кислотными методами 25
- А.С.Курбонов, Д.Н.Худоёров, З.Т.Якубов, А.М.Баротов, У.М.Мирсаидов.** Сравнительная оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата уксусной кислотой и щёлочью..... 29
- А.С.Курбонов, У.Х.Усмонова, З.В.Кобулиев, Б.Б.Баротов.** Влияние продолжительности процесса и концентрации минеральных кислот на степень извлечения боросиликатных руд..... 33
- А.С.Курбонов, У.Х.Усмонова, К.М.Назаров, М.З.Ахмедов, У.М.Мирсаидов.** Влияние температурного режима на степень извлечения боросиликатных руд Таджикистана 39
- А.С.Курбонов, З.Т.Якубов, Ф.А.Назаров, Т.П.Рачаби, У.М.Мирсаидов.** Оценка процесса разложения обожжённого боросиликатного концентрата минеральными кислотами и уксусной кислотой..... 43

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- А.М.Каюмов, Д.Х.Мирзоев, А.М.Баротов.** Кинетика азотнокислотного разложения аргиллитов месторождения Чашма-Санг.....47
- Ф.А.Хамидов, Н.Хакимов, И.У.Мирсаидов, Х.М.Назаров.** Изучение сорбционных свойств скорлупы урюка в сравнении с его семенами и плодами 52
- Д.Н.Худоёров, А.М.Баротов, А.С.Курбонов, Э.Д.Маматов.** Кинетика разложения обожжённой исходной борсодержащей руды с гидроксидом натрия 55
- И.У.Мирсаидов, Ф.А.Хамидов, Н.Н.Рахматов, Н.Хакимов.** Изучение сорбционных свойств скорлупы урюка на пилотной установке 59
- Б.Мирзоев, С.С.Тураев, П.Б.Мирзоев, Х.Сафиев.** Кинетика процесса выщелачивания алюминатного слёка..... 63

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Р.У.Вахобова, Г.Ф.Рачинская, Г.М.Бобиев, А.Зарипова, Д.Н.Пачаджанов.** Определение некоординированного серебра методом ионометрии..... 68

МЕТАЛЛУРГИЯ

А.Х.Сафиев, Б.С.Азизов, Х.Сафиев. Термодинамический анализ реакций, протекающих при спекании глинозём-, фторсодержащих отходов производства алюминия с содой 74

РАДИАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Х.М.Назаров, Дж.А.Саломов, Н.Хакимов, Ф.Дж.Саломов, Н.Н.Рахматов. Радиационный мониторинг хвостохранилища «Дигмай» 78

Б.Д.Бобоев, Х.М.Назаров, Дж.А.Саломов, К.А.Эрматов, В.М.Миряхяев. Рекомендации по уменьшению концентрации радона в воде родников и скважин Джаббор Расуловского района 83

Х.М.Назаров, Дж.А.Саломов, Н.Хакимов, Н.Н.Рахматов, Э.А.Эрматов. Экологические аспекты реабилитации урановых хвостохранилищ г.Истиклола Республики Таджикистан 87

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

Н.У.Хакимова, Е.Ю.Малышева, Ш.Г.Шосафарова. Анализ данных индивидуального дозиметрического контроля сотрудников таможенной службы, относящихся к группе «А» 93

ХРОНИКА 97

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

Петру Михайловичу Соложенкину - 85 лет 99

НОВЫЕ КНИГИ 103

№3

МАТЕМАТИКА

Ф.М.Шамсудинов. Интегральные представления решений для одной специальной системы дифференциальных уравнений второго порядка со слабой особенностью 7

Т.П.Константинова. Однородная вариационная задача Дирихле, связанная с некоэрцитивной формой, младшие коэффициенты которой принадлежат лебеговым пространствам 15

Б.А.Рахмонов. Об одном обобщении вырождающейся неклассической системы уравнений 4-го порядка 24

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Э.Сейдакмат кзы. Решение задачи нелинейной оптимизации тепловых процессов, описываемых вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями 31

ИНФОРМАТИКА

З.Д.Усманов, С.М.Пиров. К разработке основ эвфонометрии слов 39

ФИЗИКА

Т.Х.Салихов, Зафари Умар, Фарход Рахими. Вклад температурной зависимости коэффициента теплового расширения в систему волновых уравнений для первого и второго звуков в сверхтекучем гелии 43

Н.У.Муллоев, З.З.Исломов, М.Файзиева, Р.Сафарова, Дж.Юсупова. ИК-спектры родственных гетероциклических соединений 49

МЕХАНИКА

Д.Н.Низомов, И.Каландарбеков. Численное моделирование задач балок на упругом основании 56

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С.М.Сафармамадов, Д.А.Мубораккадамов, К.С.Мабаткадамова. Комплексообразование золота (III) с 1,2,4-триазолом 65

ГЕОХИМИЯ

Д.Н.Пачаджанов. Геохимия калия, рубидия и цезия в мезозойском седиментогенезе Таджикской депрессии 73

М.Л.Гадоев. Элементы-примеси в барите из месторождений и рудопроявлений Карамазара 84

МИНЕРАЛОГИЯ

А.Р.Файзиев, Ф.А.Файзиев. Рудноформационные типы серебряных месторождений Таджикистана 92

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А.А.Сабиров. Систематика семейства Parathuramminidae Е.Вукова, 1955 (фораминиферы) 100

ГИДРОЛОГИЯ

И.И.Саидов, А.С.Кодиров, Н.Н.Степанова. Управление формированием химического состава природных вод 109

Р.Рахматиллоев, Ф.Г.Нематова. Моделирование распределения воды Большого Ферганского канала на территории Канибадамского района Республики Таджикистан 117

БИОЭНЕРГЕТИКА

Х.М.Ахмедов, К.Партоев, Г.А.Ташбаев. Химический состав, биологическая и хозяйственная продуктивность топинамбура 124

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО

Иному Бободжанову – 80 лет 132

№4

МАТЕМАТИКА

М.Ш.Шабозов, С.Н.Мехмонзода. Точные оценки совместного приближения функций двух переменных и их производных многогранными функциями 7

К.Тухлиев, К.Н.Муродов. Точные оценки скорости сходимости рядов Фурье-Бесселя и значения \mathcal{K} -функционалов 16

ИНФОРМАТИКА

Т.И.Хайтов. Нахождение единицы собственного времени колебательного процесса 27

АСТРОНОМИЯ

Г.И.Кохирова, С.П.Литвинов, У.Х.Хамроев, М.Р.Ахметзянов. Результаты астрометрии суперболида 23 июля 2008 г. 32

АСТРОФИЗИКА

Х.И.Ибадинов, А.Г.Сафаров. Некоторые закономерности образования аномального хвоста комет 47

ФИЗИКА

Х.Х.Муминов, Ф.Ш.Шокиров. Динамика взаимодействия доменных границ в (2+1)-мерной нелинейной сигма-модели 57

Д.М.Акдодов. Определение коэффициента объёмной вязкости и модуля объёмной упругости на основе обобщенного потенциала ионно-молекулярных систем 65

Т.Х.Салихов, Ю.П.Ходжаев. Теория генерации основной гармоника нелинейного фотоакустического отклика двухслойных полупрозрачных образцов 75

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

Х.И.Кодирова, Т.Шукуров, Б.И.Назаров, С.Ф.Абдуллаев. ИК-спектроскопия проб пылевого аэрозоля и почв зоны распространения пылевой бури 88

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

М.И.Дегтев, А.А.Аминджанов*, Е.Н.Аликина. Комплексообразование ионов скандия (III) и иттрия (III) с аминотетрааминовыми производными 1,2-диоксиантрахинона 97

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

О.А.Азизкулова, Г.Н.Солехова. Координационные соединения цинка (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом-5 105

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Э.М.Аслзода. Буровые растворы и их значение при проходке соленосных отложений в сложных геологических условиях 113

ПЕТРОХИМИЯ

М.М.Мамадвафоев. К петрохимии магматических образований бассейна Фан-Дарьи (Зеравшанский хребет) 119

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А.А.Сабиров. Классификация и филогения палеозойских известковых фораминифер отряда Earlandiida 128

ПАМЯТИ УЧЁНОГО

Мағалим Акрамович Субханкулов (11.04.1920 – 10.09.1976) 138

2016 г

№ 1

МАТЕМАТИКА

- К.Тухлиев.** Точные значения n -поперечников некоторых классов функций 7
- М.Г.Ахмадиев, Ю.Х.Хасанов.** Прямые методы решения сингулярных интегро-дифференциальных уравнений в задачах дифракции..... 15
- С.З.Курбаншоев, Н.С.Якубов.** Принцип сведения в теории дифференциальных уравнений в банаховом пространстве 23
- Ч.Т.Ганиев, М.К.Юнуси.** О решении одной интегро-дифференциальной системы уравнений, связанной с популяционной турбулентностью..... 33
- М.Нурублоев.** Краевые задачи для системы уравнений высокого порядка составного типа в n -мерном пространстве 40

ИНФОРМАТИКА

- А.А.Косимов.** О множестве анаграмм в поэме А.Фирдауси «Шахнаме» 48
- Г.З.Рустамов.** Частотность таджикских словоформ в коллекциях текстов детской и современной литературы 54

АСТРОНОМИЯ

- Г.И.Кохирова, Ф.Рахими, С.В.Крючков, И.В.Николенко, А.Ш.Мулло-Абдолов, У.Х.Хамроев, С.Х.Абдуллоев.** Новый «Первый свет» телескопа Цейсс-1000 международной астрономической обсерватории Санглох 59

АСТРОФИЗИКА

- Д.Давлатзода, С.Х.Абдуллоев, Н.Х.Миникулов.** Неоднозначные изменения показателей цвета цефеиды $v383$ суг с ослаблением блеска..... 70

ФИЗИКА

- И.В.Амирханов, Х.Х.Муминов, И.Сархадов, А.Холов.** Численное моделирование колебаний газового пузырька в жидкости под действием акустических волн 76

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

- Д.Н.Низомов, И.Каландарбеков, И.И.Каландарбеков.** Расчёт неразрезных балок от действия статических нагрузок методом сосредоточенных деформаций..... 85

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Х.М.Ахмедов, Г.А.Ташбаев, К.Партоев, Ш.Абдуллоев, С.Абдуллаева.** Применение ферментного препарата «Duozum» при производстве этилового спирта из топинамбура 92

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- Р.О.Азизов, М.Х.Саидов.** Температурные напряжения в системе «покрытие-основа»..... 99

ПЕТРОХИМИЯ

- М.М.Мамадвафоев, И.У.Рахмонов.** Петрохимия магматических комплексов бассейна реки Лойлякуль (Гиссарский хребет)..... 105

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

А.А.Саби́ров. Систематика и филогения салпинготураммин (известковые фораминиферы) 112

№ 2

МАТЕМАТИКА

М.Ш.Шабозов, М.Р.Лангаршоев. О наилучших линейных методах приближения некоторых классов аналитических функций в пространствах Харди и Бергмана 7

К.Тухлиев. О наилучшем приближении некоторых классов свёрток..... 20

М.Г.Юмагулов, М.К.Арабов. Признаки бифуркации Андронова-Хопфа для динамических систем, содержащих негладкие нелинейности 31

ФИЗИКА

Р.Х.Саидов. Термодинамические свойства сплавов гальфан I и гальфан II, легированных редкоземельными металлами 40

Ш.Туйчиев, Д.Рашидов, У.Шоимов, Л.Туйчиев, Ш.Акназарова. Изменение надмолекулярной морфологии эластомеров при внешних воздействиях 47

ТЕХНИКА

Х.С.Каримов, Х.М.Ахмедов, Ф.А.Халид, И.Муртаза, М.Мехран Башир, Н.Фатима, Х.Заман, Д.Мирза, М.У.Хан. Изготовление струйным принтером электронных приборов на основе органических материалов 57

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Д.Н.Низомов, И.Каландарбеков, И.И.Каландарбеков. Расчёт неразрезных балок от действия динамических нагрузок методом сосредоточенных деформаций 63

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Р.У.Вахобова, А.М.Зарипова, Г.Ч.Хамзаева, Г.Ф.Рачинская, Г.М.Бобиев, Д.Н.Пачаджанов. Определение серебра в координационных соединениях с изолейцином и триптофаном методом инверсионной вольтамперометрии 69

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А.С.Курбонов, П.М.Ягимов, З.Т.Якубов, Э.Д.Маматов, А.М.Баротов. Сравнительная оценка хлорного и уксуснокислотного разложения данбуритового концентрата 76

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

У.М.Мирсаидов, М.Ю.Акрамов, А.Бадалов. Изучение влияния обработки гидрида алюминия различными кислотами на его термическую стабильность 81

Ю.Я.Валиев, Х.Сафиев, Х.Э.Бобоев, Т.С.Маджидов, Дж.А.Раджабова. Физико-химический анализ минерального сырья месторождения Зидды 88

СЕЙСМОЛОГИЯ

Р.У.Джураев, Б.К.Олимов. Вахдатское землетрясение 10 ноября 2013 года 94

ГИДРОТЕХНИКА И МЕЛИОРАЦИЯ

А.Кадамов, И.И.Икромов. Стратификация и подвижность аллювиальных песков реки Пяндж на примере Вахана Ишкашимского района ГБАО 103

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Шараф Мавлонович Мавлонов (05.06.1935 – 31.03.2016) 111

НОВЫЕ КНИГИ 114

№3

МАТЕМАТИКА

К.Тухлиев. О поперечниках некоторых классов свёрток.....7

Дж.Х.Бекназаров. О наилучшем приближении функций суммами Фурье-Чебышёва и поперечники некоторых классов функций..... 15

У.Х.Конунова. О приближении непрерывных функций линейными интерполяционными сплайнами (ломаными)..... 24

Н.Усманов, С.Шавкатзода. Сингулярная граничная задача линейного сопряжения для системы уравнений эллиптического типа 32

ФИЗИКА

Д.М.Акдодов. Исследование динамических акустических параметров растворов электролитов..... 44

Ш.Туйчиев, Д.Рашидов, У.Шоимов, Л.Туйчиев, Ш.Акназарова. Влияние внешних воздействий на изменение надмолекулярной морфологии эластомеров 52

И.Мургаза, Х.С.Каримов, Х.М.Ахмедов. Влияние влажности на подвижность носителей заряда в органическом полупроводнике РТСДИ-С₈..... 62

М.И.Ходжахон, Б.И.Назаров, С.Ф.Абдуллаев, Р.А.Кариева, У.М.Мадвалиев. Динамика изменения содержания химических соединений в составе пылевого аэрозоля в период пылевых бурь..... 67

ХИМИЯ

Д.Х.Мирзоев, Ш.О.Аъзамов, С.М.Гафорзода, С.А.Бахронов, Ш.Д.Отаев, У.М.Мирсаидов. Фосфорнокислотное разложение аргиллитов месторождения Чашма-Санг 74

З.Низомов, Р.Х.Саидов, Б.Н.Гулов, Х.Х.Ниязов. Температурная зависимость теплофизических свойств сплава АК1М2, легированного скандием и иттрием 79

Ф.А.Хамидов, И.У.Мирсаидов, Б.Б.Баротов, Х.М.Назаров, У.Мирсаидов. Физико-химические и технологические основы переработки урансодержащих отходов..... 84

ФАРМАКОЛОГИЯ

И.Ф.Рахимов, Р.М.Горшкова, З.К.Мухидинов, Г.Н.Бободжонова, М.Д.Халикова, А.Ю.Султонов, Г.В.Разыкова, Д.Х.Халиков. Сорбционная активность пектиновых полисахаридов подсолнечника по отношению к билирубину (*in vivo*)..... **90**

ХРОНИКА..... **96**

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

Академику Р.Марупову – 80 лет **98**

№4

МАТЕМАТИКА

Д.С.Сафаров, М.З.Замонов. О многообразии решений уравнения обобщённых аналитических функции с отклоняющимся аргументом **7**

О.А.Джурахонов. Некоторые экстремальные задачи приближения функций двух переменных суммами Фурье-Эрмита в пространстве $L_{2,\rho}(\mathbb{R}^2)$ **15**

С.К.Зарипов. Об одном классе немодельных интегро-дифференциальных уравнений первого порядка с одной сингулярной точкой в ядре..... **26**

Физика

Т.Х.Салихов, А.Махмалатиф, Ю.П.Ходжаев. Особенности возбуждения второй гармоники нелинейного фотоакустического отклика в оптически неоднородных двухслойных образцах **38**

Ш.Туйчиев, Д.Рашидов, У.Шоимов, Л.Туйчиев, Ш.Акназарова. Надмолекулярные перестройки в эластомерах при внешних воздействиях **50**

Строительная механика

И.Каландарбеков, Д.Н.Низомов, И.И.Каландарбеков. Сравнительный анализ различных типов сейсмоизоляции в многоэтажных зданиях..... **58**

Техника

Х.С.Каримов, Хина Гохар, Х.М.Ахмедов, Аднан Нур, М.Файсал Хан. Разработка и испытание безындуктивного контроллера заряда в системе солнечной фотоэлектрической установки..... **65**

Неорганическая химия

Ф.А.Назаров, А.С.Курбонов, Ш.Б.Назаров, Ж.А.Мисратов, Г.У.Бахридинова. Сравнительная оценка разложения боросиликатных руд кислотами и щёлочью..... **71**

О.А.Азизкулова, А.Ш.Эгамбердиев, М.И.Абдулхаева. Исследование процессов комплексообразования молибдена (v) с 1-фенил-2,3-диметилпиразолин-5-тионом в среде 6.5 моль/л HCl при 308 К..... **76**

Сейсмология

С.Х.Негматуллаев, Р.У.Джураев, Т.Р.Улубиева. Проявление сильных землетрясений на территории Таджикистана в 2015 году..... **84**

Памяти ученого

Геннадий Хатамович Салибаев (к 80-летию со дня рождения)..... **95**

Указатель статей, опубликованных в 2012-2016 гг. **101**

Авторский указатель за 2012-2016 гг. **126**

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
№4 (165), 2016 г.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЗА 2012-2016 ГГ.

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
1. Аббоси Ш.	1				
2. Абдуллаев С.Ф.	3	3	4,4	4	3
3. Абдуллаев Т.Х.		3	4		
4. Абдуллоев С.Х.				1	1,1
5. Абдуллаева С.					1
6. Абдуллоев Ш.					1
7. Абдуманонов А.	1				
8. Абдуманонов А.(о нём)		1			
9. Абдулхаева М.И.	1				4
10. Абдурасулова Н.А.	3	3			
11. Абдусалямова М.Н.			2,2		
12. Аброрхонов А.			2		
13. Абулхаев В.Д.	4	2,3,4		1	3
14. Азизкулова О.А.	1				4
15. Азизов Б.С.	2,	3	4	2	
16. Азизов М.		2			
17. Азизов Р.О.			3		1
18. Азим Иброхим	3				
19. Ақдолов Д.М.				4	3
20. Акназарова Ш.	2				2,3,4
21. Ақобиров А.А.		1			
22. Акрамов А.А.		4			
23. Акрамов М.Ю.					2
24. Али М.	3				
25. Алигаваров С.А.		2			
26. Алиев А.А.(о нем)			1		
27. Аликина Е.Н.	3			4	
28. Алиханова С.Дж.	3				
29. Амирханов И.В.					1
30. Аминджанов А.А.	2,3,4	2	1	4	
31. Амонов И.Т.	3				
32. Арабов М.К.				1	2
33. Аслзода Э.М.				4	
34. Арипджанова П.И.	1				
35. Атоликшоева С.Д.	4				
36. Ахмадиев М.Г.					1
37. Ахметзянов М.Р.				4	
38. Ахмедов М.З.				2	
39. Ахмедов Ф.	3	1,4	3		
40. Ахмедов Х.М.	1,2,3	1,1,1,4	1,3,4	3	1,2,2,3
41. Ашуров Н.А.	2				

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
42. Аъзамов Ш.О.					3
43. Бабаджанов П.Б.	1	1	1		
44. Бабаев А.М.	4				
45. Бадалов А.Б.	1	4	2,2		2
46. Бадалова М.А.			2		
47. Баратов Р.Б. (о нём)		1			
48. Бардашев И.А.					4
49. Бардашева Н.П.					4
50. Баротов А.М.	3		4	2,2,2,2	2
51. Баротов Б.Б.				2	3
52. Бахдавлатов А.Д.		2			
53. Бахретдинов Р.М.		2			
54. Бахридинова Г.У.					4
55. Бахронов С.А.					3
56. Бахтеев К.С.	4				
57. Бекназаров Дж.Х.				1	3
58. Бердиев А.Э.	3				
59. Благовещенская С.Т.	1				
60. Бобиев Г.М.		3	2	2	2
61. Бобиев О.Г.				1	
62. Бободжанов И. (о нём)				3	
63. Бободжанов П.Х.	2				
64. Бободжанова Г.Н.	4				3
65. Бобоев Б.Д.	3			2	
66. Бобоев Т.Б.	1				
67. Бобоев Х.Э.		2			2
68. Бобокалонов Д.Т.		1,2	4		
69. Бобокалонова М.Р.		1	2		
70. Бобоназаров М.		4			
71. Бобохонов Б.А.	1				
72. Борздыко В.И.			3		
73. Бригинский А.А.	3				
74. Бунятян Н.Д.		3			
75. Буряк А.В.		4			
76. Вазиров Н.Ш.		3			
77. Валиев Р.		1			
78. Валиев Ю.Я.		2			2
79. Василенко Т.А.		4			
80. Вахобова Р.У.	2			2	2
81. Вохидов М.М.	2	3			
82. Гадоев М.Л.				3	
83. Гайбова З.В.			2		
84. Ганиев И.Н.	3,3,4	3,3,4			
85. Ганиев Ч.Т.					1
86. Гарибмахмадова С.Н.	4				
87. Гафорзода С.М.					3
88. Гафуров Б.А.			2		
89. Глухов И.А. (о нём)		1			
90. Горшкова Р.М.	4		1		3
91. Гращенко Л.А.		1			
92. Гулбоев Б.Дж.		1	4		
93. Гулов Б.Н.					3
94. Давлатзода Д.					1

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
95. Давлатмамадова М.М.			2		
96. Давлятмамадова С.Ш.		1			
97. Давлатназарова М.		3	4		
98. Давудов Г.М.		1,4			
99. Даниленко И.А.	2				
100. Де Анджелис Франческо		3			
101. Дёгтев М.И.	4	2	1	4	
102. Джаборова Т.М.			2		
103. Джалилов М.Р. (о нём)		1			
104. Джалилов Р.А.			2		
105. Джамолзода Б.С.				1	
106. Джамshedов Д.Н.			2		
107. Джангибеков Г.	3	1			
108. Джумаев А.Т.	4				
109. Джураев А.Д.(о нём)	4				
110. Джураев Р.У.	4				4
111. Джурахонов О.А.					4
112. Дзайнуков А.Б.			3,4		
113. Довудов Г.М.	3			1	
114. Дорошкевич А.С.	2	4			
115. Дронов В.И. (о нём)	2				
116. Дуния Абдулхамид Хасан	4				
117. Дыщук Ю.И.		1,3			
118. Ёрмамадова С.Г.				1	
119. Заман Х.					2
120. Замонов Б.М.			4		
121. Замонов М.З.					4
122. Заргаров Дж.Дж.	2				
123. Зарипов А.К.		2			
124. Зарипов С.К.					4
125. Зарипова А.				2	2
126. Зарифов С.С.	2				
127. Зафари Умар				3	
128. Захид М.С.	2				
129. Зинченко З.А.	1	3			
130. Зойдова М.Т.		3	2		
131. Ибадинов Х.И.				4	
132. Икболов С.И.			1		
133. Икромов И.И.					2
134. Илолов М.И.	1,4,4	1,1,1,1	4		
135. Исломов З.З.				3	
136. Исломова М.С.		4	2		
137. Исмаилов И.	1	1	3		
138. Исмати М.		4			
139. Исматов Н.М.		3			
140. Исмоилов Р.А.		4			
141. Исобаев М.Д.	4	3	1,2,4	1	
142. Исроилов М.А.		2			
143. Исупов С.Д.			2		
144. Исхоков С.А.	3				
145. Ишанкулова Б.А.			2		
146. Кабилов М.М.		1	4		
147. Кабилов Н.Г.	2				

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
148. Кабутов З.		4			2
149. Кабутов К.	3	1,3			
150. Кадамов А.					2
151. Каландарбеков И.				1,3	1,2,4
152. Каландарбеков И.И.					1,2,4
153. Камарадинова З.Н.		3			
154. Камолиддинов Дж.				4	
155. Кантемирова А.Т.			3		
156. Кариев А.Р.	4				
157. Каримов А.Г.	3				
158. Кариева Р.А.		1	4	3	2,3
159. Каримов К.М.	1				
160. Каримов М.Б.	1		1		
161. Каримов О.Х.			4		
162. Каримов С.Н. (о нем)	1				
163. Каримов Ф.Х.		1			
164. Каримов Х.С.	2,3	1,3,4	1,3		2,3
165. Каюмов А.М .				2	
166. Киматов Р.С.			4		
167. Кимсанов А.Б.	1				
168. Кириллов А.К.		4			
169. Кобулиев З.В.		2	1	2	
170. Кодиров А.С.				3	
171. Кодиров М.З.			2		
172. Кодирова Х.И.				4	
173. Козихонов А.У.				1	
174. Колчин А.Н.		2,3			
175. Комили А.Ш.					2
176. Комилов К.		2			
177. Комилов Ф.С.		2			
178. Комилова Г.И.			4		
179. Константинова Т.Е.	2				
180. Константинова Т.П.				3	
181. Конунова У.Х.					3
182. Косимов А.А.					1
183. Косимов И.Л.		2			
184. Костова Р.И.		1			
185. Кохирова Г.И.			1	4	1
186. Кручианелли М.			2		
187. Крючков С.В.					1
188. Куканиев М.А.	1,4	3	2		
189. Куканиев М.А.(о нем)	4				
190. Курбаншоев С.З.					1
191. Курбонбеков А.	4		1	2	
192. Курбонов А.С.			4	2,2,2,2,2,2, 2,2	2,4
193. Курбонов И.			1		
194. Курбонов Н.Б.		3			
195. Кучакшоев Х.С.			3		
196. Кучаров М.С.	1				
197. Лангаршоев М.Р.		1			2
198. Литвинов С.П.				4	
199. Лиу Л.Ш.	2,4	1,2			

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
200. Мабаткадамова К.С.				3	
201. Мавлонов Б.Г.			1		
202. Мавлонов Ш.М. (о нём)					2
203. Мадвалиев У.	3,4	3	4		3
204. Маджидов Т.С.					2
205. Малышева Е.Ю.				2	
206. Мамадаёзов Н.М.	1,4		1		
207. Мамадвафоев М.М.	3	1,3		4	1
208. Мамаджанов Ю.М.		1,1	3		
209. М амадшоева С.С.			2		
210. Маматов Э.Д.	2,4	2	1	2,2,2,2	2
211. Маркаев А.Г.		4			
212. Марупов Р.	1,4	1,1,1,2		3	2
213. Маслов В.А.		3			
214. Махкамов К.М.			2		
215. Махмадалиев А.Г.	4				
216. Махмадбегов Р.С.		1		1	
217. Махмалатиф А.					4
218. Махмудов Ф.А.			2		
219. Махсудова М.С.		3			
220. Мегралиев Я.Т.	1				
221. Мехмонзода С.Н.				4	
222. Мехран Башир			3		2
223. Мингбоев Ш.А.		3			
224. Миникулов Н.Х.				1	1
225. Мирза Д.					2
226. Мирзоев Б.		4			
227. Мирзоев Д.Х.				2	
228. Мирзоев Б.				2	
229. Мирзоев Д.Х.					3
230. Мирзоев П.Б.				2	
231. Мирзоев С.С.			4		
232. Мирзоев Ф.М.	3				
233. Мирзорахимов К.К.	4				
234. Мирпочаев Х.А.			4		
235. Мирсаидов И.У.	3		3	2,2	3
236. Мирсаидов У.М.	1,2,3,3,3,4, 4,4,4,4,4	1,2	1,2,2,2,3,4, 4	2,2,2,2,2,2, 2	2,3,3
237. Миряхяев В.М.				2	
238. Мисрагов Ж.А.				2	4
239. Михайлов Л.Г. (о нём)		1		4	
240. Мубораккадамов Д.А.				3	
241. Муджахид Хусейн			1		
242. Мудинов Х.Г.				1	
243. Мулло-Абдолов А.Ш.					1
244. Муллоахмадов М.		4			
245. Муллоев Н.У.			1	3	
246. Муллочаева М.Д.			2		
247. Муминов А.К.		4			
248. Муминов Х.Х.	1	1	4,4	3,4	1,2,3
249. Муминов С.В.				2	
250. Мурадиён А.	2	3		1	
251. Мурадиён П.	2	3			

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
252. Муртаза И.					2,3
253. Муродов К.Н.				4	
254. Мутавалиев А.Т.			3,4		
255. Мухамедиев Н.П.	2				
256. Мухидинов З.К.	1,2,4,4	1,2	2,2,4		3
257. Мухидинов Ф.А.			1,3		
258. Набиев Н.Ф.		4			
259. Наврузов С.Т.	3				
260. Назаров Б.И.	3	3	4,4	4	3
261. Назаров К.М.					2
262. Назаров Ф.А.			4	2,2,2,2	4
263. Назаров Х.М.	3		3	2	3,3
264. Назаров Ш.Б.	4	2		2	4
265. Назиров Я.Г.		4			
266. Нарзиев Б.Н.			1		
267. Нарзиев М.	3				
268. Нарзуллоев С.А.			4		
269. Насир Ахмед			3		
270. Насриддинов С.К.		4			
271. Насруллоева Д.Х.					
272. Негматуллаев С.Х.	4	1			4
273. Нематова Ф.Г.				3	
274. Нечаева Е.М.		2			
275. Низомов З.					3
276. Низомов Д.Н.	2			1,3	1,2,4
277. Николенко И.В.					1
278. Ниязов Х.Х.					3
279. Нормантас В.		3			
280. Норова М.Т.		3			
281. Нуров И.Д.	1				
282. Нурублоев М.					1
283. Обидов З.Р.	3				
284. Обидов Ф.У.		4			
285. Обрубов Ю.В.		1			
286. Одилов Б.Х.		2			
287. Одинаев С.О.	1,4	1,1,1,1,4		1,3	3
288. Одинаев С.О. (о нём)	4				
289. Оймухаммадзода И.С.					4
290. Олимов Б.К.					2
291. Олимов Р.А.	1				
292. Олифтаев Н.Ф.		1,4			
293. Оспанова Н.К.					4
294. Отаев Ш.Д.					3
295. Охунова У.Р.			3		
296. Палавонов К.К.		2			
297. Партоев К.			4	3	1
298. Пачаджанов Д.Н.	1,1,2,4		2	2,3	2
299. Перекрёстова Л.Д.	2				
300. Пиетропаоло Э.			2		
301. Пилов Р.		1		1	
302. Пилов С.М.				3	
303. Попова О.Н.			1		
304. Пулатов М.		2			

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
305. Пулатов Э.Х.		3	1,2,4		
306. Пулатова М.З.					4
307. Раджабов Н.Р.	3,4	1		4	
308. Раджабов У.Р.				1	
309. Раджабова Дж.А.					2
310. Раззози М.Б.	1				
311. Разыкова Г.В.			2		3
312. Расулов С.А.			1		
313. Рахими Ф. (Рахимов Ф.К.)			4		1,2,3
314. Рахимов И.Ф.	4	1	1,2,2,2,		3
315. Рахимов Х.А.		3,4			
316. Рахимова М.М.		4			
317. Рахимова Р.Н.				1	
318. Рахманов Э.Р.			4		
319. Рахматов Н.Н.			3	2,2,2	
320. Рахматова З.		1			
321. Рахмонов Б.А.				3	
322. Рахмонов З.Х.	4	3,4	1,4		
323. Рахмонов И.У.					1
324. Рахмонов П.З.		2			
325. Рахмонов Р.О.	4,4	3	2,2		
326. Рачаби Т.П.				2	
327. Рачинская Г.Ф.				2	2
328. Рашидов Д.	2				2,3,4
329. Рузиев Д.		2			
330. Рузиев Дж.Р.	2		2		
331. Рузматова Г.К.			2		
332. Рустамов Г.З.					1
333. Сабиров А.А.		1,4	1	3,4	1,4
334. Сабуров М.И.				1	
335. Савриев О.	1				
336. Садиров А.А.			2		
337. Садриддинов П.Б.			1		
338. Саидов А.А.			2		
339. Саидов Д.К.	4				
340. Саидов И.И.				3	
341. Саидов М.С.			1		
342. Саидов М.Х.			3		1
343. Саидов Р.Х.					2,3
344. Саидов С.С.	4				
345. Саидова Ш.И.			2		
346. Саидусайнов М.С.			4		
347. Салахутдинов М.И.			1		
348. Салибаев Г.Х. (о нём)					4
349. Салиев М.А.			4		
350. Салимов В.М. (о нём)			4		
351. Салимов Т.М.					
352. Салихов Т.Х.	1,2			3,4	4
353. Салихов Ф.			1		
354. Саломов Дж.А.	2			2,2,2,2	
355. Саломов Ф.Дж.	3			2	
356. Самиипагале Д.	2				
357. Самихов Ш.Р.	1		3		

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
358. Сапрыкина А.В.	2				
359. Саробеков Н.Ш.			1		
360. Сарвар М.		3			
361. Сархатов И.					1
362. Сатторов А.Х.	1				
363. Сафаралиев Н.М.	1		4		
364. Сафармамадов С.М.	4			1,3	
365. Сафаров А.Г.	2			1,4	
366. Сафаров Д.С.					4
367. Сафаров Д.Х.	4				
368. Сафарова Р.				3	
369. Сафиев А.Х.			2	2,2	
370. Сафиев Х.	2		2,4	1,2,2	2
371. Сейдакнат кызы Э.				3	
372. Содатдинова А.С.	4				
373. Солехова Г.Н.				4	
374. Солиев С.К.	2				
375. Содиков М.	1				
376. Срумова Ф.В.				4	
377. Степанова Н.Н.				3	
378. Субханкулов М.А. (о нём)				4	
379. Султонов А.Ю.	4				3
380. Султонов Н.	1				
381. Сухайл Аль-Абед			2		
382. Такранов Р.Л.			3,4		
383. Ташбаев Г.А.	3		2,4	3	1
384. Тешаев Х.И.	2				
385. Ткаченко А.М.	2				
386. Туйчиев Л.					2,3,4
387. Туйчиев Ш.	1,2				2,3,4
388. Тураев С.С.				2	
389. Турдалиев М.З.		3	2,4		
390. Тухлиев К.Ш.	4	3,4	1,3	1,4	1,2,3
391. Тухтасунов О.	3		2		
392. Убайдов С.О.		3,4			
393. Улубиева Т.Р.					4
394. Усманов З.Д.	4	1,1,4		1,3,4	
395. Усманов З.Д.(о нём)	3				
396. Усманов Р.	1		2		
397. Усманов У.Р.	1		2		
398. Усманова С.Р.	2	2			
399. Усманова У.Х.	2,4			2,2	
400. Усмонов Г.		1			
401. Усмонов Н.У.		1			3
402. Файзиев А.Р.	1,4	1,1,1,2,3,4	3,4	3	
403. Файзиев М.Г.			3		
404. Файзиева М.				3	
405. Файзилов И.У.	4		1,2,4	1	
406. Файзмамадова Л.Г.	2				
407. Фарайдунов О.К.		4			
408. Фармон А.А.	1				
409. Фархан Мудасар			3		
410. Фатима Н.					2

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
411. Фотин В.В.			2		
412. Франческо Де Анджелис		3	3		
413. Хаитов Т.И.				4	
414. Хайдаров К.Х.	1,4,4		2,2,2,2		
415. Хайдаров К.Х. (о нём)			2		
416. Хакимов А.Х.	3				
417. Хакимов Н.	3			2,2,2	
418. Хакимов Ф.Х.					4
419. Хакимова Д.К.			2		
420. Хакимова Н.У.				2	
421. Халид Ф.А.					2
422. Халиков Д.Х.	1,4,4	1,2	1,2,2		3
423. Халиков Д.Х. (о нём)	1				
424. Халикова М.Д.					3
425. Халилова М.Ш.	1				
426. Халимов И.Х.			1	4	
427. Хамзаева Г.Ч.	2				2
428. Хамидов Ф.А.				2,2	3
429. Хамроев У.Х.					1
430. Хан М.		3			
431. Хан М.У.					2
432. Хан М.Ф.		3			
433. Хасанов А.Х.	4				
434. Хасанов Ю.Х.				1	1
435. Хассан М.З.		3			
436. Хафиз С.		3			
437. Хикматов М.			3		
438. Ходжаев Ю.П.				4	4
439. Ходжахон И.Т. (Ходжахонов И.Т.)	3				3
440. Ходжибаев Ю.	4	3	2,2		
441. Ходжибоев А.А.	2				
442. Холматова С.Д.			1		
443. Холмуродов Х.			4		
444. Холназаров Б.М.		3			
445. Холов А.					1,2
446. Хомидов И.			1		
447. Худжамуллоев Х.К.			1		
448. Худоёров Д.Н.				2,2	
449. Хусайнов А.Д.				1	
450. Чоршанбиева М.Ч.	3				
451. Шабозов М.Ш.	1,2,4	1,4		4	2
452. Шабозов М.Ш. (о нем)	2				
453. Шавкатзода С.					3
454. Шакиров И.А.				1	
455. Шамсоро О.	2	1,2			
456. Шамсудинов Ф.М.			4	3	
457. Шарипов Д.Ш.		4			
458. Шарифов А.		4			
459. Шарифова З.Б.	2				
460. Шарифова З.Б. (о ней)	2				
461. Шарипов С.	1				
462. Шахматов А.Н.		3		1	

ФИО	2012	2013	2014	2015	2016
463. Шерматов Д.	2				
464. Шерматов Н.		3			
465. Шило А.В.	4	4			
466. ШоёкубовШ.	3				
467. Шоёкубов Ш.Ш.	3				
468. Шоимов У.					2,3,4
469. Шокиров Ф.Ш.				4	
470. Шомуродов З.Б.	3				
471. Шосафарова Ш.				2,2	
472. Шукуров Т.		1,2		1,4	
473. Шукурова З.Т.	2				
474. Эгамбердиев А.Ш.					4
475. Эльназаров С.А.		1			
476. Эрматов К.А.				2	
477. Эрматов Э.А.				2	
478. Эшов Б.Б.	1				
479. Юмагулов М.Г.					2
480. Юминова А.А.			1		
481. Юнуси М.К.					1
482. Юнусов М.М.			3		
483. Юсупов И.Х.	2	2			
484. Юсупова Дж.			1	3	
485. Якубов З.Т.			4		2
486. Якубов Н.С.					1
487. Ямамото Т.			4		
488. Ятимов П.М.		2	1		2

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
№4 (165), 2016 г.

Редакция и корректура – Н.Г.Сапожников

Сдано в набор 10.01.2017 г. Подписано в печать 23.01.2017 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. 47.
Тел.:2-21-62-64. E-mail: danrt@mail.ru
Издательство «Дониш»: 734029, Душанбе, ул.Айни, 121, корп.2.
