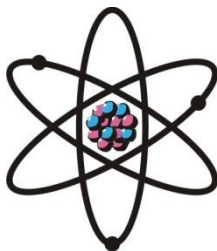


ОТДЕЛЕНИЕ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ,
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Журнал основан
в январе 1952 г.



№ 2 (175)
2019 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Х.Х.Муминов – главный редактор, академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Г.И.Кохирова** – зам.главного редактора, член-корреспондент, доктор физико-математических наук; **С.Х.Абдулаева** – 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; **З.В.Кобулиев** – член-корреспондент, доктор технических наук, профессор; **Р.М.Марупов** – академик, доктор технических наук, профессор; **У.М.Мирсаидов** – академик, доктор химических наук, профессор; **С.Х.Негматуллаев** – академик, доктор технических наук; **С.О.Одинаев** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Н.Р.Раджабов** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **Ф.Рахими** – академик, доктор физико-математических наук, профессор; **З.Х.Рахмонов** – академик, 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

М.А.Абдулхаминов. О совместном приближении периодической функции и ее последовательных производных	7
Д.К.Тухлиев. Об одновременном полиномиальном приближении функций и их производных в пространстве Бергмана.....	14
О.А.Джурахонов. Решения одной экстремальной задачи в пространстве $L_{2,p(Q)}$	19
В.И.Борздыко. Оценка величины запаздывания в системе «хищник-жертва» Вангерски и Каннингэма, при которой положительное стационарное решение этой системы асимптотически устойчиво по показательному закону	27

АСТРОНОМИЯ

Г.И.Кохирова, У.Х.Хамроев, М.Н.Латипов. Сравнительный анализ определения траекторий и скоростей болидов, сфотографированных болидными и цифровыми камерами..... **40**

ФИЗИКА

А.А.Адхамов. К вопросу о плотности потока внутренней энергии в пьезополупроводниках при низких температурах **52**

ТЕХНИКА

З.В.Кобулиев, Ш.А.Зарипов, Дж.А.Зарипов. Теплопроводность композитных арматур при различных температурах **59**

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

У.М.Мирсаидов, Д.Х.Мирзоев, Ш.Д.Отаев, Ш.О.Аъзамов, Н.М.Джамолов. Извлечение глинозёма из алюмосиликатных руд таджикистана солянокислотным разложением..... **65**

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Д.С.Мансури, А.Джураев, Х.О.Рахимова, М.М.Насимова, Г.Шухратзода. Расчет силы трения вращательной кинематической пары пятого класса с продольными канавками **71**

ЭНЕРГЕТИКА

Г.Н.Петров, Х.Х.Халиков. Гидро-угольный сценарий развития энергетики Таджикистана..... **79**

МИНЕРАЛОГИЯ

А.Р.Кариев. Каолинитовые глины и условия их образования и распределения в юрских отложениях Таджикской депрессии..... **87**

ПЕТРОХИМИЯ

М.М.Мамадвафоев, Д.А.Давлатшоев. К петрохимии и генезису лампрофиров Кафандарского скарново-рудного поля (Восточный Гиссар) **92**

ГЕОЛОГИЯ

Ф.М.Бабаджанов, М.Б.Рустамов. Характеристика просадочности грунтов верхнего горизонта верхнечетвертичного душанбинского комплекса центральной части города Душанбе методом двух кривых..... **100**

ГИДРОЛОГИЯ И МЕЛИОРАЦИЯ

Ш.И.Ходжаев. Уровень залегания грунтовых вод на орошаемых землях бассейна рек Яхсу, Кызылсу и Пяндж Юго-Восточного Таджикистана..... **107**

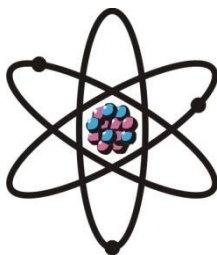
ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Светлой памяти Шарофиддина Туйчиева 24.10.1943-16.05.2019 гг...... **115**

НОВЫЕ КНИГИ..... **119**

ШҮЪБАИ
ИЛМҲОИ ФИЗИКАЮ МАТЕМАТИКА,
ХИМИЯ, ГЕОЛОГИЯ ВА ТЕХНИКА

Маҷалла аз моҳи
январӣ соли 1952
нашр мешавад



№ 2 (175)
с. 2019

ҲАЙАТИ ТАҲРИРИЯ:

Ҳ.Ҳ.Муминов – сармуҳаррир, академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Кохирова Г.И.** – муовини сармуҳаррир, узви вобаста, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **С.Ҳ.Абдулоева** – котиби масъул; **Ҳ.М.Аҳмедов** – академик, доктори илми химия; **П.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; **З.В.Кобулиев** – узви вобаста, доктори илмҳои техника, профессор; **Р.М.Марупов** – академик, доктори илмҳои техника, профессор; **Ҷ.М.Мирсаидов** – академик, доктори илми химия, профессор; **С.Х.Неъматуллоев** – академик, доктори илмҳои техника; **С.О.Одинаев** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **Ф.Раҳимӣ** – академик, доктори илмҳои физикаю математика, профессор; **З.Ҳ.Раҳмонов** – академик, 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.Ҳолиқов** – академик, доктори илми химия, профессор.

МУНДАРИҶА

МАТЕМАТИКА

М.А.Абдулҳаминов. Оид ба наздиккунии якҷояи функсияи даврӣ ва ҳосилаҳои пайдарпайи он	7
Д.К.Тухлиев. Оид ба наздиккунии якбораи функсия ва ҳосилаҳои он ба воситаи полиномҳо дар фазои Бергман	14
О.А.Ҷӯрахонов. Ҳалли як масъалаи экстремалӣ дар фазои $L_{2,p(\varrho)}$	19
В.И.Борздиқо. Ба бузурги дермонӣ барои системаи «даранда-тӯйма»-и Вангерски ва Каннингэм хангоми мусбат будани ҳалли статсионари ин система, ки асимптотӣ устувор бо қонуни нишондиҳандагӣ мебошад	27

АСТРОНОМИЯ

Г.И.Қохирова, У.Х.Ҳамроев, М.Н.Латипов. Таҳлили муқоисавии муайяннамоии траекторияҳо ва суръатҳои болидҳо, ки бо камераҳои болиди ва рақамӣ аксбардорӣ шудаанд.....40

ФИЗИКА

А.А.Адхамов. Зичии ҷараёни энергияи дохилӣ дар нимноқилҳои пиезоэлектрикӣ дар ҳарорати паст52

ТЕХНИКА

З.В.Кобулиев, Ш.А.Зарипов, Ҷ.А.Зарипов. Гармигузаронии арматураи композитӣ барои ҳароратҳои гуногун59

ХИМИЯИ ҒАЙРИОРГАНИКӢ

У.М.Мирсаидов, Д.Х.Мирзоев, Ш.Д.Отаев, Ш.О.Аъзамов, Н.М.Ҷамолов. Ба даст овардани хокаи алюминий аз ҷинсҳои алюмосиликати Тоҷикистон таҷзияи онҳо бо кислотаи хлорид65

МАШИНОСОЗӢ

Д.С.Мансурӣ, А.Ҷӯраев, Х.О.Раҳимова, М.М.Насимова, Г.Шухратзода. Ҳисоби қувваи соиш дар чуфти кинематикии даврзанандаи синфи панҷум бо канавкаи қаддӣ71

ЭНЕРГЕТИКА

Г.Н.Петров, Ҳ.Х.Ҳолиқов. Рушди энергетикаи Тоҷикистон бо истифодаи захираҳои обу ангишт79

МИНЕРАЛОГИЯ

А.Р.Қориев. Гилҳои каолинитӣ ва шароитҳои ҳосилшавию паҳноии онҳо дар таркиби ҷинсҳои кӯҳии даври юраи ҳамвории Тоҷикистон87

ПЕТРОХИМИЯ

М.М.Мамадвафоев, Д.А.Давлатшоев. Оид ба петрохимия ва пайдоиши лампрофирҳои майдони скарну-маъдании Кафандар (Ҳисори Шарқӣ).....92

ГЕОЛОГИЯ

Ф.М.Бобочонов, М.Б.Рустамов. Тавсифи хосияти шиниши хоки сафеди маҷмуаи болоии чоряки комплекси Душанбе қисмати марказии шаҳри Душанбе бо усули ду хати қач 100

ГИДРОЛОГИЯ И МЕЛИОРАЦИЯ

Ш.И.Ҳочаев. Ҷойгиршавии сатҳи обҳои зерзаминӣ дар заминҳои обёришавандаи водии дарёҳои Ёхсу, Қизилсу ва Панҷи ҷанубу Шарқи Тоҷикистон 107

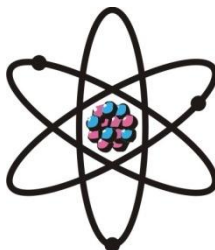
ЁДБУДИ ОЛИМ

Шарофиддин Туйчиев 24.10.1943-16.05.2019 115

КИТОБҲОИ НАВ 119

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

The journal was established
in January 1952



№ 2 (175)
2019

EDITORIAL BOARD

Prof. **Kh.Kh.Muminov**, Doctor of Physical and Mathematical, Editor-in-Chief; **G.I.Kokhirova**, Doctor of Physical and Mathematical, Deputy Editor-in-Chief; **S.H.Abdulaeva**, Secretary; **Kh.M.Akhmedov**, Doctor of Chemistry; Prof. **P.B.Babadzhanov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **A.R.Faysiev**, Doctor of Geology and Mineralogy; Prof. **M.I.Iolov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **I.N.Ganiev**, Doctor of Chemistry; Prof. **D.Kh.Khalikov**, Doctor of Chemistry; Prof. **Z.V.Kobuliev**, Doctor of Engineering; Prof. **R.M.Marupov**, Doctor of Engineering; Prof. **U.M.Mirsaidov**, Doctor of Chemistry; **S.Kh.Negmatullaev**, Doctor of Engineering; Prof. **S.O.Odinaev**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **N.R.Rajabov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **F.Rakhimi**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Z.Kh.Rakhmonov**, Doctor of Physical and Mathematical; Prof. **Z.D.Usmanov**, Doctor of Physical and Mathematical.

CONTENTS

MATHEMATICS

- M.A.Abdulkhaminov**. On the joint approximation of a periodic function and its sequential derivatives 7
- D.K.Tukhliev**. About simultaneous polynomial approximation of functions and their derivatives in the Bergman space 14
- O.A.Jurakhonov**. Solving one extreme problem in space $L_{2,\rho(\varrho)}$ 19
- V.I.Borzdyko**. An estimation of the delay value in the predator-prey system of Wangersky and Cunningham, when the positive stationary solution of this system is asymptotically stable according to the exponential law 27

ASTRONOMY

- G.I.Kokhirova, U.Kh.Khamroev, M.N.Latipov**. Comparison of determination of the trajectories and velocities of fireballs photographed by the fireball and digital cameras 40

PHYSICS

- A.A.Adhamov**. The density of the flow of internal energy in piezoelectric semiconductors at low temperatures 52

TECHNICS

Z.V.Kobuliev, Sh.A.Zaripov, J.A.Zaripov. Thermal conductivity of composite fittings for different temperatures59

INORGANIC CHEMISTRY

U.M.Mirsaidov, D.Kh.Mirzoev, Sh.D.Otaev, Sh.Azamov, N.M.Jamolov. Alumina extraction from aluminosilicate ores of Tajikistan by decomposition with chloride acid65

ENGINEERING

D.S.Mansuri, A.Djurayev, H.O.Rahimova, M.M.Nasimova, G.Shuhratzoda. The calculation of the friction force of the rotational kinematic pair of the fifth class with longitudinal grooves.....71

ENERGETICS

G.N.Petron Kh.Kh.Khalikov. Hydro-coal scenario of energetics development in Tajikistan.....79

MINERALOGY

A.R.Kariev. Kaolinite clays and conditions of their formation and distribution the jurassic sediments of the Tajik depression87

PETROCHEMISTRY

M.M.Mamadvafoev, D.A.Davlatshoev. On petrochemistry and genesis of lamprophyres of Kafandara skarn-ore field (East Gissar)92

GEOLOGY

F.M.Babadzhanov, M.B.Rustamov. Characteristics of soil subsidence of the upper horizon of the upper quaternary Dushanbe complex in the central part of Dushanbe by the method of two curves 100

HYDROLOGY AND MELIORATION

Sh.I.Khojaev. The level of groundwater occurrence in the irrigated lands of the Yakhsu, Kyzylsu and Pyanj river basins of southeastern Tajikistan 107

MEMORY OF SCIENTIST

Sh.Tuichiev (24.10.1943-16.05.2019). 115

NEW BOOKS 119

УДК 517.5

М.А.АБДУЛХАМИНОВ

О СОВМЕСТНОМ ПРИБЛИЖЕНИИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ И ЕЕ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Технологический университет Таджикистана

Поступила в редакцию 22.10.2018 г.

В работе решена одна экстремальная задача о совместном приближении самой функции и ее последовательности производных тригонометрическими полиномами для одного класса функций, усредненное значение нормы разности m -го порядка которых в метрике L_2 ограничены заданной мажорантой

Ключевые слова: наилучшее полиномиальное приближение, норма разности m -го порядка, суммы Фурье, экстремальная задача, частная сумма Фурье.

1. Пусть $L_2 := L_2[0, 2\pi]$ – пространство суммируемых с квадратом по Лебегу 2π -периодических функций, у которых норма

$$\|f\| := \|f\|_{L_2[0, 2\pi]} = \left(\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} |f(x)|^2 dx \right)^{1/2} < \infty.$$

Множество тригонометрических полиномов порядка $n-1$ вида

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

обозначим через T_{2n-1} . Хорошо известно, что для произвольной функции $f \in L_2$ с рядом Фурье

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

Адрес для корреспонденции: Абдулхаминов Мунъим Абдумаматович. 734061, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н.Карабаева, 63/3, Технологический университет Таджикистана.
E-mail: abduaminov@mail.ru

величина ее наилучшего полиномиального приближения в L_2 равна

$$E_{n-1}(f) := \inf \{ \|f - T_{n-1}\| : T_{n-1}(x) \in \mathbb{T}_{2n-1} \} = \quad (2)$$

$$= \|f - S_{n-1}(f)\| = \left\{ \sum_{k=n}^{\infty} \rho_k^2(f) \right\}^{1/2},$$

где $S_{n-1}(f)$ – частная сумма $(n-1)$ -го порядка ряда Фурье (1). Пусть

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

конечная разность m -го порядка функции $f \in L_2$ в точке x с шагом h , где $m \in \mathbb{N}$, $x, h \in \mathbb{R}_+$. Положим

$$\Lambda_m(f, t) := \left\{ \frac{1}{\pi} \int_0^t \|\Delta_h^m(f)\|^2 dh \right\}^{1/2}, \quad t > 0. \quad (3)$$

Величина (3) и ее основные свойства изучены в работах [1] и [2]. Пусть $L_2^{(r)} := L_2^{(r)}[0, 2\pi]$ ($r \in \mathbb{N}, L_2^{(0)} \equiv L_2$) – класс функций $f \in L_2$, у которых производные $(r-1)$ -го порядка $f^{(r-1)}(x)$ абсолютно непрерывны, а производные r -го порядка $f^{(r)}(x) \in L_2$. Поскольку для функции $f \in L_2^{(r)}, r \in \mathbb{N}$ ее промежуточные производные $f^{(\nu)}, \nu = 1, 2, \dots, r$ также принадлежат L_2 , то определенный интерес представляет изучение поведения величин наилучшего приближения последовательности производных $E_{n-1}(f^{(\nu)})_2$ на некотором подклассе $M^{(r)} \subset L_2^{(r)}$. Очевидно, что при любом $\nu (0 \leq \nu \leq r, r \in \mathbb{N})$ имеет место равенство

$$E_{n-1}(f^{(\nu)}) = \|f^{(\nu)} - S_{n-1}(f^{(\nu)})\| = \left\{ \sum_{k=n}^{\infty} k^{2\nu} \rho_k^2(f) \right\}^{1/2}. \quad (4)$$

Введем далее обозначения:

$$J_{k,m}(u) := \left(\frac{1}{u} \int_0^u (1 - \cos kh)^m dh \right)^{1/2}, \quad J_{k,m}(u) = J_{1,m}(ku), \quad (5)$$

$$A_{k,m,r,p}(q, h) = \left(k^{rp} \int_0^h (J_{1,m}(kt))^p q(t) dt \right)^{1/p}. \quad (6)$$

В этих обозначениях в работе [3] доказано следующее утверждение: пусть $m, n \in \mathbb{N}$; $r \in \mathbb{Z}_+$; $0 < p \leq 2$; $0 < h \leq 2\pi/n$; q – весовая на $[0, h]$ функция. Тогда для любого $\nu (0 \leq \nu \leq r)$ имеет место равенство

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f \neq \text{const}}} \frac{2^{m/2} E_{n-1}(f^{(\nu)})}{\left(\int_0^h \Lambda_m^p(f^{(r)}, t) q(t) dt \right)^{1/p}} = \left\{ \inf_{n \leq k < \infty} A_{k, m, r-\nu, p}(q, h)^{-1} \right\}. \quad (7)$$

Если же $m, n, r \in \mathbb{N}$; $1/(r-\nu) \leq p \leq 2$; $0 \leq \nu \leq r$, $0 < h \leq 2\pi/n$ и весовая функция $q \in C^{(1)}[0, h]$ удовлетворяет условию

$$[(r-\nu)p-1]q(t) - tq'(t) \geq 0, \quad (8)$$

то имеет место соотношение

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f \neq \text{const}}} \frac{2^{m/2} E_{n-1}(f^{(\nu)})}{\left(\int_0^h \Lambda_m^p(f^{(r)}, t) q(t) dt \right)^{1/p}} = \{A_{n, m, r-\nu, p}(q, h)\}^{-1}. \quad (9)$$

Воспользуясь равенством (9), здесь мы решаем одну экстремальную задачу. Пусть $\Phi(h), h \in \mathbb{R}_+$ – непрерывная неубывающая функция такая, что $\Phi(0) = 0$. Символом $W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h) := W_p^{(r)}(\Lambda_m, \Phi; q, h)$, $r \in \mathbb{N}$, $0 < p \leq 2$, q – весовая на $[0, h]$ функция, обозначим класс функций $f \in L_2^{(r)}$, для которых при любом $h \in (0, \pi/(2n)]$ имеет место неравенство

$$\int_0^h \Lambda_m^p(f^{(r)}, t) q(t) dt \leq \Phi^p(h).$$

Требуется при любых $m, n, r \in \mathbb{N}$, $\nu \in \mathbb{Z}_+$ и выполнении условия (8) найти точное значение величины

$$E_{n-1}^{(\nu)}(W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q)) := \sup\{E_{n-1}(f^{(\nu)}) : f \in W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q)\}.$$

Справедлива следующая

Теорема. Пусть $m, n, r \in \mathbb{N}$, $\nu \in \mathbb{Z}_+$, $r \geq \nu$, $1/(r-\nu) \leq p \leq 2$, $h \in (0, \pi/(2n)]$, q – весовая на отрезке $[0, h]$ функция и выполняется неравенство (8). Тогда выполняется равенство

$$E_{n-1}^{(\nu)}(W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q)) = \quad (10)$$

$$= \frac{2^{-m/2} \Phi(h)}{A_{n,m,r-v,p}(q,h)} = \frac{\Phi(h)}{2^{m/2} \cdot n^{r-v} \left(\int_0^h J_{1,m}^p(nt) q(t) dt \right)^{1/p}}.$$

Доказательство: В [3] доказано, что если весовая функция $q(t)$ удовлетворяет дифференциальное неравенство (8), то для произвольной функции $f \in L_2^{(r)}$ имеет место оценка сверху величины, стоящей в левой части равенства (9):

$$\sup_{\substack{f \in L_2^{(r)} \\ f \neq \text{const}}} \frac{2^{m/2} E_{n-1}(f^{(v)})}{\left(\int_0^h \Lambda_m^p(f^{(r)}, t) q(t) dt \right)^{1/p}} \leq \{A_{n,m,r-v,p}(q,h)\}^{-1}. \quad (11)$$

Если теперь предположить, что в неравенстве (11) функция $f \in W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q)$, то получаем

$$\begin{aligned} E_{n-1}(f^{(v)}) &\leq 2^{-m/2} \{A_{n,m,r-v,p}(q,h)\}^{-1} \left(\int_0^h \Lambda_m^p(f^{(r)}, t) q(t) dt \right)^{1/p} \leq \\ &\leq 2^{-m/2} \{A_{n,m,r-v,p}(q,h)\}^{-1} \Phi(h) = \frac{\Phi(h)}{2^{m/2} n^{r-v} \left(\int_0^h J_{1,m}^p(nt) q(t) dt \right)^{1/p}}, \end{aligned}$$

отсюда сразу вытекает оценка сверху величины (10)

$$E_{n-1}^{(v)}(W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q)) \leq \frac{\Phi(h)}{2^{m/2} n^{r-v} \left(\int_0^h J_{1,m}^p(nt) q(t) dt \right)^{1/p}}. \quad (12)$$

С целью получения оценки снизу указанной величины введем в рассмотрение функцию

$$f_0(x) = \frac{1}{n^r} \cdot \frac{\Phi(h) \cos nx}{2^{m/2} \left(\int_0^h J_{1,m}^p(nt) q(t) dt \right)^{1/p}}. \quad (13)$$

Для этой функции в силу равенств (4) и (3) имеем:

$$E_{n-1}(f_0^{(v)}) = \frac{\Phi(h)}{2^{m/2} n^{r-v} \left(\int_0^h J_{1/m}^p(nt) q(t) dt \right)^{1/p}}. \quad (14)$$

$$\Lambda_m^p(f_0^{(r)}, t) = \frac{\Phi^p(h) J_{1,m}^p(nt)}{\left(\int_0^h J_{1,m}^p(nt) q(t) dt \right)^{1/p}}. \quad (15)$$

Умножая обе части равенства (15) на весовую функцию $q(t)$ и интегрируя по отрезку $[0, h]$, будем иметь

$$\int_0^h \Lambda_m^p(f_0^{(r)}, t) q(t) dt = \Phi^p(h). \quad (16)$$

Полученное равенство (16) означает, что функция f_0 , определенная равенством (13), принадлежит классу $W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q)$, а потому, пользуясь равенством (14), запишем оценку снизу

$$E_{n-1}^{(v)}(W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q)) \geq E_{n-1}(f_0^{(v)}) = \frac{\Phi(h)}{2^{m/2} n^{r-v} \left(\int_0^h J_{1,m}^p(nt) q(t) dt \right)^{1/2}}. \quad (17)$$

Требуемое равенство (10) вытекает из сопоставления неравенств (12) и (17), чем и завершаем доказательство теоремы.

Из доказанной теоремы вытекает ряд утверждений.

Следствие 1. В условиях теоремы при $m=1, p=2$ и $q(t)=1$ справедливо равенство

$$E_{n-1}^{(v)}(W_{1/2}^{(r)}(\Phi, 1))_2 = \frac{\Phi(h)}{n^{r-v-1/2} \{2(nh - S_i(nh))\}^{1/2}}, \quad (18)$$

где

$$Si(x) = \int_0^x \frac{\sin t}{t} \cdot dt - \text{интегральный синус}$$

В частности, из (18) при $h = \pi / (2n)$ получаем

$$E_{n-1}^{(v)}(W_{1,2}^{(r)}(\Phi, 1)) = \frac{\Phi(\pi / (2n))}{n^{r-v-1/2} (\pi - 2S_i(\pi / (2n)))^{1/2}}.$$

Следствие 2. Пусть выполнены условия теоремы. Тогда при $m=1, p=2, q(t)=t$ имеет место равенство

$$E_{n-1}^{(\nu)}(W_{1,2}^{(r)}(\Phi, 1)) = \frac{\Phi(h)}{\left\{ (nh)^2 - \left(2 \sin \frac{nh}{2} \right)^2 \right\}^{1/2}} \cdot \frac{1}{n^{r-\nu+1/2}},$$

и, в частности, при $h = \pi / (2n)$ имеем:

$$E_{n-1}^{(\nu)}(W_{1/2}^r(\Phi, t)) = \frac{2\Phi(\pi / (2n))}{\sqrt{\pi^2 - 8} \cdot n^{r-\nu-1/2}}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакарчук С.Б. О наилучшем полиномиальном приближении 2π -периодических функций в пространстве L_2 . – Вісник Дніпропетровського університету, серія Математика, 2015, вып.20, с.19-24.
2. Вакарчук С.Б., Забутная В.И. Неравенства между наилучшими приближениями и некоторыми характеристиками гладкости в пространстве L_2 и поперечники классов функций. – Математические заметки, 2016, т.99, №2, с.215-238.
3. Шабозов М.Ш., Ақобиршоев М.О., Абдулхаминов М.А. О приближении периодических дифференцируемых функций в пространстве L_2 . – Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 2019, т. 63, №5-6, с.855-864.

М.А.АБДУЛҲАМИНОВ

ОИД БА НАЗДИККУНИИ ЯКЧОЯИ ФУНКСИЯИ ДАВРӢ ВА ҲОСИЛАҲОИ ПАЙДАРПАӢИ ОН

Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Дар мақола як масъалаи экстремалӣ барои наздиккунии функсия ва ҳосилаҳои пайдарпайи он ба воситаи бисёрӯзҳои тригонометрӣ барои синфҳои функсияҳо, ки қимати миёнаи норми фарқиятҳои тартиби m -умашон дар фазои L_2 ба воситаи функсияи мажорантӣ маҳдуд аст, ҳал карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: наздиккунии бехтарини полиномиалӣ, фарқияти охири тартиби m , суммаи хусусии қатори Фурие.

M.A.ABDULKHAMINOV

**ON THE JOINT APPROXIMATION OF A PERIODIC FUNCTION AND ITS
SEQUENTIAL DERIVATIVES**

Technological University of Tajikistan

In the work, an extremal problem of joint approximation of the function itself and its sequence of derivatives by trigonometric polynomials for one class of functions was solved, of which the average value of the norm of the difference of m -th order in the L_2 metric is bounded by a given mojarant.

Key words: the best polynomial approximation, finite difference of m -th order, partial sum of Fourier sum.

УДК 517.5

Д.К.ТУХЛИЕВ

**ОБ ОДНОВРЕМЕННОМ ПОЛИНОМИАЛЬНОМ ПРИБЛИЖЕНИИ
ФУНКЦИЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ БЕРГМАНА**

Худжандский государственный университет им.Б.Гафурова

Поступила в редакцию 26.12.2018 г.

В работе найден ряд точных неравенств между величиной наилучшего среднеквадратического полиномиального приближения промежуточных производных $E_{n-\nu-1}(f^{(\nu)})_2$ ($\nu = 1, 2, \dots, m-1; m \geq 2$) и наилучшего полиномиального приближения $E_{n-m-1}(f^{(m)})_2$ старшей производной $f^{(m)}$ аналитической в круге $U := \{z: |z| < 1\}$ функции $f \in B_2$ удовлетворяющей условию $\|f^{(m)}\|_{B_2} < \infty$. Вычислено точное значение верхней грани величины одновременного приближения функций и её промежуточных производных в метрике пространства B_2 .

Ключевые слова: точные неравенства, среднеквадратическое приближение, наилучшее полиномиальное приближение, экстремальные задачи, пространство Бергмана.

В работе [1] нами рассмотрена экстремальная задача об одновременном полиномиальном приближении аналитических в единичном круге $U := \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$ функций и их промежуточных производных в пространстве Бергмана B_2 . Здесь мы продолжим наши исследования в этом направлении и докажем новые точные неравенства о совместном полиномиальном приближении функции $f \in B_2$ и ее промежуточных производных.

Введем нужные нам в дальнейшем вспомогательные факты и определения. Через $A(U)$ обозначим множество аналитических в круге U функций. Будем говорить, что функция $f \in A(U)$ принадлежит пространству Бергмана B_2 , если

Адрес для корреспонденции: Тухлиев Дилшод Камаридинович. 735700, Республика Таджикистан, г.Худжанд, ул.Мавлонбекова, 1, Худжандский государственный университет. E-mail: dtukhliev@mail.ru

$$\|f\|_2 := \|f\|_{B_2} = \left(\frac{1}{\pi} \iint_{(U)} |f(z)|^2 d\sigma \right)^{1/2} < \infty. \quad (1)$$

Очевидно, что норму (1) можно написать также в виде

$$\|f\|_2 := \left(\frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \rho |f(\rho e^{it})|^2 d\rho dt \right)^{1/2} < \infty.$$

Известно, что функция $f \in A(U)$ имеет производные $f^{(m)}(z)$ любых порядков $m \in \mathbb{N}$, которые определяются равенством

$$f^{(m)}(z) = \sum_{k=m}^{\infty} \alpha_{k,m} c_k(f) z^{k-m},$$

где

$$\alpha_{k,m} := k(k-1)(k-2)\cdots(k-m+1), \quad k \geq m, \quad k, m \in \mathbb{N}.$$

Всюду далее $B_2^{(m)} := \{f \in B_2; \|f^{(m)}\|_2 < \infty\}, m \in \mathbb{N}$.

Пусть P_n – множество комплексных алгебраических полиномов степени не более n :

$$P_n := \left\{ p_n(z) : p_n(z) = \sum_{k=0}^n a_k z^k, \quad a_k \in \mathbb{C} \right\}.$$

Равенством

$$E_{n-1}(f)_2 := E(f, P_{n-1})_2 = \inf \left\{ \|f - p_{n-1}\|_2 : p_{n-1}(z) \in P_{n-1} \right\},$$

определим величину наилучшего приближения функции $f \in B_2$ элементами множества P_{n-1} в метрике пространства B_2 . Хорошо известно, что [2, стр.209]

$$E_{n-1}(f)_2 = \|f - S_{n-1}(f)\|_2 = \left\{ \sum_{k=n}^{\infty} \frac{|c_k(f)|^2}{k+1} \right\}^{1/2},$$

где

$$S_{n-1}(f, z) = \sum_{k=0}^{n-1} c_k(f) z^k$$

– частная сумма n -го порядка разложения функции $f \in A(U)$ в ряд Тейлора

$$f(z) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k(f) z^k.$$

Очевидно, что для функции $f \in B_2^{(m)}$ все ее последовательные производные $f^{(\nu)}(z)$ ($1 \leq \nu \leq m-1$) также принадлежат пространству B_2 и для них имеет место разложение

$$f^{(\nu)}(z) = \sum_{k=\nu}^{\infty} \alpha_{k,\nu} c_k(f) z^{k-\nu}.$$

Непосредственным вычислением легко установить, что

$$\begin{aligned} E_{n-\nu-1}(f^{(\nu)})_2 &= \inf \left\{ \|f^{(\nu)} - p_{n-1}^{(\nu)}\|_2 : p_{n-1} \in P_{n-1} \right\} = \\ &= \|f^{(\nu)} - S_{n-1}(f^{(\nu)})\|_2 = \left\{ \sum_{k=n}^{\infty} \alpha_{k,\nu}^2 \cdot \frac{|c_k(f)|^2}{k-\nu+1} \right\}^{1/2}. \end{aligned}$$

В работе [3] было установлено, что для любой функции $f \in B_2^{(m)}$ справедливо точное неравенство

$$E_{n-1}(f)_2 \leq \sqrt{\frac{n-m+1}{n+1}} \cdot \frac{1}{\alpha_{n,m}} \cdot E_{n-m-1}(f^{(m)})_2, \quad (2)$$

где $n \geq m$, $m, n \in \mathbb{N}$ и равенство в (2) имеет место для функции $f_0(z) = z^n \in B_2^{(m)}(U)$. Имеет место следующая более общая

Теорема 1. Пусть $m, n \in \mathbb{N}, \nu \in \mathbb{Z}_+, m \geq 2$. Тогда при условии $n > m \geq \nu$ для произвольной функции $f \in B_2^{(m)}$ справедливо точное неравенство

$$E_{n-\nu-1}(f^{(\nu)})_2 \leq \sqrt{\frac{n-m+1}{n-\nu+1}} \cdot \frac{\alpha_{n,\nu}}{\alpha_{n,m}} \cdot E_{n-m-1}(f^{(m)})_2,$$

которое обращается в равенство для функции $f_0(z) = z^n \in B_2^{(m)}$.

Из этой теоремы вытекает

Следствие. В условиях теоремы 1 имеет место равенство

$$\sup_{f \in B_2^{(m)}} \frac{E_{n-\nu-1}^2(f^{(\nu)})_2}{E_{n-m-1}^2(f^{(m)})_2} = \frac{\alpha_{n,\nu}^2}{\alpha_{n,m}^2} \cdot \frac{n-m+1}{n-\nu+1}.$$

При фиксированном $\nu \in [1, m]$ вводим обозначение

$$A_m(k) := \left(\frac{k-m+1}{k+1} \right)^{v/m} \cdot \frac{k+1}{k-v+1} \cdot \frac{\alpha_{k,v}^2}{(\alpha_{k,m}^2)^{v/m}}.$$

Лемма. При любых $n, m, v \in \mathbb{N}$, удовлетворяющих ограничению $n > m \geq v$, справедливо равенство

$$\max_{k \geq n} A_m(k) = A_m(n) := \left(\frac{n-m+1}{n+1} \right)^{v/m} \cdot \frac{n+1}{n-v+1} \cdot \frac{\alpha_{n,v}^2}{(\alpha_{n,m}^2)^{v/m}}.$$

Приводим без доказательств следующие теоремы.

Теорема 2. Пусть числа $n, m, v \in \mathbb{N}, m \geq 2$ удовлетворяют ограничениям $n > m \geq v$. Тогда для любого $1 \leq v \leq m-1$ имеет место точное неравенство

$$E_{n-v-1}(f^{(v)})_2 \leq \left(\frac{n-m+1}{n+1} \right)^{v/(2m)} \cdot \sqrt{\frac{n+1}{n-v+1}} \cdot \frac{\alpha_{n,v}}{(\alpha_{n,m})^{v/m}} \cdot (E_{n-m+1}(f^{(m)})_2)^{v/m} \cdot (E_{n-1}(f)_2)^{1-v/m}.$$

Введем в рассмотрение класс $W_2^{(m)} := W_2^{(m)}(U)$, ($m \in \mathbb{N}$) – функций $f \in B_2^{(m)}$, для которых $\|f^{(m)}\|_2 \leq 1$. Далее, при вычислении верхней грани по всем функциям $f \in W_2^{(m)}$ в соотношениях общего характера, условимся, что $f \notin P_m$, $f^{(m)} \neq const$.

Теорема 3. Пусть $n, m, v \in \mathbb{N}, m \geq 2$, $1 \leq v \leq m-1$. Тогда справедливо равенство

$$\sup_{f \in W_2^{(m)}} \frac{E_{n-v-1}(f^{(v)})_2}{E_{n-1}^{1-v/m}(f)_2} = \left\{ \left(\frac{n-m+1}{n+1} \right)^{v/m} \cdot \frac{n+1}{n-v+1} \right\}^{1/2} \cdot \frac{\alpha_{n,v}}{(\alpha_{n,m})^{v/m}}.$$

Теорема 4. При любых $n, m, v \in \mathbb{N}, m \geq 2$, для которых выполняется ограничение $n > m \geq v$, имеет место равенство

$$\mathcal{E}_{n,v}(W_2^{(m)})_2 = \sqrt{\frac{n-m+1}{n-v+1}} \cdot \frac{\alpha_{n,v}}{\alpha_{n,m}}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабозов М.Ш., Тухлиев Д.К. О совместном приближении функций и их последовательных производных в пространстве Бергмана. – Доклады АН Республики Таджикистан, 2018, т.61, №5, с. 419-426.
2. Смирнов В.И., Лебедев Н.А. Конструктивная теория функций комплексного переменного. – М.-Л.: Наука, 1964, 440 с.

3. Шабозов М.Ш., Саидусайнов М.С. Верхние грани приближения некоторых классов функций комплексной переменной рядами Фурье в пространстве L_2 и значения n -поперечников. – Матем.заметки, 2018. т.103, №4, с.613-627.

Д.К.ТУХЛИЕВ

ОИД БА НАЗДИККУНИИ ЯКБОРАИ ФУНКСИЯ ВА ҲОСИЛАҲОИ ОН БА ВОСИТАИ ПОЛИНОМҲО ДАР ФАЗОИ БЕРГМАН

Донишгоҳи давлатии Хуҷанд ба номи Б.Ғафуров

Дар мақола якҷанд нобаробариҳои аниқ байни бузургии наздиккунии беҳтарини миёнаквадратии пайдарпайии ҳосилаҳои $E_{n-\nu-1}(f^{(\nu)})_2$ ва бузургии наздиккунии беҳтарини $E_{n-m-1}(f^{(m)})_2$ ҳосилаҳои калонтарини $f^{(m)}$ -и функсияи дар доираи воҳидӣ аналитикии $f \in B_2$, ки шарти $\|f^{(m)}\|_{B_2} < \infty$ – ро, қаноат мекунад, ёфта шудааст. Инчунин сарҳади аниқи бузургии наздиккунии беҳтарини якҷояи функсия ва ҳосилаҳои пайдарпайии он дар фазои B_2 ҳисоб карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: нобаробариҳои аниқ, наздиккунии миёнаквадратӣ, наздиккунии беҳтарини полиномиалӣ, масъалаҳои экстремалӣ, фазои Бергман.

D.K.TUKHLIEV

ABOUT SIMULTANEOUS POLYNOMIAL APPROXIMATION OF FUNCTIONS AND THEIR DERIVATIVES IN THE BERGMAN SPACE

B.Gafurov Khujand State University

In this paper the exact inequalities between sizes of the best mean square polynomial approximation of intermediate derivatives $E_{n-\nu-1}(f^{(\nu)})_2$ and the best polynomial approximation $E_{n-m-1}(f^{(m)})_2$ of the senior derivative $f^{(m)}$ of the analytical in a circle $U := \{z : |z| \leq 1\}$ function $f \in B_2$ satisfying the condition $\|f^{(m)}\|_{B_2} < \infty$ are found. The exact value of the top side of size of simultaneous approximation of functions and its intermediate derivatives in a metrics space B_2 are calculated.

Key words: exact inequality, the mean-square polynomial, best polynomial approximation, extremal problem, Bergman space.

УДК 517.5

О.А.ДЖУРАХОНОВ

РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ В ПРОСТРАНСТВЕ $L_{2,\rho(\varrho)}$

Таджикский национальный университет

Поступила в редакцию 14.01.2019 г.

В статье решена одна экстремальная задача о точном значении верхней грани величины наилучшего полиномиального приближения последовательных производных $E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho}$ ($0 \leq s \leq r$, $s, r \in \mathbb{Z}_+$) на некотором классе функций, задаваемом мажорантой Φ , где \mathcal{D} – дифференциальный оператор Чебышева второго порядка

Ключевые слова: среднеквадратичное приближение, обобщённый модуль непрерывности, двойной ряд Фурье-Чебышева, мажоранта, оператор Чебышева.

Настоящая работа является продолжением исследований, начатых в [1], где сохранены все обозначения той работы. Напомним, что неубывающая на $\mathbb{R}_+ := (0, +\infty)$ функция Φ называется k -мажорантой [2, с.25], если функция $t^{-k}\Phi(t)$ не возрастает на $(0, +\infty)$, $\Phi(0) = 0$ и $\Phi(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow 0$. При $k=1$ функцию Φ просто называют мажорантой. Сформулируем следующую экстремальную задачу. Если \mathfrak{M}^r – некоторое множество функций из $L_{2,\rho}^{(r)}$, то требуется найти точное значение следующей величины

$$E_R^{(s)}(\mathfrak{M}^r) := \sup\{E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho} : f \in \mathfrak{M}^r\}, \quad (1)$$

где $\mathcal{D} := \mathcal{D}_x + \mathcal{D}_y$, $\mathcal{D}_t = (1-t^2)\frac{\partial^2}{\partial t^2} - t\frac{\partial}{\partial t}$ – дифференциальный оператор Чебышева второго порядка.

В [1] доказаны следующие утверждения:

Лемма 1. *При любом $r \in \mathbb{Z}_+$ справедливо равенство*

Адрес для корреспонденции: Джухраонов Олимджон Акмалович. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки, 17, Таджикский национальный университет. E-mail: olim74@tajnet.tj

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{E_R(f)_{2,\rho}}{E_R(D^r f)_{2,\rho}} = \frac{1}{R^{2r}}. \quad (2)$$

Пользуясь леммой 1 там же доказана следующая

Теорема 1. При любом $r \in \mathbb{N}$ справедливы равенства

$$E_R(W_{2,\rho}^{(r)}(D))_{2,\rho} := \sup\{E_R(f)_{2,\rho} : f \in W_{2,\rho}^r(D)\} = \frac{1}{R^{2r}}. \quad (3)$$

Приведенные выше лемму и теорему удается обобщить для последовательных производных $D^s f$ ($s = 0, 1, \dots, r$).

Лемма 2. Пусть $r, s \in \mathbb{Z}_+$, $0 \leq s \leq r$. Тогда справедливо равенство

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{E_R(D^s f)_{2,\rho}}{E_R(D^r f)_{2,\rho}} = \frac{1}{R^{2(r-s)}}. \quad (4)$$

Доказательство. Прежде всего заметим, что для коэффициентов $c_{kl}(f)$ функции $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$ при любом s ($0 \leq s \leq r$) имеет место равенство [3, с.649]:

$$c_{kl}(f) = (-1)^s (k^2 + l^2)^{-s} c_{kl}(D^s f). \quad (5)$$

Учитывая равенство (5), запишем

$$E_R^2(D^s f)_{2,\rho} = \sum_{k^2+l^2 \geq R^2} c_{kl}^2(D^s f) = \sum_{k^2+l^2 \geq R^2} (k^2 + l^2)^{2s} c_{kl}^2(f). \quad (6)$$

В [1] получено следующее равенство

$$\begin{aligned} D^r f(x, y) &= \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} c_{kl}(f) T_k(x) T_l(y) = \\ &= (-1)^r \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\infty} (k^2 + l^2)^{2r} c_{kl}(f) T_k(x) T_l(y). \end{aligned} \quad (7)$$

Из равенства (6) в силу (7) получаем

$$\begin{aligned} E_R^2(D^s f)_{2,\rho} &= \sum_{k^2+l^2 \geq R^2} (k^2 + l^2)^{-2(r-s)} (k^2 + l^2)^{2r} c_{kl}^2(f) \leq \\ &\leq R^{-4(r-s)} \sum_{k^2+l^2 \geq R^2} (k^2 + l^2)^{2r} c_{kl}^2(f) = R^{-4(r-s)} E_R^2(D^r f)_{2,\rho}. \end{aligned}$$

Таким образом, мы доказали, что для любой функции $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$ имеет место неравенство

$$E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho} \leq R^{-2(r-s)} E_R(\mathcal{D}^r f)_{2,\rho}. \quad (8)$$

Из последнего неравенства сразу следует оценка сверху величины, расположенной в левой части равенства (4):

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho}}{E_R(\mathcal{D}^r f)_{2,\rho}} \leq \frac{1}{R^{2(r-s)}}. \quad (9)$$

Для получения аналогичной оценки снизу вводим в рассмотрение функцию $g_0(x, y) = T_0(x)T_R(y)$, для которой

$$\mathcal{D}^s g_0(x, y) = (-1)^s R^{2s} T_0(x)T_R(y), \quad s = 0, 1, \dots, r. \quad (10)$$

Из равенства (10) в силу (6) запишем

$$E_R(\mathcal{D}^s g_0)_{2,\rho} = R^{2s}, \quad E_R(\mathcal{D}^r g_0)_{2,\rho} = R^{2r}. \quad (11)$$

Пользуясь равенствами (11), получаем оценку снизу указанной величины

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho}}{E_R(\mathcal{D}^r f)_{2,\rho}} \geq \frac{E_R(\mathcal{D}^s g_0)_{2,\rho}}{E_R(\mathcal{D}^r g_0)_{2,\rho}} = \frac{R^{2s}}{R^{2r}} = \frac{1}{R^{2(r-s)}}. \quad (12)$$

Требуемое равенство (4) получим из сопоставления оценки сверху (9) с оценкой снизу (12) и тем самым лемма 2 доказана.

Пользуясь результатом леммы 2, приводим обобщение теоремы 1 для класса $W_{2,\rho}^{(r)}(\mathcal{D}) := \{f \in L_{2,\rho}^{(r)} : \|\mathcal{D}^r(f)\|_{2,\rho} \leq 1\}$.

Теорема 2. При любых $r, s \in \mathbb{Z}_+$, $s \leq r$ справедливо равенство

$$E_R^{(s)}(W_{2,\rho}^{(r)}(\mathcal{D}))_{2,\rho} := \sup\{E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho} : f \in W_{2,\rho}^{(r)}(\mathcal{D})\} = R^{-2(r-s)}. \quad (13)$$

Доказательство. В самом деле, из неравенства (8) для любой функции $f \in W_{2,\rho}^{(r)}(\mathcal{D})$ имеем

$$E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho} \leq R^{-2(r-s)} E_R(\mathcal{D}^r f)_{2,\rho} \leq R^{-2(r-s)} \|\mathcal{D}^r\|_{2,\rho} \leq R^{-2(r-s)},$$

откуда сразу следует оценка сверху величины, расположенной в левой части равенства (13):

$$E_R^{(s)}(W_{2,\rho}^{(r)}(\mathcal{D}))_{2,\rho} \leq R^{-2(r-s)}. \quad (14)$$

Так как функция f_0 , определенная равенством $f_0(x, y) = R^{-2r}T_0(x)T_R(y)$, принадлежит классу $W_{2,\rho}^{(r)}(\mathcal{D})$ и для неё

$$\begin{aligned}\mathcal{D}^r f_0(x, y) &= (-1)^r T_0(x)T_R(y), \\ \mathcal{D}^s f_0(x, y) &= (-1)^s R^{-2(r-s)}T_0(x)T_R(y), \\ E_R(\mathcal{D}^r f_0)_{2,\rho} &= 1, \quad E_R(\mathcal{D}^s f_0)_{2,\rho} = R^{-2(r-s)},\end{aligned}$$

то мы запишем оценку снизу

$$E_R^{(s)}\left(W_{2,\rho}^{(r)}(\mathcal{D})\right)_{2,\rho} \geq E_R(\mathcal{D}^s f_0)_{2,\rho} = R^{-2(r-s)}. \quad (15)$$

Утверждение теоремы 2 теперь следует из сопоставления неравенств (14) и (15).

В [1] также доказана следующая теорема

Теорема 3. Пусть $m \in \mathbb{N}, r, s \in \mathbb{Z}_+, 0 \leq s \leq r, 0 < p \leq 2, 0 < h \leq 3\pi / (4R), R \in \mathbb{R}_+, q(t)$ – неотрицательная суммируемая на отрезке $[0, h]$ не эквивалентная нулю функция. Тогда имеет место равенство

$$\sup_{f \in L_{2,\rho}^{(r)}} \frac{R^{2(r-s)} E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho}}{\left(\int_0^h \Omega_m^p(\mathcal{D}^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt \right)^{1/p}} = \left\{ \int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right\}^{-1/p}. \quad (16)$$

Пользуясь результатом теоремы 3, введем в рассмотрение следующий класс $W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2 := W_p^{(r)}(\Omega_m; \Phi, q, h)_2, r \in \mathbb{Z}_+, 0 < p \leq 2$, функций $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$, для которых при любом $h \in (0, 3\pi / 4R]$ имеет место неравенство

$$\int_0^h \Omega_m^p(\mathcal{D}^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt \leq \Phi^p(h).$$

Теорема 4. Пусть Φ – мажоранта, определяющая класс $W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2, r \in \mathbb{Z}_+, 0 < p \leq 2, q$ – весовая на $[0, h]$ функция. Тогда для любого $n \in \mathbb{N}$ и произвольного $s (0 \leq s \leq r)$ имеет место равенство

$$E_R^{(s)}\left(W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2\right)_{2,\rho} = R^{-2(r-s)} \left\{ \int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right\}^{-1/p} \Phi(h). \quad (17)$$

Существует функция $g_0 \in W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2$, которая реализует знак равенства в (17).

Доказательство. В самом деле, из соотношения (16) для произвольной функции $f \in L_{2,\rho}^{(r)}$ получаем

$$\frac{R^{2(r-s)} E_R(D^s f)_{2,\rho}}{\left(\int_0^h \Omega_m^p(D^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt \right)^{1/p}} \leq \left\{ \int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right\}^{-1/p}. \quad (18)$$

В силу (18) имеем

$$E_R^{(s)}(D^s f)_{2,\rho} \leq \frac{1}{R^{2(r-s)}} \cdot \frac{\int_0^h (\Omega_m^p(D^r f, t)_{2,\rho} q(t) dt)^{1/p}}{\left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{1/p}}. \quad (19)$$

Если в неравенстве (19) предполагать, что функция $f \in L_{2,\rho}^{(r)} \cap W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2$, то получим

$$E_R^{(s)}(D^s f)_{2,\rho} \leq \frac{1}{R^{2(r-s)}} \left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{-1/p} \cdot \Phi(h). \quad (20)$$

Из неравенства (20) получаем оценку сверху величины расположенной в левой части (17)

$$E_R^{(s)}(W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2)_{2,\rho} \leq \frac{1}{R^{2(r-s)}} \left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{-1/p} \cdot \Phi(h). \quad (21)$$

Для получения оценки снизу указанной величины вводим в рассмотрение функцию

$$g_0(x, y) = \frac{1}{R^{2r}} \left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{-1/p} \cdot \Phi(h) T_0(x) T_R(y) \quad (22)$$

и покажем, что g_0 принадлежит классу $W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2$.

Применяя оператор \mathcal{D}^r к функции g_0 , получаем

$$\mathcal{D}^r g_0(x, y) = R^{-2r} \left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{-1/p} \cdot \Phi(h) (-1)^r T_0(x) T_R(y).$$

Пользуясь этим равенством, в силу определения модуля Ω_m из работы [1] находим

$$\Omega_m(g_0^{(r)}, t)_2 = \frac{(1 - \cos Rt)^m \cdot \Phi(h)}{\left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{1/p}}.$$

Возведя обе части полученного равенства в степень p ($0 < p \leq 2$), умножив на вес $q(t)$ и интегрируя в пределах от $t = 0$ до $t = h$, будем иметь

$$\int_0^h \Omega_m^p(\mathcal{G}_0^{(r)}, t)_2 q(t) dt = \Phi^p(h),$$

или, что то же,

$$\left(\int_0^h \Omega_m^p(\mathcal{G}_0^{(r)}, t)_2 q(t) dt \right)^{1/p} = \Phi(h)$$

и, таким образом, включение $\mathcal{G}_0 \in W_{m,p}^{(r)}(\Phi, q, h)_2$ доказано.

Поскольку для всех $0 \leq s \leq r$, $s, r \in \mathbb{Z}_+$ имеет место равенство

$$\begin{aligned} \mathcal{D}^s \mathcal{G}(x, y) &= \frac{1}{R^{2(r-s)}} \left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{-1/p} \times \\ &\times \Phi(h) \cdot (-1)^s T_0(x) \cdot T_R(y), \end{aligned} \quad (23)$$

то в силу соотношения

$$E_R^2(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho} = \sum_{k^2+l^2 \geq R^2} c_{kl}^2(\mathcal{D}^s f),$$

пользуясь равенством (23), будем иметь

$$E_R(\mathcal{D}^s \mathcal{G})_{2,\rho} = R^{-2(r-s)} \left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{-1/p} \cdot \Phi(h).$$

Из последнего равенства, получаем оценку снизу величины, стоящей в левой части равенства (17):

$$\begin{aligned} E_R^{(s)}(W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q)) &\geq E_R(\mathcal{D}^s \mathcal{G})_{2,\rho} = \\ &= R^{-2(r-s)} \left(\int_0^h (1 - \cos Rt)^{mp} q(t) dt \right)^{-1/p} \Phi(h). \end{aligned} \quad (24)$$

Требуемое равенство (17) получаем из сравнения оценки сверху (21) с оценкой снизу (24), чем и завершаем доказательство теоремы 4. Тем самым искомая экстремальная задача (1) для класса $W_{m,p}^{(r)}(\Phi; q, h)_2$ решена.

Из доказанной теоремы 4 вытекает ряд утверждений

Следствие 1. В условиях теоремы 4 при $p = 1/m$, $m \in \mathbb{N}$, $2(r-s) > m$, и $q(t) = 1$ имеет место равенство

$$E_R^{(s)} \left(W_{m,1/m}^{(r)} (\Phi, 1, h)_2 \right)_{2,\rho} = R^{-2(r-s)} \cdot \left\{ \frac{R}{Rh - \sin Rh} \right\}^m \cdot \Phi(h). \quad (25)$$

В частности, при $h = \pi / (2R)$ из (25) получаем

$$E_R^{(s)} \left(W_{m,1/m}^{(r)} (\Phi, 1, h)_2 \right)_{2,\rho} = R^{-2(r-s)} \cdot \left\{ \frac{2R}{\pi - 2} \right\}^m \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{2R} \right).$$

Следствие 2. Если в условиях теоремы 4 положить $q(t) = R \sin Rt$, то имеем:

$$\begin{aligned} E_R^{(s)} \left(W_{m,p}^{(r)} (\Phi, R \sin Rt, h)_2 \right)_{2,\rho} &= \\ &= R^{-2(r-s) + \frac{1}{p}} \left\{ \frac{mp + 1}{(1 - \cos Rh)^{mp+1}} \right\}^{1/p} \cdot \Phi(h). \end{aligned} \quad (26)$$

В частности, при $h = \pi / R$ из (26) вытекает равенство

$$\begin{aligned} E_R^{(s)} \left(W_{m,p}^{(r)} (\Phi, R \sin Rt, h)_2 \right)_{2,\rho} &= \\ &= R^{-2(r-s) + \frac{1}{p}} \left\{ \frac{mp + 1}{2^{mp+1}} \right\}^{1/p} \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{R} \right). \end{aligned} \quad (27)$$

Из (27) при $p = 1/m$, $m \in \mathbb{N}$, $2(r-s) > m$, $r, m \in \mathbb{N}$, $s \in \mathbb{Z}_+$ получаем

$$E_R^{(s)} \left(W_{m,p}^{(r)} (\Phi, R \sin Rt, h)_2 \right)_{2,\rho} = \frac{1}{2^m} R^{-2(r-s)+m} \cdot \Phi \left(\frac{\pi}{R} \right).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Джурахонов О. Верхние грани среднеквадратических приближений некоторых классов функций двух переменных суммами Фурье-Чебышева. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. н. 2018, №1(170), с. 7-20.
2. Шевчук И. А. Приближение многочленами и следы непрерывных на отрезке функций. – Киев: Наукова думка, 1992, с. 227.
3. Абилов В.А., Керимов М.К. Об оценках остаточных членов кратных рядов Фурье-Чебышева и кубатурных формул Чебышевского типа. – ЖВМ и МФ, 2003, т. 43, №5, с. 643-663.

О.А.ЧЎРАХОНОВ

ҲАЛЛИ ЯК МАСЪАЛАИ ЭКСТРЕМАЛӢ ДАР ФАЗОИ $L_{2,\rho(Q)}$

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақола як масъалаи экстремалӣ оид ба муайян намудани қимати сарҳади аниқи болои бузургии наздиккунии бехтарини полиномиалии пайдарпаии хосилаҳои $E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho}$ ($0 \leq s \leq r, s, r \in \mathbb{Z}_+$) барои як синфи функсияҳои бо мажоранта майяншуда, ҳал карда шудааст, ки дар ин ҷо \mathcal{D} оператори дифференсиалии тартиби дууми Чебишев аст.

Калимаҳои калидӣ: наздиккунии бехтарини миёнакардашуда, модули бифосилагии умумикардашуда, мажорант, қатори дукаратаи Фурие-Чебышев, оператори Чебышев.

O.A.JURAKHONOV

SOLVING ONE EXTREME PROBLEM IN SPACE $L_{2,\rho(Q)}$

Tajik National University

In the article, we solve one extreme problem of the calculated least upper bounds the best polynomial approximation sequential derivatives of $E_R(\mathcal{D}^s f)_{2,\rho}$ ($0 \leq s \leq r, s, r \in \mathbb{Z}_+$) on some class of functions defined majorant Φ , where \mathcal{D} is the differential operator Chebyshev second order

Key words: mean square best approximation, generalized modulus of continuity, double Fourier-Chebyshev series, majorant, Chebyshev operator.

УДК 517.9

В.И.БОРЗДЫКО

**ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ЗАПАЗДЫВАНИЯ В СИСТЕМЕ
«ХИЩНИК-ЖЕРТВА» ВАНГЕРСКИ И КАННИНГЭМА, ПРИ КОТОРОЙ
ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ СТАЦИОНАРНОЕ РЕШЕНИЕ ЭТОЙ СИСТЕМЫ
АСИМПТОТИЧЕСКИ УСТОЙЧИВО ПО ПОКАЗАТЕЛЬНОМУ ЗАКОНУ**

Институт математики им. А.Джурова АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 28.01.2019 г.

В данной работе полученные ранее результаты по исследованию устойчивости периодических решений нелинейных систем дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом применены для исследования на асимптотическую устойчивость по показательному закону положительного стационарного решения системы «хищник-жертва» Вангерски и Каннингэма. Произведена оценка величины запаздывания $0 \leq \tau < \tau_0$, при которой такая устойчивость имеет место.

Ключевые слова: математическая модель в экологии, система «хищник-жертва» с запаздыванием, устойчивость экологических систем, ортогональное преобразование подобия матриц.

1. Очень интересным и важным как для экологов, так и для математиков, занимающихся математическим моделированием в экологии, является вопрос об устойчивости биологических сообществ, экосистем. Дж.М.Смит в [1, с. 23] приводит такой термин, относящийся к наблюдаемым биологами и экологами свойствам реальных экосистем: «экосистема таксономически стабильна (taxonomically persistent), если состав входящих в неё видов остаётся неизменным в течение длительного периода времени (например, длительного по сравнению с временем жизни одного поколения данного вида)».

В монографии [2, с. 14] дано такое определение устойчивости биологического сообщества: если система дифференциальных (функционально-дифференциальных)

Адрес для корреспонденции: Борздыко Вероника Ивановна. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/4, Институт математики АН РТ. E-mail: borzdiko37@mail.ru

уравнений, которая является математической моделью данного биологического сообщества, имеет устойчивое в математическом определении положительное стационарное решение, то такое биологическое сообщество устойчиво. В частности, будет сохраняться количество видов, которые в него входят.

В данной работе рассматривается нелинейная система дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= ax - cxy - bx^2 \\ \frac{dy}{dt} &= -ey + c'x(t-\tau)y(t-\tau),\end{aligned}\tag{1}$$

предложенная Вангерски и Каннингэмом в качестве математической модели хищник-жертва [1, с. 67], [3]. В (1) $x(t)$ – численность популяции «жертвы», $y(t)$ – численность популяции «хищника» в момент времени t , $\tau > 0$. Будем предполагать, что коэффициенты системы (1) являются вещественными постоянными и удовлетворяют условиям

$$b > 0, c > 0, c' > 0, e > 0; ac' - be > 0, a > 0.\tag{2}$$

Тогда система (1) при любом $\tau \geq 0$ имеет положительное стационарное решение

$$\bar{x} = \frac{c}{c'} > 0, \quad \bar{y} = \frac{ac' - be}{cc'} > 0.\tag{3}$$

Проведём исследование на устойчивость положительного стационарного решения (3) системы «хищник-жертва» (1), используя полученные ранее результаты из [4].

2. В [4] было проведено исследование вопроса об асимптотической устойчивости периодического решения нелинейной системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом общего вида

$$\frac{dx(t)}{dt} = f[t, x(t), x(t-\tau)],\tag{4}$$

где $x \in R^n$, $0 \leq t < +\infty$, $0 < \tau \leq \omega$, в предположении, что вектор-функция $f(t, x, y)$ ω – периодична по t , непрерывна по совокупности переменных и имеет непрерывные частные производные первого порядка по всем переменным, начиная со второго.

Предполагается, что при каждом τ , $0 \leq \tau < \delta_0 \leq \omega$ система (4) имеет ω – периодическое решение, которое будем обозначать через $x_\tau(t)$.

Линеаризованная на решении $x_\tau(t)$ система имеет вид

$$\frac{dx(t)}{dt} = B_0(t)x(t) + B_1(t)x(t-\tau),$$

где элементы матриц

$$B_0(t) = \{b_{m,l}^{(0)}\}_{m,l=1}^n \quad \text{è} \quad B_1(t) = \{b_{m,l}^{(1)}\}_{m,l=1}^n$$

равны соответственно

$$b_{m,l}^{(0)} = \frac{\partial f_m}{\partial x_l} [t, x_\tau(t), x_\tau(t-\tau)],$$

$$b_{m,l}^{(1)} = \frac{\partial f_m}{\partial y_l} [t, x_\tau(t), x_\tau(t-\tau)]; m = 1, \dots, n; l = 1, \dots, n.$$

Здесь f_m – m -я компонента вектор-функции $f(t, x, y)$, x_l – l -я компонента вектора x , y_l – l -я компонента вектора y .

Будем предполагать, что матрицы $B_0(t) \equiv B_0$, $B_1(t) \equiv B_1$ оказались постоянными. Тогда имеет место следующее утверждение:

Теорема 1. [4, теорема 4]. Пусть все собственные значения матрицы $B_0 + B_1$ имеют отрицательные действительные части. Тогда при $0 \leq \tau < \min\{\tau_0, \delta_0\}$, где число $\tau_0 > 0$ определяется формулой

$$\tau_0 = \lambda_{\min}(C) [2(\|B_0\| + \|B_1\|) \|HB_1\|]^{-1} \cdot [\lambda_{\min}(H) / \lambda_{\max}(H)]^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

ω – периодическое решение $x_\tau(t)$ системы (4) асимптотически устойчиво по показательному закону.

В (5) H – вещественная симметрическая положительно определённая матрица [5, с.87], [6, с.244,248], являющаяся решением уравнения Ляпунова

$$(B_0^T + B_1^T)H + H(B_0 + B_1) = -C, \quad (6)$$

где через B_i^T обозначена матрица, транспонированная соответственно к матрице B_i , $i = 0, 1$, а C – некоторая произвольно выбранная вещественная симметрическая положительно определённая матрица.

В условиях теоремы 1 при $\tau = 0$ тривиальное решение системы, линеаризованной на ω – периодическом решении $x_\tau(t)$, асимптотически устойчиво. Именно этот факт позволяет использовать при доказательстве теоремы 1 [4, теорема 4] некоторые результаты из статьи [7], а именно, теоремы 1 из [7]. В теореме 1 из [7] оценивается величина запаздывания $0 \leq \tau < \tau_0$, при которой имеет место асимптотическая устойчивость тривиального решения $x(t) \equiv 0$ линейной системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом

$$\frac{dx(t)}{dt} = B_0 x(t) + B_1 x(t - \tau),$$

где $x \in R^n$, $0 < \tau$; B_0, B_1 – некоторые постоянные матрицы. В теореме 1 из статьи [7] доказано, что величина τ_0 определяется из формулы (5), использующей положительно определённую матрицу H , которая является единственным решением такого вида для уравнения Ляпунова (6), с заданной в его правой части симметрической положительно определённой матрицей C . В [7] сделано замечание, что величина $\tau_0 > 0$ в формуле (5) зависит от выбора симметрической положительно определённой матрицы C в правой части уравнения (6).

Предполагается, что норма векторов в R^n евклидова. Поэтому матричные нормы, входящие в формулу (5), – это так называемые спектральные матричные нормы, т.е. матричные нормы, индуцированные евклидовой векторной нормой в R^n [5, с.184, 186]. Спектральная норма квадратной вещественной матрицы A определяется равенством [5, с.186]:

$$\|A\| = \lambda_A^{\frac{1}{2}}, \quad (7)$$

где λ_A – спектральный радиус матрицы $A^T A$ (A^T – матрица, транспонированная к матрице A).

Спектральный радиус квадратной матрицы T , $n \times n$, определяется равенством [5, с.178]:

$$\mu_T = \max_j |\mu_j|, \quad (1 \leq j \leq n), \quad (8)$$

где μ_1, \dots, μ_n – собственные значения матрицы T , которые совпадают с корнями характеристического уравнения:

$$\det[\mu I - T] = 0. \quad (9)$$

Отметим также следующее. Так как в уравнении Ляпунова (6) заданная матрица C и соответствующее ей решение этого уравнения, матрица H , являются вещественными симметрическими положительно определёнными матрицами, то все собственные значения этих матриц должны быть положительными [5, с.87, 89], [6, с.248]. Поэтому выполняются необходимые условия для реализуемости формулы (5):

$$\lambda_{\min}(C) > 0, \quad \lambda_{\min}(H) > 0, \quad \lambda_{\max}(H) > 0. \quad (10)$$

Дадим определение понятия асимптотической устойчивости по показательному закону для решения основной начальной задачи [8, с.12, 31] $x(t)$, соответствующего

начальной вектор-функции $\varphi(t) \in C[-\omega, 0]$, системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом (4). Здесь $C[-\omega, 0]$ – банахово пространство вектор-функций, непрерывных на $[-\omega, 0]$ и имеющих значения в R^n . Норма в $C[-\omega, 0]$ определена формулой

$$\|\varphi\| = \max_{-\omega \leq t \leq 0} |\varphi(t)|, \quad \varphi(t) \in C[-\omega, 0],$$

где $|\cdot|$ – евклидова векторная норма в R^n .

Определение. [8, с.113]. *Говорят, что решение $x(t)$ системы уравнений (4) асимптотически устойчиво по показательному закону, если существуют постоянные $\rho_0 > 0$, $\alpha > 0$, $M > 1$ такие, что из неравенства $\|\delta\| \leq \rho_0$, $\delta(t) \in C[-\omega, 0]$ следует условие*

$$|x_{\varphi+\delta}(t) - x_{\varphi}(t)| < M \|\delta\| e^{-\alpha t} \quad \text{при } t \geq 0. \quad (11)$$

3. Применим теперь теорему 1 для исследования на устойчивость положительного стационарного решения (3) системы «хищник-жертва» Вангерски и Каннингэма (1) при условиях (2) на коэффициенты системы.

Линеаризируя систему (1) на решении (3), получим линейную систему дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом

$$\frac{dz}{dt} = B_0 z(t) + B_1 z(t - \tau), \quad (12)$$

где $z = \{x, y\} \in R^2$; R^2 – евклидово пространство двумерных векторов с вещественными компонентами. Матрицы B_0, B_1 равны

$$B_0 = \begin{pmatrix} -\frac{be}{c'} & -\frac{ec}{c'} \\ 0 & -e \end{pmatrix}; \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \frac{ac' - be}{c} & e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ d & e \end{pmatrix}, \quad (13)$$

где $d = \frac{ac' - be}{c} > 0$. Рассмотрим матрицу

$$A = B_0 + B_1 = \begin{pmatrix} -\frac{be}{c'} & -\frac{ec}{c'} \\ d & 0 \end{pmatrix} \quad (14)$$

и найдём её собственные значения. Характеристическое уравнение для матрицы $A = B_0 + B_1$ имеет вид

$$\det(\mu I - A) = \mu^2 + \mu \frac{be}{c'} + \frac{dce}{c'} = 0, \quad \text{где } d = \frac{ac' - be}{c} > 0.$$

Откуда следует, что

$$\mu_i = -\left(\frac{be}{2c'}\right) \pm \sqrt{D_0}, \quad i = 1, 2, \quad (15)$$

где

$$D_0 = \left(\frac{be}{2c'}\right)^2 - \frac{dce}{c'} < \left(\frac{be}{2c'}\right)^2 \quad (16)$$

в силу условий (2) на коэффициенты системы (1). Из (2), (15), (16) следует, что оба собственных значения μ_i , $i = 1, 2$, матрицы $A = B_0 + B_1$ имеют отрицательные действительные части. Поэтому для системы (1) и соответствующей ей линеаризованной на положительном стационарном решении (3) системы (12) выполняются все условия теоремы 1. Следовательно, решение (3) системы (1) асимптотически устойчиво по показательному закону при $0 \leq \tau < \tau_0$, причём способ вычисления оценочного числа $\tau_0 > 0$ указан в теореме 1 с помощью формул (5), (6).

Запишем уравнение Ляпунова (6), соответствующее линеаризованной системе уравнений (12). В качестве симметрической положительно определённой матрицы C в правой части уравнения Ляпунова выберем диагональную матрицу

$$C = \begin{pmatrix} 2l_1 & 0 \\ 0 & 2l_2 \end{pmatrix}, \quad l_i > 0, i = 1, 2. \quad (17)$$

В соответствии с (13) имеем сумму транспонированных матриц

$$B_0^T + B_1^T = \begin{pmatrix} -\frac{be}{c'} & d \\ -\frac{ec}{c'} & 0 \end{pmatrix}. \quad (18)$$

Искомую симметрическую матрицу H запишем в виде

$$H = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{12} & h_{22} \end{pmatrix}, \quad (19)$$

где h_{ij} , $i, j = 1, 2$ – неизвестные, подлежащие определению. Подставляя (14), (17)-(19) в (6), получаем матричное уравнение с неизвестной матрицей H :

$$\begin{pmatrix} -\frac{be}{c'} & d \\ -\frac{ec}{c'} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{12} & h_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{12} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\frac{be}{c'} & -\frac{ec}{c'} \\ d & 0 \end{pmatrix} = -\begin{pmatrix} 2l_1 & 0 \\ 0 & 2l_2 \end{pmatrix},$$

которое приводит к следующей системе уравнений относительно h_{ij} , $i, j = 1, 2$,

$$\begin{cases} \frac{be}{c'} h_{11} - dh_{12} = l_1 \\ \frac{ec}{c'} h_{11} + \frac{be}{c'} h_{12} - dh_{22} = 0 \\ \frac{ec}{c'} h_{12} = l_2 \end{cases} . \quad (20)$$

Система (20) имеет единственное решение:

$$\begin{cases} h_{12} = \frac{c'}{ce} l_2 \\ h_{11} = \frac{c'}{be} l_1 + \frac{d(c')^2}{bce^2} l_2 \\ h_{22} = \frac{c}{bd} l_1 + \left[\frac{c'cd + b^2e}{bdce} \right] l_2 \end{cases} , \quad (21)$$

где $d = \frac{ac' - be}{c} > 0$.

Введём следующие обозначения для коэффициентов при l_i , $i = 1, 2$, в (21):

$$\theta = \frac{c'}{ce} > 0; \quad s_1 = \frac{c'}{be} > 0; \quad s_2 = \frac{c}{bd} > 0; \quad z_1 = \frac{d(c')^2}{bce^2} > 0; \quad z_2 = \frac{c'cd + b^2e}{bdce} > 0. \quad (22)$$

Тогда равенства (21) переписутся в виде

$$\begin{cases} h_{12} = \theta l_2 \\ h_{11} = s_1 l_1 + z_1 l_2 \\ h_{22} = s_2 l_1 + z_2 l_2 \end{cases} . \quad (21')$$

Найдём собственные значения вещественной симметрической матрицы H (19). Характеристическое уравнение имеет вид

$$\det[\lambda I - H] = \lambda^2 - \lambda(h_{11} + h_{22}) + h_{11}h_{22} - h_{12}^2 = 0.$$

Отсюда следует, что собственные значения матрицы H равны

$$\lambda_{1,2} = \frac{h_{11} + h_{22}}{2} \pm \sqrt{D}, \quad (23)$$

где подкоренное выражение

$$D = \left(\frac{h_{11} + h_{22}}{2} \right)^2 - (h_{11}h_{22} - h_{12}^2) = \frac{(h_{11} - h_{22})^2 + 4h_{12}^2}{4} > 0. \quad (24)$$

Поэтому собственные значения λ_i , $i = 1, 2$, вещественны. Из (2), (21'), (22) следует, что

$$\begin{aligned} h_{11}h_{22} - h_{12}^2 &= s_1s_2l_1^2 + l_1l_2[s_1z_2 + s_2z_1] + (z_1z_2 - \theta^2)l_2^2 = \\ &= s_1s_2l_1^2 + l_1l_2[s_1z_2 + s_2z_1] + l_2^2 \frac{(c')^3 d}{b^2 e^3 c} > 0 \end{aligned} \quad (25)$$

и

$$h_{11} + h_{22} = (s_1 + s_2)l_1 + (z_1 + z_2)l_2 > 0 \quad (26)$$

при $l_i > 0$, $i = 1, 2$. В силу (24)-(26):

$$0 < \sqrt{D} < \frac{h_{11} + h_{22}}{2}. \quad (27)$$

Из (23) и (27) вытекает, что оба собственных значения матрицы H положительны: $\lambda_i > 0$, $i = 1, 2$. Отсюда следует, что вещественная симметрическая матрица H является положительно определённой матрицей [5, с.87-89], [6, с. 248].

Используя равенства (21'), (23), (24), запишем один из сомножителей, входящих в формулу (5), в виде

$$\left[\frac{\lambda_{\min}(H)}{\lambda_{\max}(H)} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{h_{11} + h_{22} - 2\sqrt{D}}{h_{11} + h_{22} + 2\sqrt{D}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{(s_1 + s_2)l_1 + (z_1 + z_2)l_2 - 2\sqrt{D}}{(s_1 + s_2)l_1 + (z_1 + z_2)l_2 + 2\sqrt{D}} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (28)$$

где

$$D = \frac{1}{4} \left\{ (s_1 - s_2)^2 l_1^2 + 2(s_1 - s_2)(z_1 - z_2)l_1l_2 + [(z_1 - z_2)^2 + 4\theta^2]l_2^2 \right\} > 0, \quad (29)$$

$l_i > 0$, $i = 1, 2$. Найдём спектральные нормы матриц B_0 , B_1 , HB_1 , входящие в формулу (5). Согласно приведённому выше определению из [5, с.186] спектральная норма некоторой квадратной матрицы A , (2×2) , - это матричная норма, индуцированная евклидовой векторной нормой в R^2 , и вычисляется с помощью понятий, определённых формулами (7)-(9). Производя эти вычисления для матриц B_0 , B_1 из (13), находим, что в силу условий (2):

$$\|B_0\| = \frac{e}{c'\sqrt{2}} \sqrt{[b^2 + c^2 + (c')^2] + \sqrt{D_0}} > 0, \quad (30)$$

где

$$D_0 = [b^2 - (c')^2]^2 + 2[b^2 + (c')^2]c^2 + c^4 > 0, \quad (31)$$

и

$$\|B_1\| = \sqrt{e^2 + d^2}, \quad d = \frac{ac' - be}{c} > 0. \quad (32)$$

Матрица

$$HB_1 = \begin{pmatrix} h_{12}d & h_{12}e \\ h_{22}d & h_{22}e \end{pmatrix}. \quad (33)$$

Используя понятия, определённые формулами (7)-(9), находим спектральную норму матрицы (33):

$$\|HB_1\| = \sqrt{(d^2 + e^2)(h_{12}^2 + h_{22}^2)}.$$

Отсюда в силу равенств (21') следует, что

$$\|HB_1\| = \sqrt{(d^2 + e^2) \sqrt{s_2^2 l_1^2 + 2l_1 l_2 s_2 z_2 + (z_2^2 + \theta^2) l_2^2}} > 0 \quad (34)$$

при $l_i > 0$, $i = 1, 2$. Для диагональной матрицы C , (17):

$$\lambda_{\min}(C) = 2 \min_{i=1,2} l_i > 0. \quad (35)$$

Таким образом, в силу (23), (27), (30)-(32), (34), (35) выполняются условия, необходимые при использовании формулы (5) для определения оценки величины запаздывания $\tau_0 > 0$.

Подставив (28)-(32), (34), (35) в (5), мы получим, что

$$\begin{aligned} \tau_0 = & \frac{\min_{i=1,2} l_i}{\left\{ \frac{e}{c'\sqrt{2}} \sqrt{[b^2 + c^2 + (c')^2] + \sqrt{D_0}} + \sqrt{d^2 + e^2} \right\}} \times \\ & \times \frac{1}{\sqrt{d^2 + e^2} \cdot \sqrt{s_2^2 l_1^2 + 2l_1 l_2 s_2 z_2 + (z_2^2 + \theta^2) l_2^2}} \times \\ & \times \left[\frac{(s_1 + s_2)l_1 + (z_1 + z_2)l_2 - 2\sqrt{D}}{(s_1 + s_2)l_1 + (z_1 + z_2)l_2 + 2\sqrt{D}} \right]^{\frac{1}{2}}, \end{aligned} \quad (36)$$

где

$$D_0 = [b^2 - (c')^2]^2 + 2[b^2 + (c')^2]c^2 + c^4 > 0,$$

$$D = \frac{1}{4} \left\{ (s_1 - s_2)^2 l_1^2 + 2(s_1 - s_2)(z_1 - z_2) l_1 l_2 + [(z_1 - z_2)^2 + 4\theta^2] l_2^2 \right\} > 0,$$

$$d = \frac{ac' - be}{c} > 0.$$

В (36) использованы обозначения для коэффициентов системы (1), при условиях на них (2), обозначения для функций от этих коэффициентов (22) и для элементов диагональной матрицы C (17).

Из проведённых выше рассуждений вытекает следующее утверждение:

Теорема 2. *Если коэффициенты системы «хищник-жертва» (1) удовлетворяют условиям (2), то она при любом $\tau \geq 0$ имеет положительное стационарное решение (3), которое удовлетворяет условию асимптотической устойчивости по показательному закону (см. (11)) при $0 \leq \tau < \tau_0$, где τ_0 определяется равенством (36).*

4. Отметим также следующее. Любая вещественная симметрическая $n \times n$ матрица C ортогонально подобна диагональной матрице её собственных значений, которую мы обозначим U [5, с.73]. Это означает, что существует ортогональная матрица X такая, что

$$U = X^T C X = X^{-1} C X, \quad (37)$$

где X^T – транспонированная к X матрица, X^{-1} обратная матрица к X . Равенство (37) можно переписать в виде $C = X U X^{-1}$. Это так называемое преобразование подобия [5, с.56]. Трансформирующая матрица $X = \|x_1, x_2, \dots, x_n\|$, где x_1, x_2, \dots, x_n – множество из n ортонормированных правых собственных вектор-столбцов матрицы C , которые в этом случае, когда C – вещественная симметрическая матрица, могут быть выбраны вещественными [5, с.73]. Это множество ортонормированных u , следовательно, линейно независимых векторов можно рассматривать, как базис в R^n . Диагональную матрицу $U = X^{-1} C X$ можно интерпретировать, как то же самое линейное преобразование в пространстве R^n , какое определяла и матрица C , но представленное на основании новых базисных векторов x_1, x_2, \dots, x_n . Ортогональная матрица X является трансформирующей матрицей этого преобразования подобия – перехода в пространстве R^n от исходного базиса к новому: x_1, x_2, \dots, x_n .

Обратимся снова к рассмотрению матричного уравнения (6), соответствующего линейризованной системе уравнений (12). Предположим теперь, что матрица C в правой

части этого уравнения – это некоторая произвольно заданная вещественная симметрическая положительно определённая 2×2 матрица. Произведём в пространстве R^2 переход к новому базису: множеству x_1, x_2 правых собственных вектор-столбцов матрицы C , которые, как было отмечено выше, могут быть выбраны вещественными и ортонормированными [5, с.73]. В матричном уравнении (6), соответствующем линеаризованной системе дифференциальных уравнений (12), при переходе в R^2 к новому ортонормированному базису x_1, x_2 матрицы B_0, B_1, B_0^T, B_1^T преобразуются соответственно в подобные им матрицы:

$$\begin{aligned}\tilde{B}_0 &= X^{-1}B_0X, \\ \tilde{B}_1 &= X^{-1}B_1X, \\ \tilde{B}_0^T &= X^{-1}B_0^T X, \\ \tilde{B}_1^T &= X^{-1}B_1^T X.\end{aligned}$$

Матрица C преобразуется в подобную ей диагональную матрицу её собственных значений

$$U = X^{-1}CX.$$

Здесь $X = \|x_1, x_2\|$ – трансформирующая ортогональная матрица. Искомая матрица H , определяющая некоторое линейное преобразование H в пространстве R^2 , будет представлена в соответствии с новым ортонормированным базисом x_1, x_2 . Уравнение (6) преобразуется в уравнение

$$(\tilde{B}_0^T + \tilde{B}_1^T)H + H(\tilde{B}_0 + \tilde{B}_1) = -U. \quad (6')$$

Здесь U – диагональная матрица вида (17):

$$U = \begin{pmatrix} 2l_1 & 0 \\ 0 & 2l_2 \end{pmatrix},$$

где $2l_i > 0, i = 1, 2$, собственные значения матрицы C ; они оба положительные, так как мы предположили, что вещественная симметрическая матрица C является положительно определённой. Подобная ей диагональная матрица U также является положительно определённой [5, с. 87, 89]. Отметим также следующее. Так как

$$\tilde{B}_0 + \tilde{B}_1 = X^{-1}B_0X + X^{-1}B_1X = X^{-1}(B_0X + B_1X) = X^{-1}(B_0 + B_1)X,$$

то матрицы $\tilde{B}_0 + \tilde{B}_1$ и $B_0 + B_1$ подобны и, следовательно, имеют одинаковые собственные значения [5, с.56, 57]. Как было показано (см. (2), (14), (15), (16)), оба собственных

значения μ_i , $i = 1, 2$, матрицы $A = B_0 + B_1$, соответствующей линеаризованной системе дифференциальных уравнений (12), имеют отрицательные действительные части. Следовательно, этим же свойством будет обладать и матрица $\tilde{B}_0 + \tilde{B}_1$.

Таким образом, это свойство матриц из линеаризованной системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом (12) сохраняется и после перехода в пространстве R^2 к новому ортонормированному базису x_1, x_2 . Именно это свойство матриц из линеаризованной системы уравнений (12), соответствующей нелинейной системе дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом (1), обеспечило возможность применения теоремы 1, [4, теорема 4], при доказательстве теоремы 2.

Поэтому примененная при доказательстве теоремы 2 схема рассуждений и вычислений, связанных с решением матричного уравнения Ляпунова (6) для случая, когда матрица C в правой части этого уравнения имеет диагональную форму (17), может быть использована, после перехода к новому базису x_1, x_2 ортонормированных правых собственных векторов матрицы C , и в том случае, когда C - произвольно заданная вещественная симметрическая положительно определённая матрица. Уравнение (6) после перехода в пространстве R^2 к новому базису x_1, x_2 превращается в уравнение (6') с диагональной матрицей U вида (17) в правой его части.

В заключение ещё раз отметим, что оценка величины запаздывания, основанная на формуле (5), зависит от выбора вещественной симметрической положительно определённой матрицы C , находящейся в правой части уравнения Ляпунова (6).

ЛИТЕРАТУРА

1. Смит Дж.М. Модели в экологии. – М.: Мир, 1976, 183 с.
2. Свирежев Ю.М., Логофет Д.О. Устойчивость биологических сообществ. – М.: Наука, 1975, 352 с.
3. Wangersky P.J., Cunningham W.J. Time lag in prey-predator population models. – Ecology, 1957, 38, pp. 136-139.
4. Борздыко В.И. Об асимптотической устойчивости периодического решения системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. – ДАН Тадж. ССР, 1990, т.33, №10, с. 637-641.
5. Ланкастер П. Теория матриц. – М.: Наука, 1982, 269 с.
6. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1966, 576 с.
7. Хусаинов Д.Я., Юнькова Е.А. Оценка величины запаздывания в линейных дифференциальных системах с отклоняющимся аргументом. – Укр. матем. журнал, 1983, т. 35, №2, с. 261-264.
8. Эльсгольц Л.Э., Норкин С.Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. – М.: Наука, 1971, 296 с.

В.И.БОРЗДИКО

**БА БУЗУРГИ ДЕРМОНӢ БАРОИ СИСТЕМАИ «ДАРАНДА-ТӢЪМА»-И
ВАНГЕРСКИ ВА КАННИНГЭМ ҲАНГОМИ МУСБАТ БУДАНИ ҲАЛЛИ
СТАТСИОНАРИИ ИН СИСТЕМА, КИ АСИМПТОТӢ УСТУВОР БО
ҚОНУНИ НИШОНДИҲАНДАГӢ МЕБОШАД**

Институти математикаи ба номи А. Ҷӯраеви

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола натиҷаҳои бадастомадаи пешина оид ба тадқиқи устувории ҳалли даврии системаҳои ғайрихатии муодилаҳои дифференсиалӣ бо аргументҳои дероянд, барои тадқиқи устувории асимптотикӣ бо қонуни нишондиҳандагӣ ҳалли статсионари системаҳои «даранда-тӯъма»-и Вангерски ва Каннингэм истифода шудааст. Баҳои бузургии дероянд $0 \leq \tau < \tau_0$, ҳангоми мавҷуд будани чунин устуворӣ карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: модели математикӣ дар экология, системаи «даранда-тӯъма» бо дерой, устувории системаҳои экологӣ, устувории асимптотикӣ бо қонуни нишондиҳандагии системаҳои муодилаҳои дифференсиалӣ бо аргументи дероянд, табдилди ортогоналии матритсаҳои монанд.

V.I.BORZDYKO

**AN ESTIMATION OF THE DELAY VALUE IN THE PREDATOR-PREY
SYSTEM OF WANGERSKY AND CUNNINGHAM, WHEN THE POSITIVE
STATIONARY SOLUTION OF THIS SYSTEM IS ASYMPTOTICALLY
STABLE ACCORDING TO THE EXPONENTIAL LAW**

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

In this paper some earlier obtained results on the investigation of stability of periodic solutions of non-linear systems of delay-differential equation are used for an investigation of asymptotic stability according to the exponential law of the positive stationary solution of the predator-prey system of Wangersky P.J. and Cunningham W.J. It was made an estimation of the time lag value $0 \leq \tau < \tau_0$, when such type of stability takes place.

Key words: a mathematical model in ecology, the delay predator-prey system, stability in ecological systems, the asymptotic stability according to the exponential law of a solution of a delay-differential system, the orthogonal transformation of matrices similarity.

УДК 523.532

Г.И.КОХИРОВА, У.Х.ХАМРОЕВ, М.Н.ЛАТИПОВ

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ И
СКОРОСТЕЙ БОЛИДОВ, СФОТОГРАФИРОВАННЫХ БОЛИДНЫМИ И
ЦИФРОВЫМИ КАМЕРАМИ**

Институт астрофизики АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 25 апреля 2019 г.

Фотографические наблюдения активности метеорного потока Персеид проведены болидной сетью Таджикистана во время максимума потока в течение 2007-2011 гг. За этот период сфотографировано 29 болидов Персеид. В результате астрометрической обработки полученного наблюдательного материала определены атмосферные траектории, скорости, орбиты метеороидов. Часть из них зарегистрирована одновременно болидными и цифровыми камерами и для них выполнена независимая обработка. В данной работе представлен сравнительный анализ результатов определения динамических параметров метеороидов, сфотографированных разной аппаратурой. Достаточная точность определения параметров показывает надежность и преимущество использования цифровых камер в болидных наблюдениях.

Ключевые слова: метеорный поток, болид, атмосферная траектория, высота, геоцентрическая траектория.

Введение. Метеорный поток Персеид является самым известным ежегодным потоком. Каждый год с 20 июля по 20 августа метеоры этого потока появляются на ночном небе из созвездия Персея, от которого поток и получил свое название Персеиды. В максимум активности потока, который происходит в ночь с 12 на 13 августа, наблюдается в среднем 60 метеоров в час, но случается и повышенная активность, например, в 1863 г., когда было зарегистрировано более 200 метеоров в час. В декабре 1992 г. родительская комета Персеид прошла близко от Земли и в результате в августе 1993 г. зафиксировано от 200 до 500 метеоров Персеид в час. В последние годы повышенная активность Персеид наблюдалась в 2004, 2009, 2010 и 2016 гг. Первые сведения о наблюдениях Персеид обна-

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

ружены в китайских летописях, относящихся к 36 г. до н.э., а также поток часто упоминается в китайских, японских и корейских источниках VIII-XI вв., следовательно, поток известен человечеству почти 2 тыс. лет. Однако, официально считается, что ежегодный метеорный поток Персеид открыт в 1835 г., когда об этом явлении в августе 1835 г. сообщил астроном А. Кетеле.

Родительским телом метеороидов потока Персеид является короткопериодическая комета 109P/Свифта-Туттля, период обращения которой равен 135 лет. Это стало очевидным в 1867 г., когда Скиапарелли, впервые вычислив орбиты нескольких Персеид, обнаружил, что их орбиты совпадают с орбитой этой кометы. Комета приближается к Солнцу один раз за 135 лет, однако ее метеороидный рой, состоящий из огромного числа метеороидов, выброшенных и выбрасываемых кометой в результате ее нормальной газо-пылепроизводящей активности в период приближения к Солнцу, ежегодно пересекает орбиту Земли в начале до середины августа. При этом часть метеороидов роя вторгается в земную атмосферу со средней скоростью 60 км/с, пролет метеороидов в атмосфере вследствие процессов нагрева, испарения, ионизации, торможения оставляет светящийся след, и мы наблюдаем активность метеорного потока Персеид.

Наблюдения Персеид проводятся наземными оптическими, включая фото- и видеорегистрацию, и радиолокационными средствами, а также визуально. В результате к настоящему моменту накоплен обширный материал по наблюдениям Персеид. В сборе данных особый вклад внесли болидные сети и сети метеорных камер, систематический мониторинг которых охватывает большие площади небесной сферы. Имеется много работ по исследованию свойств метеороидов Персеид в различном диапазоне масс, начиная от 10^{-6} г и больше.

Напомним, что в описании явления «метеор» существует следующая градация. Все явления, связанные с вторжением в земную атмосферу метеороидов и имеющие при этом яркость от -4 абсолютной звездной величины и слабее, называются метеором. Метеор с яркостью от -4 до -17 абсолютных звездных величин называется болидом, с блеском ярче -17 абсолютных звездных величин – суперболидом. Как правило, болидообразующие метеороиды имеют начальную массу от нескольких десятков грамм до нескольких десятков килограмм. Суперболиды порождают метеороиды с внеатмосферными массами выше этого диапазона.

Персеиды богаты болидами из-за размера родительской кометы. Ядро кометы 109P/Свифта-Туттля в диаметре составляет 26 км, тогда как большинство других комет намного меньше по размеру, их диаметр составляет лишь несколько км. Поэтому комета 109P/Свифта-Туттля производит огромное число метеороидов, многие из которых достаточно крупные для того, чтобы породить болиды.

С 2008 г. в южной части территории США оперирует сеть метеорных камер для наблюдений болидной активности, где уже получена база данных по сотням болидов. Согласно этим данным с 2008 г. Персеиды произвели больше болидов, чем какой-либо дру-

гой ежегодный поток (Рис.1). Поток Геминид занимает второе место, но болиды Геминид не такие яркие как Персеиды. Средняя максимальная звездная величина Персеид, сфотографированных камерами сети, составляет -2.7^m , для Геминид - -2^m . Следовательно, болиды Геминид почти на одну звездную величину слабее, чем болиды Персеид.

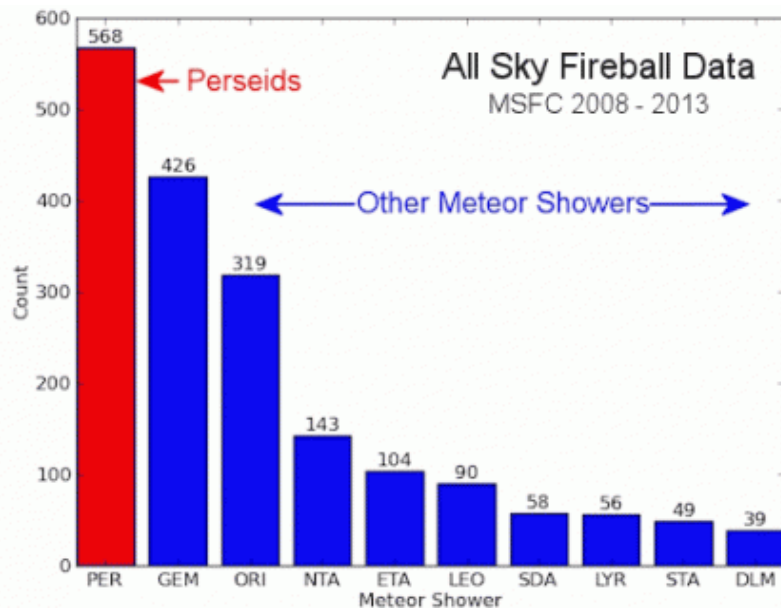


Рис.1. Статистика регистрации болидов Персеид и других известных потоков болидной сетью США.

Наблюдения и обработка данных. С целью изучения крупных метеороидов, вторгающихся в земную атмосферу, в Институте астрофизики АН РТ была создана болидная сеть, состоящая из 5 наблюдательных станций и охватывающая территорию около 11 тыс. кв. км. Для мониторинга используются болидные камеры (БК) с объективами «рыбий глаз» Цейсс Дистагон ($f=30$ мм, $D/f=1:3.5$), имеющие поле зрения 180° , и цифровые камеры (ЦК) “Nikon D2X” и “Nikon D300” с объективами Nikkor также типа «рыбий глаз» ($f=10.5$ мм, $D/f=1:2.8$) [1,2].

С помощью болидной сети фотографические наблюдения метеорного потока Персеид были проведены в периоды максимума активности в 2007-2011 гг. В результате проведенных наблюдений зарегистрировано 29 болидов Персеид, из них 16 болидов сфотографированы болидными и цифровыми камерами одновременно. На рис.2 приведены изображения болида Персеид TN110809, сфотографированного болидной и цифровой камерами на Санглохе 11 августа 2009 г. Для 16 болидов выполнена независимая обработка, как по негативам болидных камер, так и по цифровым изображениям. Сравнение результатов определения атмосферных и геоцентрических траекторий, а также скоростей на основе этих двух видов обработки представляет определенный научный интерес. Это позволит протестировать их соответствие между собой и достоверность определяемых параметров, а также сделать заключение о преимуществах используемой аппаратуры.

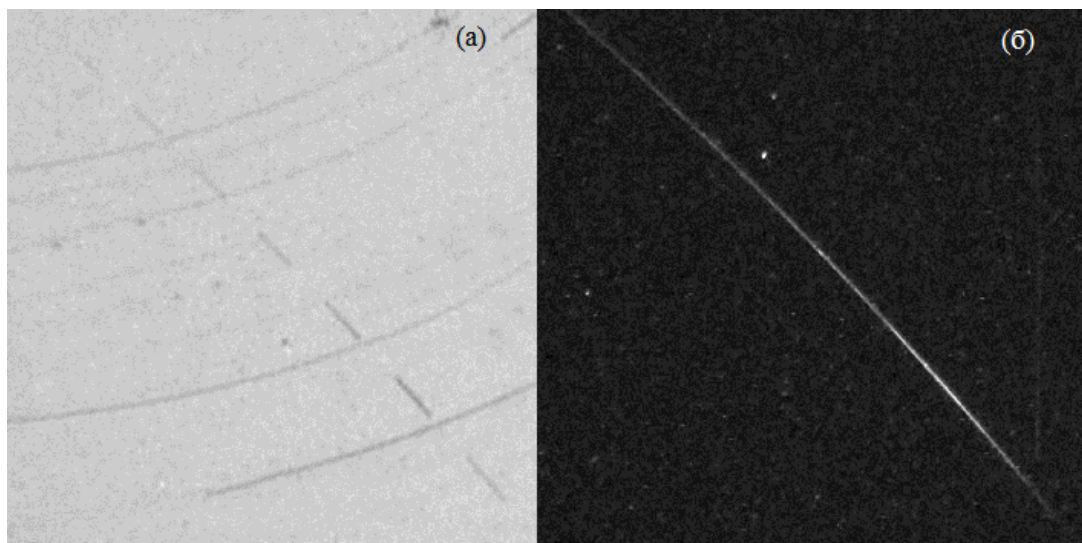


Рис.2. Изображения болида Персеид TN110809, сфотографированного болидной (а) и цифровой (б) камерами на Санглохе 11 августа 2009 г.

Фотографии болидов, полученные с помощью БК, измерялись на измерительном устройстве Аскорекорд. Цифровые изображения болидов, полученные с помощью ЦК, измерялись с помощью компьютерной программы измерений на Аскорекорде “FISHSCAN”, созданной J.Вogovicka.

Для астрометрической обработки кадров использована методика, позволяющая определять позицию объекта на фотографии в любом месте кадра с точностью, не превышающей одной минуты дуги [2].

Вблизи фокальной плоскости болидной камеры вращается симметричный двухлопастный обтюратор со скоростью 370 оборотов в минуту. Ширина каждой лопасти составляет 90° . Благодаря обтюратору изображение болида получается через равные интервалы времени в виде прерывистой линии, где каждый штрих или перерыв между двумя штрихами образуется за время 0.04054 сек. Это позволяет определять скорости болидов, сфотографированные болидной камерой.

Однако цифровые камеры не были приспособлены для получения перерывов на следе болида, что необходимо для вычисления его скорости. Из-за этого обширный материал базисных болидов, полученных только цифровыми камерами, не мог быть использован для вычисления орбит. Поэтому для определения скорости болида по цифровому снимку нами был создан двухлопастный вращающийся обтюратор, установленный перед объективом и обеспечивающий 15 перерывов в секунду (370 оборотов в минуту) на следе болида (рис.3). Этот обтюратор аналогичен обтюратору, используемому в болидных камерах всего неба, но установленного в фокальной плоскости камеры. Применение нового обтюратора показало его надежность и эффективность в определении скоростей. На рис.4 приведены изображения болида Персеид, зарегистрированные БК и ЦК снабженных обтюраторами.

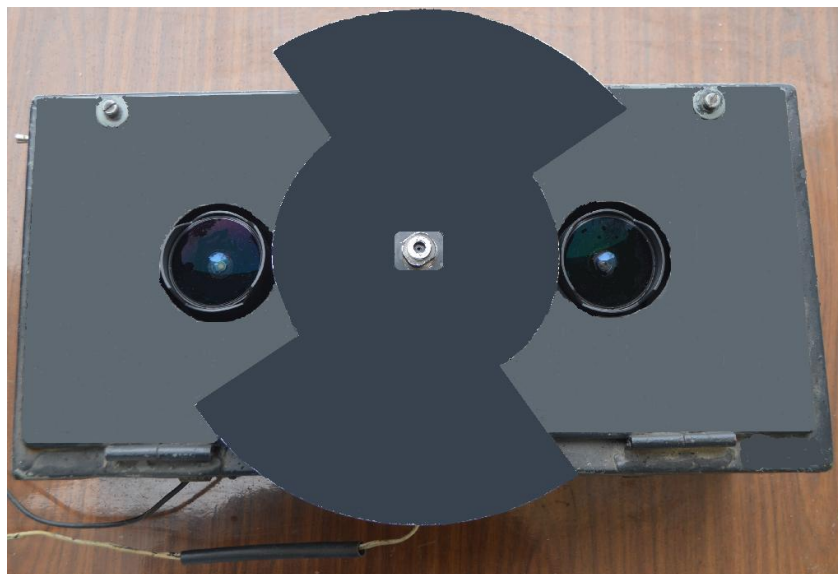


Рис.3. Двухлопастный вращающийся obtюратор для цифровой камеры.

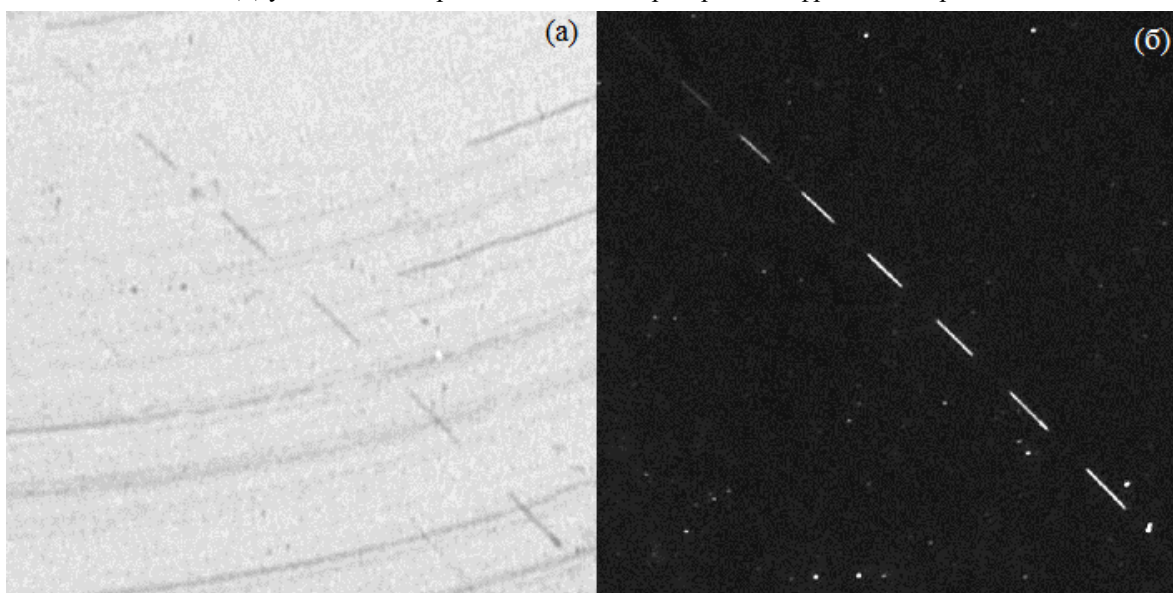


Рис.4. Перерывы на следе болида Персеид TN130810A, сфотографированного болидной (а) и цифровой (б) камерами на Санглохе 13 августа 2010 г.

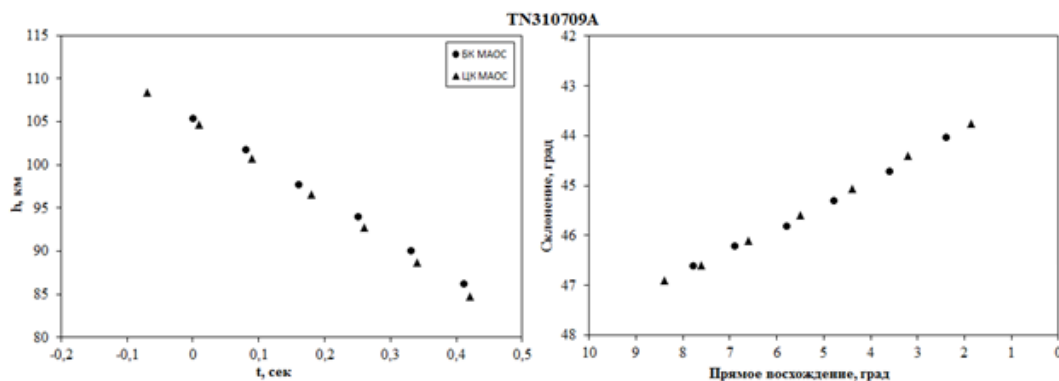
Результаты. Астрометрическая обработка изображений позволяет определять такие характеристики болидов, как момент пролета, высоты и скорости измеренных точек вдоль видимой траектории болида, внеатмосферную скорость, общую длину видимой траектории, длительность болида. Эти параметры характеризуют атмосферную траекторию болида. Кроме этого, определяются горизонтальные (азимут a и зенитное расстояние z) и экваториальные (прямое восхождение α и склонение δ) координаты измеренных точек на изображении болида, которые относятся к геоцентрической траектории болида. Затем по ним определяются координаты видимого и геоцентрического радианта болида и его

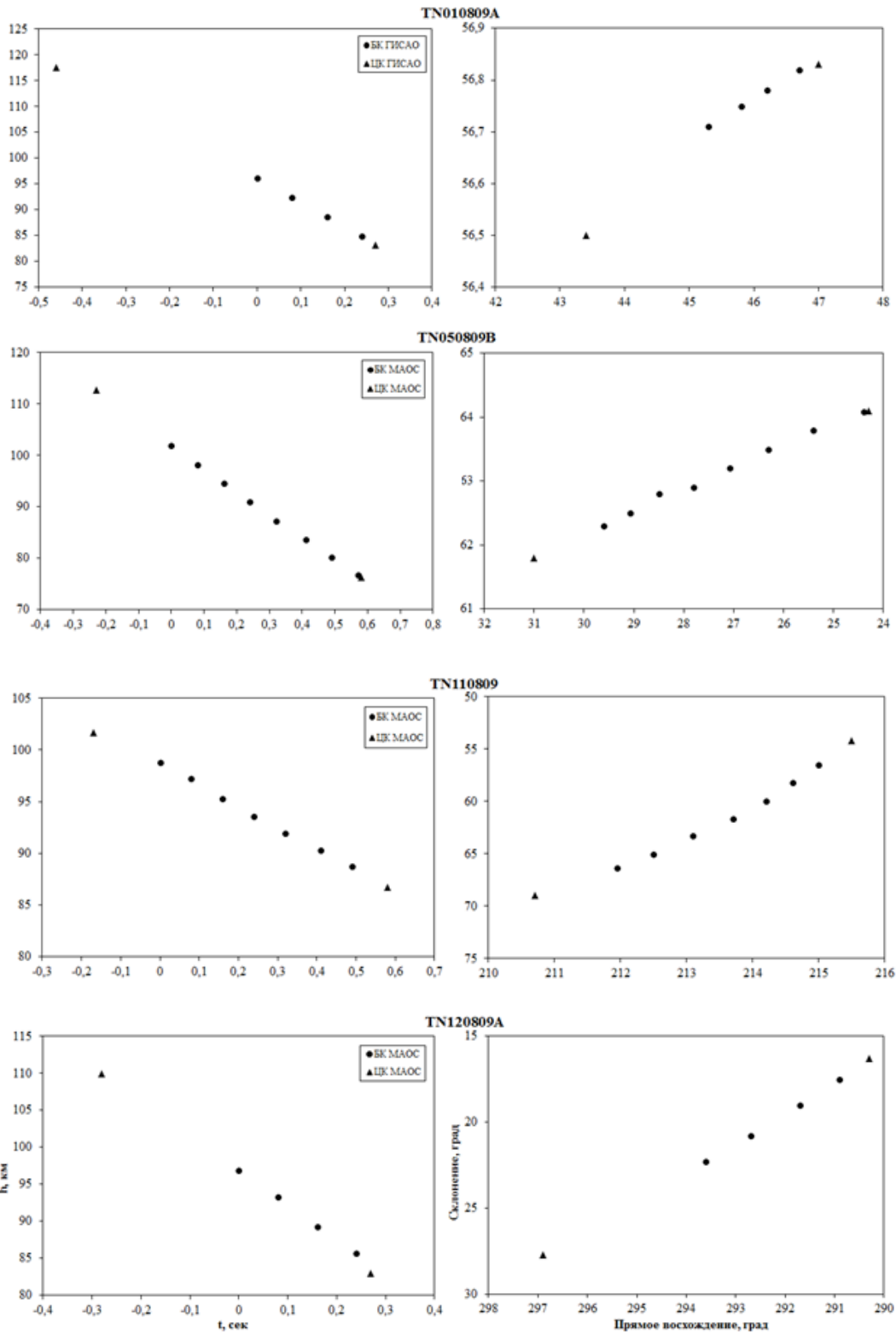
зенитное расстояние, геоцентрическая и гелиоцентрическая скорости, и элементы орбиты (гелиоцентрическая траектория) метеороида, производшего болид.

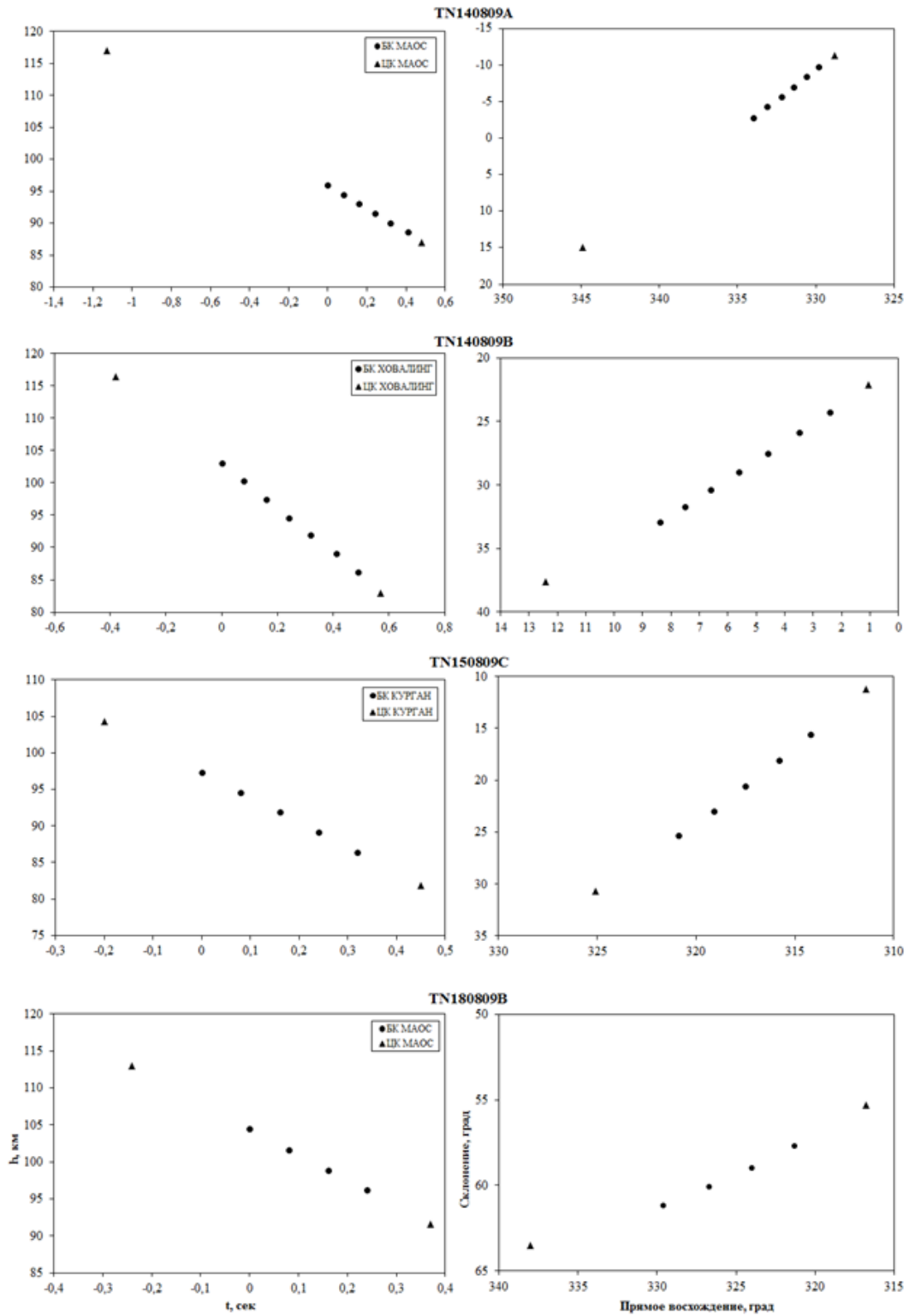
Этим методом для одних и тех же болидов получены параметры их атмосферных и геоцентрических траекторий, а также скорости в результате отдельной астрометрической обработки фотографий и цифровых изображений. Результаты приведены в графическом виде для каждого болида отдельно. На графиках рис.5 слева показаны результаты определения атмосферных траекторий по регистрациям БК и ЦК, здесь по оси ординат отложены высоты h и по оси абсцисс – время t . Справа приведены результаты определения геоцентрических траекторий по регистрациям БК и ЦК, здесь по оси ординат отложены склонения δ и по оси абсцисс – прямые восхождения α , обе величины являются экваториальными координатами метеороида.

Как видно из графиков, результаты хорошо согласуются между собой, атмосферные траектории болидов по двум разным регистрациям определяются практически с одинаковой точностью, при этом цифровые камеры начинают фиксировать траекторию в среднем на 10-15 км выше, чем болидные. Конечная высота болидов регистрируется обоими видами камер примерно в одном диапазоне. То же самое можно сказать и о результатах определения геоцентрических траекторий болидов, сфотографированных разными камерами. Из графиков, приведенных в правой части рис.5, видна хорошая совместимость экваториальных координат болидов, найденных из независимой обработки их фотографий и цифровых изображений.

Приведем результаты определения скоростей болидов по негативам болидных камер и по цифровым изображениям. Таких регистраций шесть. На рис.6 показаны зависимости наблюдаемой скорости этих болидов от высоты, полученные в результате независимой обработки негативов болидной камеры и изображений, полученных с помощью цифровой камеры с obtюратором. Как было отмечено, цифровая камера с obtюратором установлена в обсерватории Санглох и все эти регистрации получены там. Из графиков видно удовлетворительное совпадение вычисленных значений наблюдаемых скоростей по разным снимкам. Таким образом, новый obtюратор позволил включить в обработку и базисные снимки болидов, полученных только цифровыми камерами.







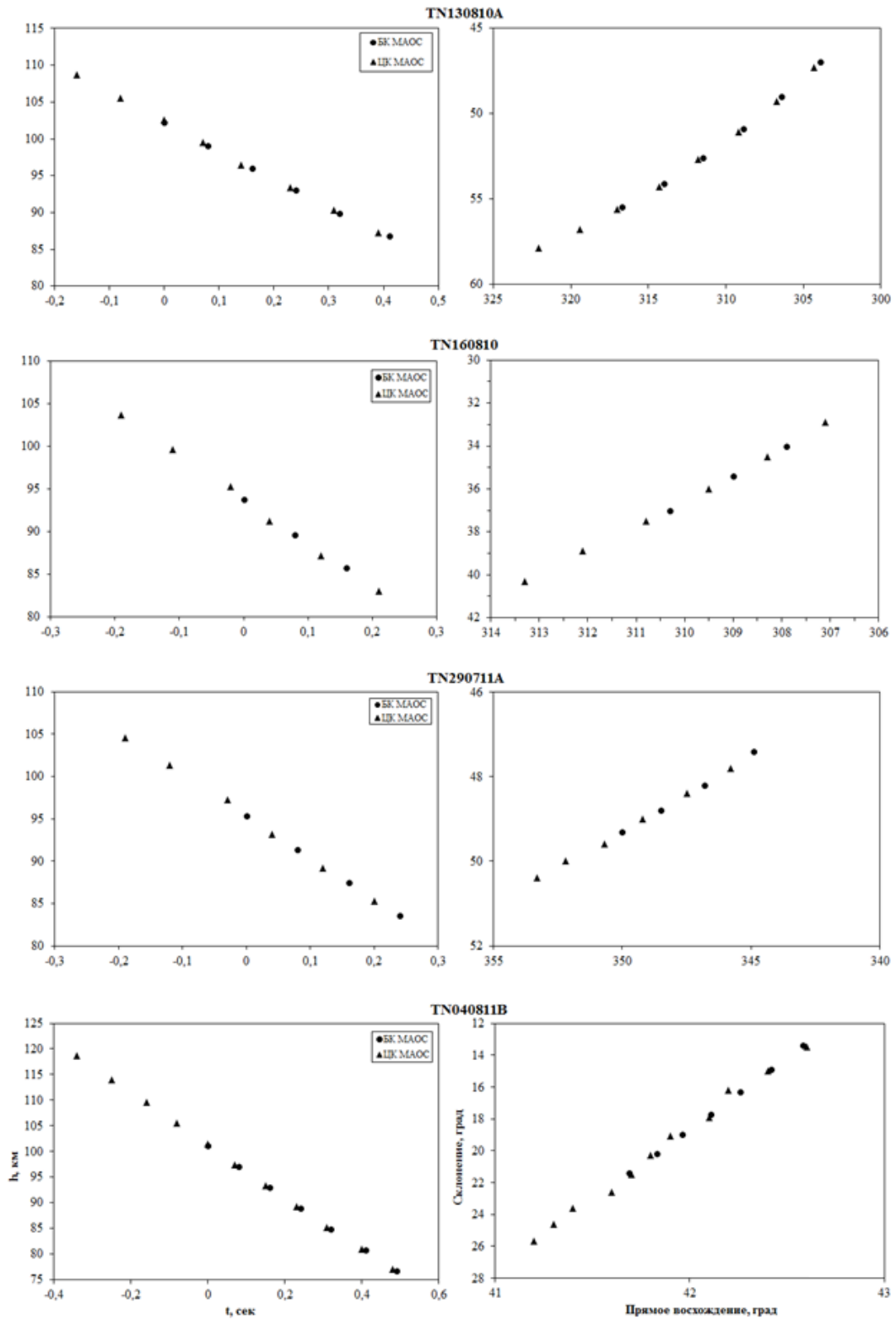


Рис.5. Результаты определения атмосферных траекторий болидов (левая колонка) и геоцентрических траекторий (правая колонка) по негативам болидных камер (БК) и цифровым изображениям (ЦК).

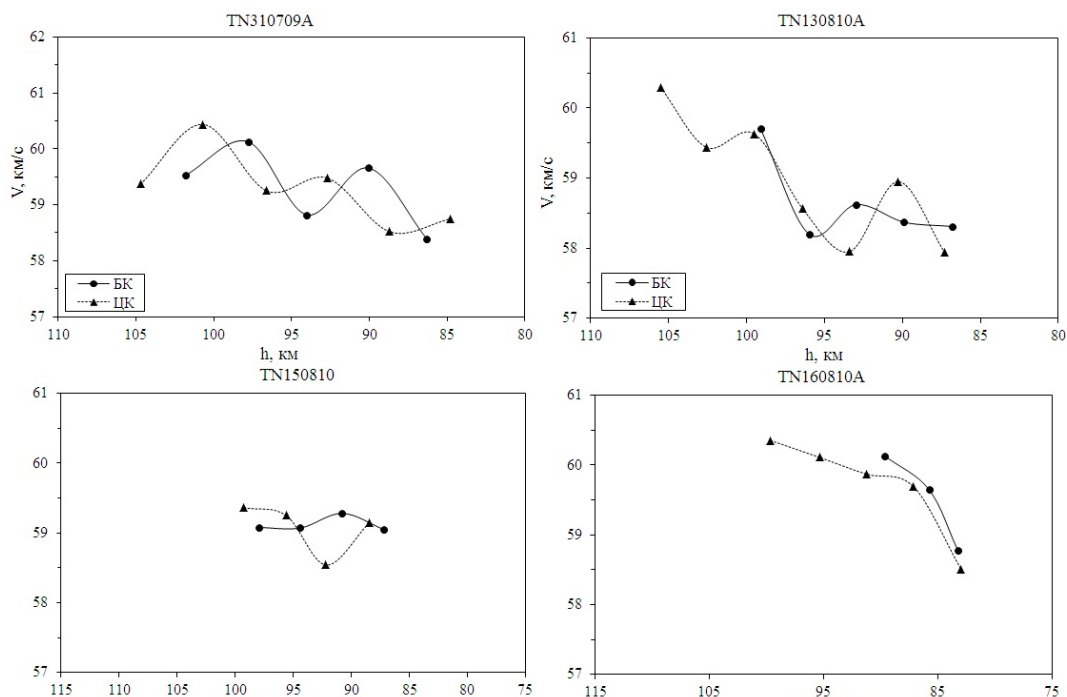
Сравнительный анализ приведенных данных позволяет сделать следующие выводы.

Результаты исследования цифровых снимков болидов доказывают возможность использования такой аппаратуры в наблюдениях болидов, и астрометрическая обработка цифровых изображений обеспечивает хорошую совместимость с данными болидных камер. Атмосферные и геоцентрические траектории, определенные по болидным и цифровым регистрациям болидов, практически совпадают, что говорит о достаточной точности их вычислений.

Возможность определения точного момента пролета болида является одним из преимуществ использования цифровых камер в болидных наблюдениях. Кроме того, вследствие большей чувствительности камеры позволяют регистрировать болид на 10-15 км выше, чем болидные камеры, и, следовательно, значительно обогащают получаемую из наблюдений информацию. Измерительный процесс цифровых изображений существенно легче и быстрее, чем негативов, а использование в астрометрической редукации также и цифровых снимков значительно повышает точность получаемых параметров.

Удовлетворительное совпадение вычисленных значений наблюдаемых скоростей по двум видам регистрации болидов показывает надежность использования нового обтюратора в цифровых наблюдениях.

Таким образом, приведенные результаты исследования цифровых снимков болидов доказывают возможность использования такой аппаратуры в наблюдениях болидов, и астрометрическая редукация цифровых изображений показывает хорошую точность получаемых данных.



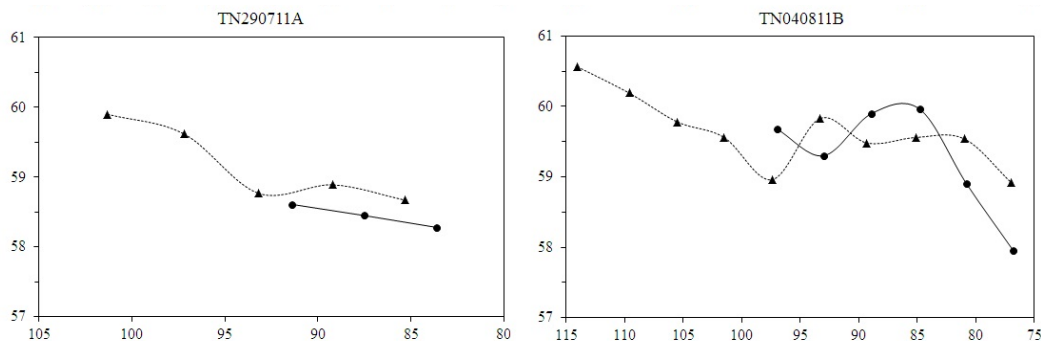


Рис.6. Зависимость наблюдаемой скорости болидов от высоты, полученная по снимкам болидных камер (БК) и цифровых камер (ЦК).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаджанов П.Б., Кохилова Г.И. Фотографические наблюдения болидов в Таджикистане. – ДАН РТ, 2007, т. 50, № 1, с. 27-36.
2. Babadzhanov P.B., Kokhirova G.I., Borovicka J, Spurny P. Photographic observations of fireballs in Tajikistan. – Solar System Res, 2009, v. 43, No. 4, pp. 353-363.

Г.И.ҚОҶИРОВА, У.Х.ҲАМРОЕВ, М.Н.ЛАТИПОВ

ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ МУАЙЯННАМОИИ ТРАЕКТОРИЯҲО ВА СУРЪАТҲОИ БОЛИДҲО, КИ БО КАМЕРАҲОИ БОЛИДӢ ВА РАҚАМӢ АКСБАРДОРӢ ШУДААНД

Институту астрофизикаи Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар давоми солҳои 2007-2011 бо ёрии шабакаи болидии Тоҷикистон мушоҳидаҳои фотографии фаъолнокии сели метеории Персеидҳо гузаронида шуданд. Дар натиҷаи коркарди астрометрии маводҳои гирифташуда траекторияҳои атмосферӣ, суръатҳо ва мадорҳои 29 метеороиди Персеид муайян шудаанд. Қисме аз онҳо якбора бо камераҳои болидӣ ва рақамӣ ба қайд гирифта шуда, ки аксҳои онҳо дар алоҳидаги коркард карда шудаанд. Дар мақолаи мазкур таҳлили муқоисавии натиҷаҳои муайян кардани хусусиятҳои динамикии метеороидҳои бо камераҳои гуногун аксбардори шуда оварда шудааст. Саҳеҳии қаноатбахши муайяннамоии хусусиятҳо бовариноки ва бартарии истифодаи камераҳои рақамӣ дар мушоҳидаҳои болидӣ нишон медиҳад.

Калимаҳои калидӣ: сели метеорӣ, болид, траекторияи атмосферӣ, баландӣ, траекторияи офтобмарказӣ.

G.I.KOKHIROVA, U.Kh.KHAMROEV, M.N.LATIPOV

**COMPARISON OF DETERMINATION OF THE TRAJECTORIES AND
VELOCITIES OF FIREBALLS PHOTOGRAPHED BY THE FIREBALL AND
DIGITAL CAMERAS**

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

Photographic observations of the Perseids meteor shower activity during its maximum were carried out by the Tajikistan fireball network in 2007-2011. As a result of the astrometric reduction of obtained observational data the atmospheric trajectories, velocities and orbits of 29 Perseid meteoroids were determined. Part of them was detected by both the fireball and digital cameras, and the independent reduction was performed for them. A comparison analysis of the results of determination of the dynamical properties of meteoroids photographed by different techniques is presented here. A sufficient precision of the data determination has proved reliability and advances of the digital cameras usage in fireball observations.

Key words: meteor shower, fireball, atmospheric trajectory, height, geocentric trajectory.

УДК 621.315

А.А.АДХАМОВ

**К ВОПРОСУ О ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ
В ПЬЕЗОПОЛУПРОВОДНИКАХ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Физико-технический институт Академии наук Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 16.04.2019 г.

Исследован процесс вынужденного рассеяния двухчастотной лазерной накачки в полупроводниковых соединениях, обладающих пьезоэффектом при низких температурах. Обнаружен эффект оптической генерации звука двухчастотной лазерной накачкой в пьезополупроводнике с отражающей задней поверхностью при протекании тока навстречу накачке и поперек магнитного поля, при низких температурах.

Ключевые слова: пьезополупроводник, оптическая генерация звука, лазерная накачка.

При решении ряда задач и исследовании процессов, происходящих в твердых телах при облучении их достаточно мощным когерентным излучением при низких температурах, было обнаружено, что в конечные формулы, являющиеся результатом исследований, входит величина, которую, исходя из размерности, можно назвать плотностью потока внутренней энергии в твердых телах (ППВЭ). Целью данной работы является стремление подчеркнуть тот факт, что эта величина имеет глубокий физический смысл. Приведем выражение для величины ППВЭ для случая пьезополупроводника:

$$I_T = \frac{\rho s^2 c}{2\pi a^2} \varepsilon_\infty^{3/2}, \quad (1)$$

где ρ - плотность кристалла, s - скорость звука в нем, c - скорость света в вакууме, ε_∞ - диэлектрическая проницаемость на высокой частоте, a - коэффициент электрострикции. Заметим, что если в формулу (1) подставить типичные значения параметров кристаллов, тогда получается

Адрес для корреспонденции: Адхамов Акбар Акобирович, 734065, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/1. Физико-технический институт АН РТ.

$$I_T = 10^{22} \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} = 10^{15} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2}.$$

А это достаточно большая величина. Заметим, что в задачах, связанных с чистой плазмой, также появляется такая же величина:

$$I_T = N_c \cdot T_e \cdot c \quad (2)$$

где N_c - критическая плотность плазмы, T_e – температура электронов, c – скорость света в вакууме. Ниже будет очень коротко изложена методика исследований, приводящая к величине (1). Но, прежде всего, укажем, почему важно заниматься процессами взаимодействия световых пучков в твердых телах. Дело в том, что дрейфовая скорость носителей тока в полупроводниках порядка 10^5 см/сек, а это является принципиальным ограничением увеличения быстродействия полупроводниковых приборов, являющихся основной элементной базой любого компьютера. Однако если вместо электронов использовать пучки света, а, как известно, скорость света – 10^{10} см/сек, тогда можно создавать компьютеры, совершающие в 10^5 раз больше операций в секунду. Однако на пути данной идеи стоит проблема – научиться эффективно управлять световыми пучками в кристаллах с целью создания «оптического аналога транзистора». Этим и объясняется актуальность исследований в данном направлении.

Для теоретического исследования процессов, происходящих в пьезополупроводниковых соединениях в полях сильного электромагнитного излучения, помещенных в магнитное поле и при пропускании через полупроводник тока, следует стартовать со следующей системы уравнений, в которых решетка рассматривается как упругая среда, а электроны образуют жидкость, описываемую уравнениями гидродинамики:

$$\begin{aligned} T_{ij} &= \lambda_{ijkl} \frac{\partial u_k}{\partial x_\ell} - \beta_{kij} E_k + a_{ijkl} E_k E_\ell + \eta_{ijkl} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_\ell} \right) \\ D_i &= \varepsilon_{ij} E_j + \beta_{ijk} \frac{\partial u_j}{\partial x_k} - a_{ijkl} E_j \frac{\partial u_k}{\partial x_\ell} \\ e \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} &= \frac{\partial}{\partial x_i} T_{ij} \\ \frac{\partial \vec{v}_e}{\partial t} + (\vec{v}_e \vec{\nabla}) \vec{v}_e &= \frac{e}{m^*} \vec{E} + \frac{e}{mc} [\vec{v}_e \vec{B}] - \frac{T_e}{m^* n_e} \vec{\nabla} n_e - \nu \vec{v}_e \\ \frac{\partial n_e}{\partial t} + \text{div}(n_e \vec{v}_e) &= 0 \\ \text{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{rot}\vec{B} = \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \frac{4\pi e}{c} n_e \vec{v}_e$$

$$\text{div}\vec{D} = 4\pi e_{ct}$$

$$\text{div}\vec{B} = 0,$$

где T_{ij} - компонента тензора напряжений, u_k - компонента вектора упругой деформации, E_k - компонента вектора напряженности электрического поля, \vec{D} - вектор электрической индукции, λ_{ijkl} - тензор модулей упругости, β_{kij} - пьезоэлектрические постоянные (пьезоэлектрический тензор третьего ранга), ε_{ij} - тензор диэлектрической проницаемости, a_{ijkl} - коэффициенты электрострикции, описывающие изменения в элементах диэлектрического тензора ε_{ij} из-за тензора деформации $\frac{\partial u_k}{\partial x_l}$, η_{ijkl} - тензор 4-го ранга - тензор вязкости, \vec{v}_e , n_e , T_e - соответственно, скорость, концентрация и температура электронов, e , m^* - заряд и эффективная масса электронов, e_{ct} - объемная плотность зарядов, посторонних по отношению к веществу диэлектрика, в который они введены.

Важно отметить, что зонная структура полупроводника учитывается только лишь заменой массы свободного электрона на эффективную массу m^* . Такое приближение справедливо, если все частоты малы по сравнению с шириной запрещенной зоны ($\omega_0 < E_0$). Отметим также, что в приближении времени релаксации по импульсу, сила трения частиц при их движении сквозь решетку может быть записана в виде $\vec{F}_{Tp} = -\nu m \vec{v}_e$, где ν - средняя частота столкновений частиц плазмы (электронов) с решеткой, при которых теряется средний по ансамблю частиц дрейфовый импульс $m \vec{v}_e$. Следует подчеркнуть, что для чистой плазмы, находящейся в высокочастотном поле, основой является система:

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \text{div}(N\vec{v}^1) &= 0 \\ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V}\vec{\nabla})\vec{V} &= -\frac{zm}{2m_i} \vec{\nabla} \langle v^2 \rangle - \frac{T}{m_i} \vec{\nabla} \ln N - \nu \vec{V} \\ \text{rotrot}\vec{v} + \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 \vec{v}}{\partial t^2} + \frac{4\pi e^2 N \vec{v}}{mc^2} &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Будем считать, что электрическое и магнитное поля, а также концентрация и скорость электронов наряду с медленной зависимостью от времени, содержат также и быструю зависимость. Это приводит к упрощению уравнений (3). Рассматриваются плоские электромагнитные волны: $E = \frac{1}{2} E e^{-i\omega t + i\vec{k}\vec{r}} + k.c.$ В пренебрежении перерассеянием света

на нерезонансных общих плазменных волнах, получаем следующую систему укороченных уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{\partial E_{01}}{\partial y} &= + \frac{\Omega a^* w_0 u_0}{4sc\sqrt{\varepsilon_\infty} \cos Q_0} \cdot E_1 = +u_0^1 E_1 \\ \frac{\partial E_{02}}{\partial y} &= \frac{\Omega a^* w_0 u_0}{4\sqrt{\varepsilon_\infty} \cos Q_0} E_2 = -u_0^1 E_2 \\ \frac{\partial E_1}{\partial y} &= - \frac{\Omega a^* w_0 u_0}{4sc\sqrt{\varepsilon_\infty} \cos Q_0} \cdot E_{01} = -u_0^{1*} E_{01}\end{aligned}\quad (5)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial E_2}{\partial y} &= \frac{\Omega a^* u_0^* w_0}{4\sqrt{\varepsilon_\infty} \cos Q_0} E_{02} = +u_0^{1*} E_{02} \\ u_0 &= - \frac{a}{2s\ell\gamma_s} (E_{01} E_1^* + E_{02} E_2^*) \\ u_0^1 &= - \frac{\Omega w_0 a a^*}{8s^2 c \sqrt{\varepsilon_\infty} \ell \gamma_s \cos Q_0} (E_{01} E_1^* + E_{02} E_2^*)\end{aligned}$$

где $E_{01,02,1,2}$ – комплексные амплитуды электромагнитных волн, Ω – частота звуковой волны, a – коэффициент электрострикции, u_0 – амплитуда общей звуковой волны, Q_0 – угол между пересекающимися в кристалле лазерными пучками. В системе уравнений (5) учтена зависимость комплексных амплитуд электромагнитных волн только от одной координаты – пространственной, а для изучения абсолютной параметрической неустойчивости необходимо учесть также и временную зависимость комплексных амплитуд. Сделав это, можно получить из системы уравнений (5) опять же в пренебрежении перерассеянием световых волн на плазменных, в линейном приближении два уравнения для комплексных амплитуд рассеянных волн:

$$\begin{aligned}\frac{\partial E_1}{\partial t} + v \frac{\partial E_1}{\partial y} + (\gamma - \tau_1) E_1 &= \alpha E_2 \\ \frac{\partial E_2}{\partial t} - v \frac{\partial E_2}{\partial y} + (\gamma - \tau_2) E_2 &= \beta E_1,\end{aligned}\quad (6)$$

где

$$\begin{aligned}v &= \frac{c \cdot \cos Q_0}{\sqrt{\varepsilon_\infty}}; \tau_1 = vQ|E_{01}|^2; \alpha = vQE_{01}E_{02}^* \\ \gamma &= \frac{w_0}{2\varepsilon_\infty} \varepsilon''; \tau_2 = vQ|E_{02}|^2; \beta = vQE_{01}^* E_{02} = \alpha^*.\end{aligned}\quad (7)$$

Важно подчеркнуть, что при выводе системы уравнений (6) считалось, что имеем дело с сильно затухающим звуком, что воплощается в неравенстве $\frac{\partial X}{\partial t} \ll \gamma_s X$. Такое приближение оправдано, если $\frac{1}{X} \cdot \frac{\partial X}{\partial t} \sim 10^5 \text{ сек}^{-1}$, а $\gamma_s \sim (106 - 107) \text{ сек}^{-1}$. В обратном случае, если $\gamma_s \leq 10^5 \text{ сек}^{-1}$, необходимо оставить в уравнении производную по времени от комплексной амплитуды общей звуковой волны. Расчеты приводят к выражению для инкремента γ^0 абсолютной неустойчивости при спаренном вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) вблизи порога:

$$\gamma^0 = \frac{1}{4} w_0 \frac{\Omega}{\gamma_s} \cdot \frac{I_{\parallel}}{I_T} \left(\frac{I \ell}{I_{\parallel} \ell_n} \sqrt{\frac{\xi}{\xi_{\parallel}} - 1} \right), \quad (8)$$

где $\Omega = 2\kappa_0 s \cdot \sin Q_0$ частота общей звуковой волны, I - плотность потока энергии в одной из двух волн накачки ($I = \frac{c\sqrt{\varepsilon_{\infty}} |E_{02}|^2}{8\pi}$ эрг/сек·см²), I_T - плотность потока внутренней энергии в пьезополупроводнике. Численный расчет указанной выше системы уравнений даёт инкремент абсолютной параметрической неустойчивости далеко от порога:

$$\gamma_{\infty} = \frac{1}{4} w_0 \cdot \frac{\Omega}{\gamma_s} \cdot \frac{(1+\xi)I}{I_T}. \quad (9)$$

Попробуем оценить величину инкремента абсолютной параметрической неустойчивости далеко от порога и найти также величину ППВЭ в твердом теле. Плотность кристалла сульфида кадмия $\ell = 4.62 \text{ г/см}^3$; скорость продольного ультразвука в направлении оси симметрии шестого порядка $S = 4.414 \cdot 10^5 \text{ см/сек}$ [1]; коэффициент электрострикции $a = 2.948$ [2]; скорость света $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек}$; диэлектрическая проницаемость на высокой частоте для температуры $T = 77 \text{ К}$ составляет $\varepsilon_{\infty} = 8.48$ [3]; откуда с помощью формулы (I) находим $I_T = 2.54 \cdot 10^{22} \text{ эрг/сек} \cdot \text{см}^2$, или $I_T = 2.54 \cdot 10^{15} \text{ Вт/см}^2$. Для длины волны лазерного излучения $\lambda = 0.63 \text{ мкм} = 1.63 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ волновое число составляет $\kappa_0 \cong 105 \text{ см}^{-1}$ и для длины кристалла в направлении (010) $\ell = 1 \text{ см}$, находим $(\kappa_0 \ell) = 10^5$. Выберем угол между волнами накачки так, чтобы он составлял 120° , что соответствует $Q_0 = 300$, откуда $\sin Q_0 = 0.5$; частота гиперзвука $\Omega = 2\kappa_0 s \cdot \sin Q_0$, откуда имеем $\Omega = 4.41 \cdot 10^{10} \text{ сек}^{-1}$ и, согласно формуле для необходимой интенсивности волны накачки, получаем $I = 10^{12} \text{ эрг/сек} \cdot \text{см}^2 = 10^5 \text{ Вт/см}^2$. Для указанной выше длины волны лазерного излучения частота будет $w_0 = 3 \cdot 10^{15} \text{ сек}^{-1}$. Затухание ультразвука в сульфиде кадмия $\alpha = 30 \text{ см}^{-1}$ [4], откуда $\Gamma_s = \alpha \cdot s = 1.323 \cdot 10^6 \text{ сек}^{-1}$ и, принимая $\Gamma_s = \gamma_s$, находим инкремент далеко

от порога $\gamma_s = 1.132 \cdot 10^9 \text{ сек}^{-1}$. Отсюда легко видеть, что характерное время развития абсолютной параметрической неустойчивости $t = \frac{1}{\gamma_\infty} = 0,88 \cdot 10^{-9} \text{ сек}$ [5].

Для чистой плазмы (4) аналогичная постановка задачи даёт выражение для коэффициента отражения

$$R \sim \exp\left(\alpha \frac{I}{I_T}\right) \quad I_T = N_c \cdot T_\ell \cdot c \quad N_c = \frac{m\omega_1^2}{4\pi e^2} \quad (10)$$

инкремент спаренного ВРМБ

$$\gamma = \gamma_0 \left(\frac{\ell I}{\ell_n I_n} \sqrt{\frac{\xi}{\xi_n} - 1} \right), \quad (11)$$

где $\gamma_0 = \frac{v^* k_0}{4} \cdot \frac{sk_0}{v} \cdot \frac{N}{N_c - N} \text{tg} Q_0 \cdot \frac{I_n}{I_T}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Блистанов А.А., Бондаренко В.С., Переломова Н.В. и др. Акустические кристаллы. Справочник. – М.: Наука, 1982. - 632 с.
2. Дьяконов А.М., Леманов В.В., Саттикулов М. Вынужденное рассеяние Манделъштама-Бриллюэна в кристаллах сульфида кадмия при усилении акустических фононов. Письма в ЖЭТФ, 1980, т. 31, в. 8, с. 460- 463.
3. Такер Дж., Рэмpton В. Гиперзвук в физике твердого тела. – М.: Мир, 1975, 453 с.
4. Пустовойт В.И. Взаимодействие электронных потоков с упругими волнами решетки. – УФН, 1969, т. 97, в. 2, с. 257-306.
5. Плацман Ф., Вольф П. Волны и взаимодействия в плазме твердого тела. – М.: Атомиздат, 1973. - 348 с.

А.А.АДХАМОВ

ЗИЧИИ ҶАРАЁНИ ЭНЕРГИЯИ ДОХИЛӢ ДАР НИМНОҚИЛҶОИ ПИЕЗОЭЛЕКТРИКӢ ДАР ҲАРОРАТИ ПАСТ

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

Раванди парокандашавии маҷбурии насоси дамкунии лазерии дубасомадӣ дар пайвастагиҳои нимноқил бо таъсири пиезоэлектрикӣ дар ҳарорати паст омӯхта шудааст. Ҳодисаи тавлиди оптикӣ садо тавассути дамкунии лазерии дубасомадӣ дар нимноқили пиезоэлектрикӣ бо сатҳи қафоӣ инъикоскунанда ҳангоми муқобил будани самти ҷараён ба самти дамкунӣ ва дар самти арзии майдони магнитӣ дар ҳарорати паст ошкор карда шуд.

Калимаҳон калидӣ: нимноқили пиезоэлектрикӣ, тавлиди оптикии садо, дамкунии лазерӣ.

A.A.ADHAMOV

THE DENSITY OF THE FLOW OF INTERNAL ENERGY IN PIEZOELECTRIC SEMICONDUCTORS AT LOW TEMPERATURES

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

The process of stimulated scattering of two-frequency laser pumping in semiconductor compounds with a piezoelectric effect at low temperatures is studied. The effect of optical sound generation by two-frequency laser pumping in a piezoelectric semiconductor with a reflecting back surface was revealed when current flows towards the pump and across the magnetic field at low temperatures.

Key words: piezoelectric, semiconductor, optical sound generation, laser pumping.

УДК 691.6

З.В.КОБУЛИЕВ, Ш.А.ЗАРИПОВ, ДЖ.А.ЗАРИПОВ*

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ АРМАТУР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
ТЕМПЕРАТУРАХ**

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии

АН Республики Таджикистан,

**Таджикский технический университет им. акад. М.С.Осими*

Поступила в редакцию 16.05.2019 г.

В данной статье представлены результаты исследований параметров теплоизоляции и процессов при разных температурах, а также процесс восстановления арматуры для разных температур. По результатам исследовательских экспериментов оценен нагрев композитной арматуры в интервале температур 298-380 К.

Ключевые слова: композитные арматуры, температура, теплопроводность.

Для проведения исследования нами использованы композитные арматуры “Rockbar”, состав которых был разработан фирмой “Гален” (табл. 1 и 2) [1].

В результате использования экспериментальных установок, представленных на рис. 1, 2, измерена теплопроводность теплового расширения исследуемых композитных арматур в интервале температур 298-380 К [2].

На установке ИТС_р-400 использовали образцы следующих размеров: диаметр цилиндра $d=15$ мм и высота $h=10$ мм, а для ИТЛ-400 - $d=15$ мм и $h=3$ мм. [4, 5].

Результаты измерений теплопроводности теплового расширения исследуемых композитных арматур в зависимости от температуры приведены на рис. 1 и 2, и в табл. 1 и 2, согласно которым вышеуказанные величины уменьшаются в зависимости от температуры [5].

Адрес для корреспонденции: Кобулиев Зайналобудин Валиевич, Зарипов Шерали Абдукодирович. 734025, Республика Таджикистан г. Душанбе, ул. Айни 14а, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ. E-mail: kobuliev.zainalobuddin@mail.ru, zaripov.sherali@mail.ru

Таблица 1

Теплопроводность образца композитных арматур из углепластика
в зависимости от температуры

Т,К	298	310	320	330	340	350	360	370	380
λ ,Вт/(м·К)	460	454	432	425	414	403	390	370	354

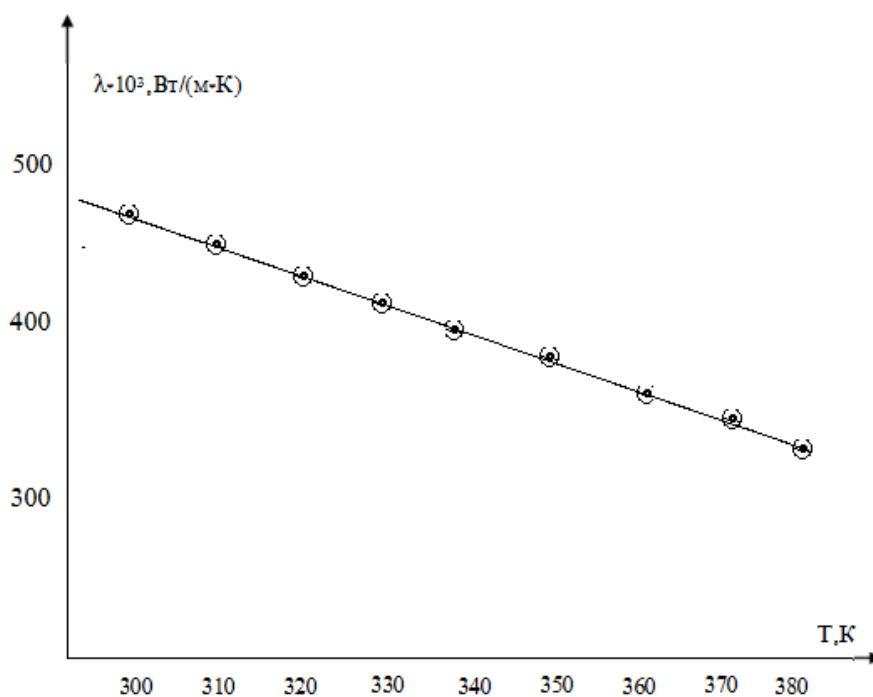


Рис. 1. Зависимость теплопроводности композитных арматур «Rosbar» из углепластика от температуры.

Из анализа результатов, представленных на рис.1, следует, что с ростом температуры теплопроводность уменьшается. Согласно этим же данным можно заключить, что теплопроводность композитных арматур зависит от углепластика в образцах.

Результаты измерений теплопроводности композитных арматур в зависимости от температуры приведены в табл. 1. Как видно из таблицы 1, вышеуказанные величины уменьшаются в зависимости от температуры.

Таблица 2

Теплопроводность образца композитных арматур
«из углеродистой стали AV» в зависимости от температуры

Т,К	298	310	320	330	340	350	360	370	380
λ ,Вт/(м·К)	56	53.6	52.7	51.7	50.9	50.0	48.0	47.0	46.0

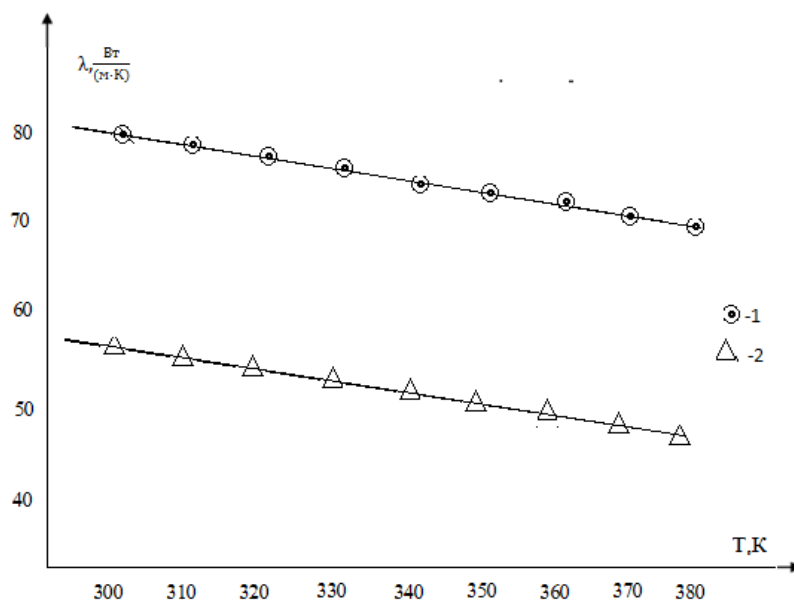


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности композитных арматур из углеродистой стали от температуры: 1 – данные справочника В.Е. Зиновьева, 2 – наши данные.

Как видно из табл. 1 и 2 и рис. 1 и 2 теплопроводность исследуемых образцов системы композитных арматур с повышением температуры уменьшается по линейному закону.

Согласно этим данным установлено, что теплопроводность композитных арматур зависит от основы приготовленных композиционных арматур, то есть каркаса композитов [6,7].

Результаты численных расчетов и сравнение отношения теплопроводности исследуемых образцов представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Для обобщения экспериментальных данных по теплофизическим свойствам теплопроводности при различных температурах воспользуемся соотношениями типа [8]:

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности исследуемых объектов в зависимости от температуры; λ' – соответственно, теплопроводность при $T_1=293$ К.

Таблица 3

Зависимость отношения теплопроводности λ_2/λ_1 от температуры исследуемых образцов

Т, К	298	310	320	330	340	350	360	370	380
λ_2/λ_1	8.21	8.47	8.19	8.22	8.13	8.06	8.13	7.87	7.69

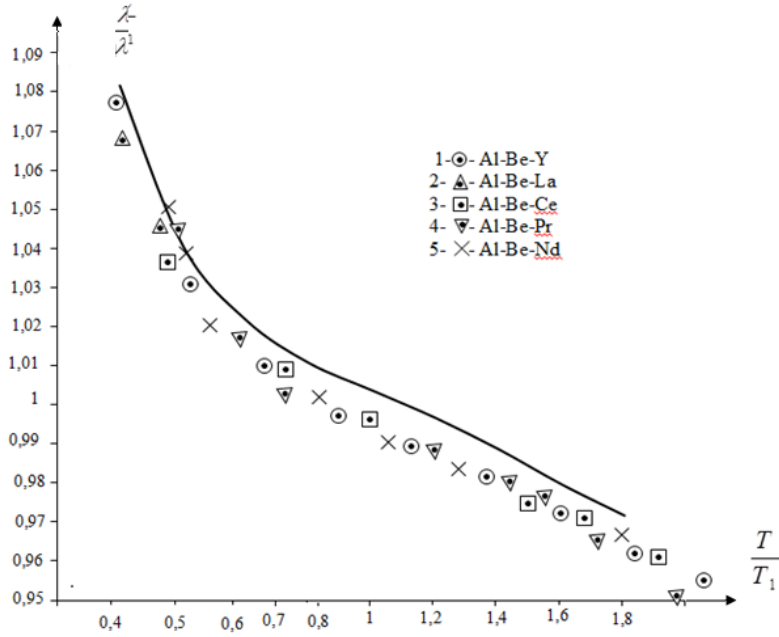


Рис. 3. Зависимость относительной теплопроводности $\frac{\lambda}{\lambda_1}$ от относительной температуры $\left(\frac{T}{T_1}\right)$ для исследуемых композитов.

Выполнимость (1) показана на рисунке 3. Линии, изображенные на рис. 3, описываются уравнениями:

$$\lambda = \left[3.15 \cdot 10^{-2} \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 0.109 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1.061 \right] \cdot \lambda_1 . \quad (2)$$

Анализ значений λ' показал, что они являются функциями концентрации компонентов, которые имеют вид следующих эмпирических уравнений:

$$\lambda_1 = \left[1.41 \cdot 10^{-2} \left(\frac{n}{n_1} \right)^2 - 4.55 \cdot 10^{-2} \left(\frac{n}{n_1} \right) + 1.019 \right] \cdot \lambda_1^* \quad (3)$$

$$\lambda_1^* = 3.93 \cdot 10^{-3} A^2 - 0.87 \cdot 10^{-7} A + 9.62 \cdot 10^{-5} , \text{ Вт/(м·К)}. \quad (4)$$

Уравнения (2) и (3) с учетом выражений (4) принимают вид:

$$\lambda = \left[3.15 \cdot 10^{-2} \left(\frac{T}{T_1} \right)^2 - 0.109 \left(\frac{T}{T_1} \right) + 1.061 \right] \left[1.41 \cdot 10^{-2} \left(\frac{n}{n_1} \right)^2 - 4.55 \cdot 10^{-2} \left(\frac{n}{n_1} \right) + 1.019 \right] \times \\ \times (3.93 \cdot 10^{-3} A^2 - 0.87 \cdot 10^{-7} A + 9.62 \cdot 10^{-5}) , \text{ Вт/(м·К)}. \quad (5)$$

Проведенные оценки показывают, что уравнение (3) с учетом (5) позволяет с доверительной вероятностью 95% определять теплопроводность образцов с погрешностью менее 4.8%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафаров А.М. Диаграммы состояния и физико-химические свойства сплавов системы Al-Be-Y(La, Ce): Дисс... к.т.н. – Душанбе, 1997, 105 с.
2. Степанова В.Ф., Степанов А.Ю. Арматура композитная полимерная. 2013 101 с.
3. Ганиев И.Н., Сафаров А.М., Самиев К.А. Некоторые квазибинарные разрезы и поверхность ликвидуса систем Al-Be-Y (La, Ce) в области 0...3303 ат, % РЗМ. – Мат. 1-ой Междунар. науч-практ. конф. «Перспективы развития науки и образования в XXI веке». – Душанбе, 2005, 95 с.
4. Буравой С.Е., Платунов Е.С. Курепин В.В. Перспективы исследования теплофизических свойств методами монотонного режима. – Мат-лы 5 Междунар. теплофизической школы. 20-24 сентября 2004. ч. 1. – Тамбов: Изд. ТГТУ, 66-74 с.
5. Платунов Е.С., Буравой С.Е. Курепин В.В., Петров Г.С. Теплофизические измерения и приборы. Под общ. ред. Платунова Е.С. – Л.: Машиностроение, 1986, 256 с.
6. Зиновьев В.Е., Коршунов И.Г. Теплопроводность и температуропроводность переходных металлов при высоких температурах. Обзор по теплофизическим свойствам веществ, ч.1: Обзор экспериментальных данных. – М.: ИВТАН СССР, 1978, №4, 121 с.; ч. 11: Особенности механизмов рассеяния электронов и фононов. - М.: ИВТ АН СССР, 1979, № 4, 119 с.
7. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. – Л., 1974, 264 с.
8. Фролов Н.П. Технология стеклопластиковой арматуры. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1980, 104 с.

З.В.КОБУЛИЕВ, Ш.А.ЗАРИПОВ, Ҷ.А.ЗАРИПОВ*

ГАРМИГУЗАРОНИИ АРМАТУРАИ КОМПОЗИТӢ БАРОИ ҲАРОРАТҲОИ ГУНОГУН

*Институти масъалаҳои об, гидроэнергетика ва экологияи
Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон,
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад.М.С.Осимӣ

Дар мавзӯи додашуда гармигузаронии арматураи композитии дар хароратҳои гуногун натиҷаҳои тадқиқотии параметрҳои гармофизикӣ ва равандҳои нишон дода шудааст ва инчунин раванди арматураи композитии барои хароратҳои гуногун оварда шудааст. Натиҷаи таҷрибаҳои тадқиқотӣ гармигузаронии арматураи композитии дар интервали хароратҳои 298-380 К ҳисоб карда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: арматураи композитӣ, харорат, гармигунҷоиш.

Z.V.KOBULIEV, SH.A. ZARIPOV, J.A.ZARIPOV*

THERMAL CONDUCTIVITY OF COMPOSITE FITTINGS FOR DIFFERENT TEMPERATURES

*Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology,
Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan,
Tajik Technical University named after M.S.Osimi

This paper presents the results of studies of the parameters of thermal insulation and processes at different temperatures, as well as the process of rebuilding reinforcement for different temperatures. According to the results of research experiments, the heating of composite reinforcement in the temperature range of 298-380 K was estimated.

Key words: composite reinforcement, temperature, thermal conductivity.

УДК 546.31(575.3)

У.М.МИРСАИДОВ, Д.Х.МИРЗОЕВ, Ш.Д.ОТАЕВ, Ш.О.АЪЗАМОВ, Н.М.ДЖАМОЛОВ

**ИЗВЛЕЧЕНИЕ ГЛИНОЗЁМА ИЗ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ РУД
ТАДЖИКИСТАНА СОЛЯНОКИСЛОТНЫМ РАЗЛОЖЕНИЕМ**

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

Поступила в редакцию 18.04.2019 г.

В работе приводятся результаты получения глинозёма и оксида железа из алюмосиликатных руд месторождений Таджикистана. Показано, что при обработке исходных алюмосиликатных руд – нефелиновых сиенитов, каолиновых глин, аргиллитов различных месторождений степень извлечения глинозёма составляет не более 50%. Извлечение оксида железа колеблется от 22.5 до 93.0%. Для обожженных алюмосиликатных руд степень извлечения Al_2O_3 составляет от 22 до 97%, для Fe_2O_3 от 48 до 99%.

Ключевые слова: глинозём, оксид железа, алюмосиликатная руда, нефелиновые сиениты, каолиновые глины, аргиллиты, соляная кислота.

Производство глинозёма в основном базируется на бокситах, где содержание Al_2O_3 достигает до 50%. Однако растущая потребность производства алюминия и его солей, используемых в различных областях химии и металлургии, вызывает необходимость использования других видов алюминийсодержащего сырья. К таким видам сырья относятся: нефелиновые сиениты, каолиновые глины, алуниты, аргиллиты и др., запасы которых имеются в Таджикистане в достаточно больших количествах и месторождения их повсеместно распространены.

Эти виды сырья, несмотря на пониженное содержание глинозёма, содержат в своём составе помимо алюминия другие полезные компоненты: железо, калий, натрий и т.д. Поэтому комплексная переработка этих руд на глинозём и другие полезные компоненты является актуальной задачей.

Х.С.Сафиевым и сотр. [1-3] подробно изучена кислотная переработка нефелиновых сиенитов. В [4, 5] изучена переработка каолиновых глин, аргиллитов различными минеральными кислотами.

Адрес для корреспонденции: Мирзоев Давлатмурод Хайруллоевич. 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Айни, 299/2, Институт химии АН РТ. E-mail: davlatmurod.mirzoev.71@mail.ru

В настоящей работе рассматривается разложение алюмосиликатных руд (исходных и обожжённых) соляной кислотой при оптимальных условиях: концентрация кислоты 20%; температура 95-98°C; продолжительность процесса 60 мин; размер частиц 0.1 мм.

Для исследования были выбраны алюмосиликатные руды – нефелиновые сиениты месторождения Турпи, каолиновые глины месторождения Зидды, Чашма -Санг и аргиллиты Зидды и Чашма-Санг.

В табл.1 приводится химический состав алюмосиликатных руд месторождений Таджикистана. Как видно из табл.1, содержание глинозёма в сырье составляет от 20 до 31.6%. Содержание оксида железа колеблется от 0.7 до 12.0%. Нефелиновые сиениты содержат наибольшее количество калия и в последствии могут быть использованы для получения калийных удобрений.

Таблица 1

Химический состав алюмосиликатных руд (основные компоненты), в %

№	Алюмосиликатные руды	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MgO
1	Нефелиновые сиениты (м.Турпи)	53.0	22.3	6.4	-	6.5	6.6	2.5	-	-
2	Каолиновые глины (м.Зидды)	63.2	23.2	0.7	0.54	0.1	2.8	0.7	-	-
3	Сиаллиты:									
3.1	(м.Миёнаду)	55.9	20.1	6.0	1.72	0.2	1.7	0.6	0.95	0.8
3.2	(м.Акбогахт)	48.8	26.8	9.5	0.4	0.3	2.0	0.4	1.23	0.24
3.3	(м.Восточные Зидды)	39.8	30.5	13.9	0.29	0.3	0.4	0.6	1.17	0.2
4	Аргиллиты (м.Зидды)	60.0	19.75	4.99	-	0.1	1.2	1.0	0.6	1.0
5	Аргиллиты (м.Чашма-Санг)	42.86	31.6	8.74	-	0.1	2.95	1.0	0.6	1.0
6	Каолиновые глины (м.Чашма-Санг)	50	24.84	10,98	-	0.3	2.65	1.0	1.8	1.1
7	Каолиновые зелёные глины (м.Чашма-Санг)	51.3	20.38	11,97	-	1.0	2.45	0.5	1.8	1.0

Примечание: м – месторождение

Предварительно были изучены характеристики алюмосиликатных руд и было установлено, что основными рудообразующими минералами в указанных рудах являются: нефелин, альбит, ортоклаз, микроклин, биотит, анорит, кальцит, каолинит и кремнезём (более 50%).

Результаты разложения алюмосиликатных руд соляной кислотой представлены в табл. 2, на рис.1 (исходные алюмосиликатные руды без предварительного обжига) и на рис. 2 (с предварительным обжигом при 900°C). Как видно из рис.1, при обработке алюмосиликатных руд 20% соляной кислотой при температуре 95-98°C извлечение полезных

компонентов незначительно и не превышает 50%. При составлении диаграмм (рис.1 и 2) использовали также данные работы [1, 2].

Таблица 2

Степени извлечения глинозёма и оксида железа из алюмосиликатных руд соляной кислотой

№	Алюмосиликатная руда	Исходная руда, % извлечения		Разложение после обжига, % извлечения	
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
1	Нефелиновые сиениты (м.Турпи)	48.7	93.0	96.8	99.0
2	Каолиновые глины (м.Зидды)	10.7	25.1	60.7	47.9
3	Сиаллиты:				
3.1	(м.Миёнаду)	14.3	82.8	-	-
3.2	(м.Восточные Зидды)	5.2	98.9	84.1	95.0
4	Аргиллиты (м.Чашма-Санг)	20	30	96.0	55.0
5	Аргиллиты (м.Зидды)	18	28	51.0	87.0
6	Зелёные каолиновые глины (м.Зидды)	15	25	30-	45-
7	Каолиновые глины (м.Чашма-Санг)	12	20	22	40

Примечание: м – месторождение

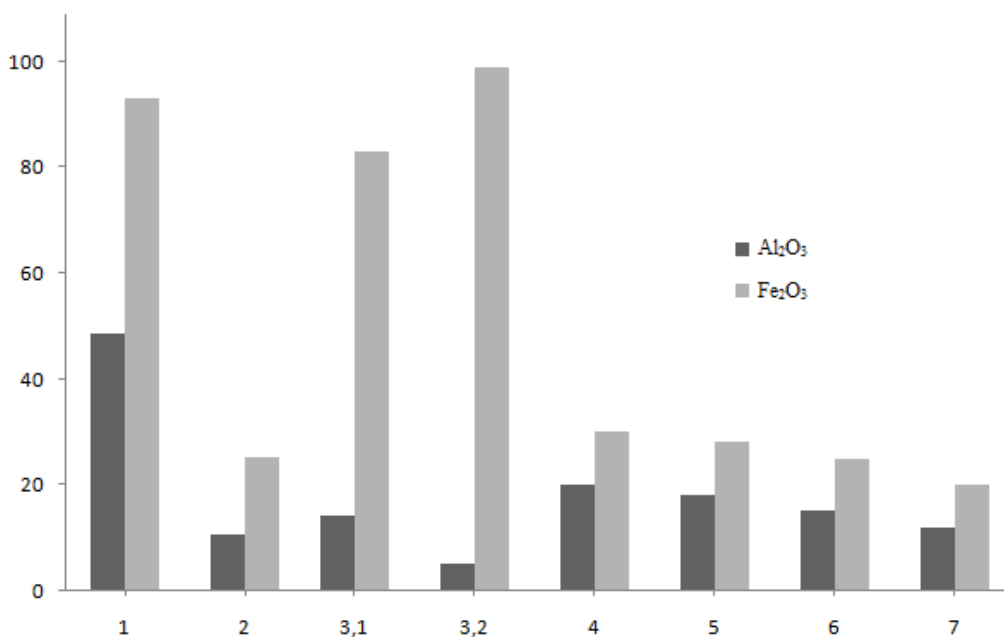


Рис. 1. Исходные алюмосиликатные руды без предварительного обжига.

1. Нефелиновые сиениты (м.Турпи), 2. Каолиновые глины (м.Зидды), 3. Сиаллиты: 3.1. (м.Миёнаду), 3.2. (м.Восточные Зидды), 4. Аргиллиты (м.Чашма-Санг), 5. Аргиллиты (м.Зидды), 6. Зелёные каолиновые глины (м.Зидды), 7. Каолиновые глины (м.Чашма-Санг).

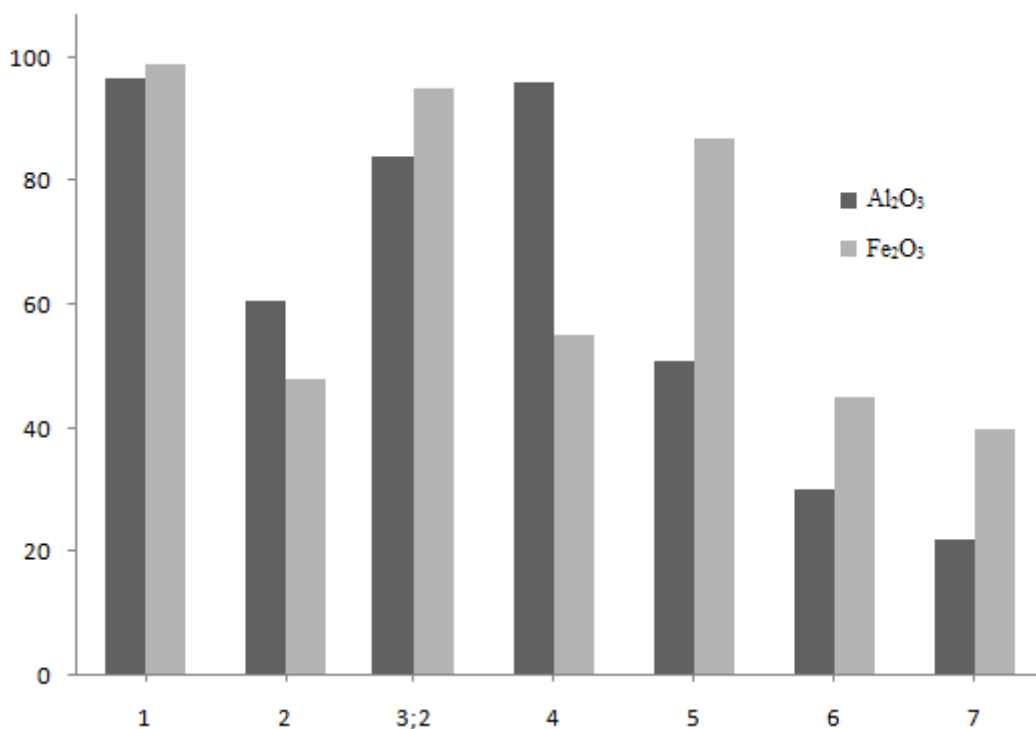


Рис. 2. С предварительным обжигом.

1. Нефелиновые сиениты (м. Турпи), 2. Каолиновые глины (м. Зидды), 3. Сиаллиты: 3.1. (м. Миёнаду), 3.2. (м. Восточные Зидды), 4. Аргиллиты (м. Чашма-Санг), 5. Аргиллиты (м. Зидды), 6. Зелёные каолиновые глины (м. Зидды), 7. Каолиновые глины (м. Чашма-Санг).

Одновременное выделение хлоридов алюминия и железа при обработке алюмосиликатных руд соляной кислотой имеет преимущество при использовании смеси этих хлоридов, как смешанных коагулянтов для очистки вод. Использование смешанного коагулянта существенно снижает риск передозировки солей железа, что приводит к значительному снижению остаточного содержания железа в очищенной воде.

В работах [6, 7] показаны способы получения смешанных коагулянтов на основе хлоридов железа и алюминия и показана эффективность этих коагулянтов для очистки вод.

На основе проведённых исследований представлена обобщённая технологическая схема переработки алюмосиликатных руд соляной кислотой (рис.3).

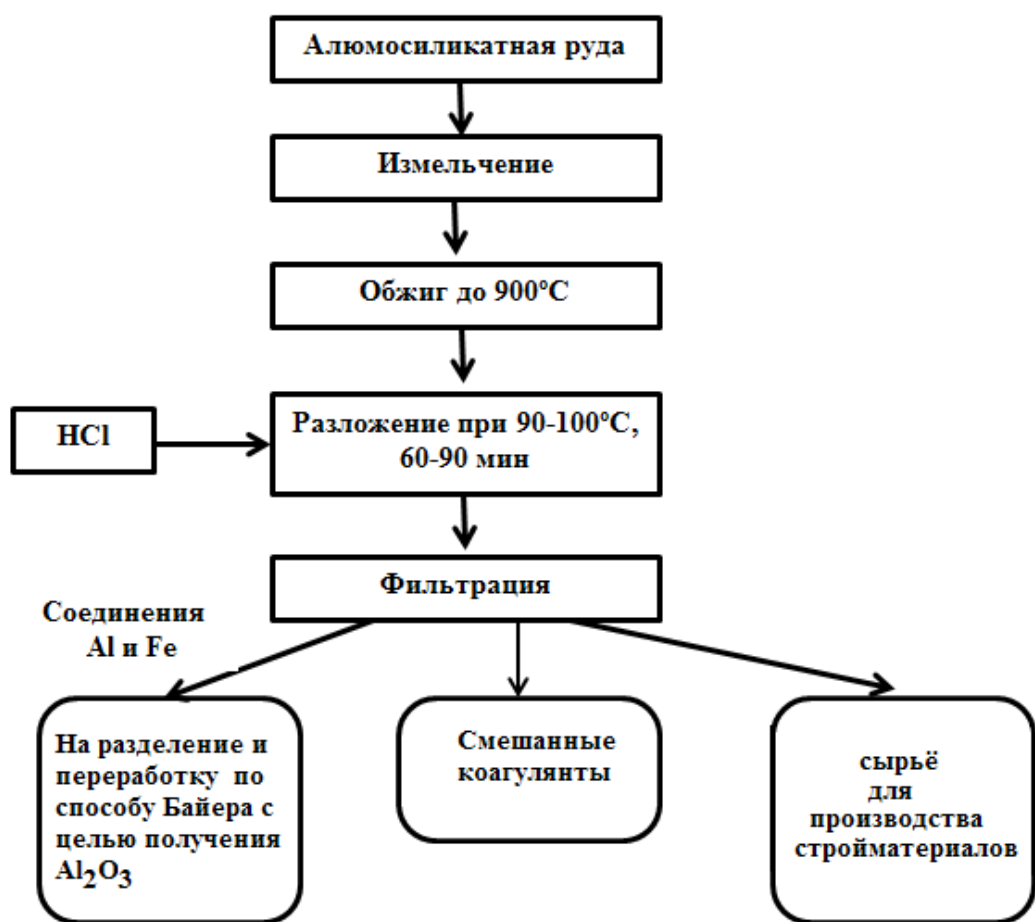


Рис.3. Принципиальная технологическая схема переработки алюмосиликатных руд соляной кислотой.

Таким образом, переработка алюмосиликатных руд соляной кислотой показывает необходимость обжига руды и обработку 20% соляной кислотой при температуре до 100°C с получением глинозёма и других полезных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафиев Х., Мирзоев Б., Рахимов К, Мирсаидов У. Солянокислотное разложение нефелиновых сиенитов. – Изв. АН РТ. Отд. физ.-мат., хим., геол. и техн. Н., 1995, №3, с.66-68.
2. Мирсаидов У.М., Сафиев Х.С. Комплексная переработка низкокачественного алюминийсодержащего сырья. – Душанбе: Дониш, 1998, 238 с.
3. Сафиев Х.С., Мирзоев Б., Запольский А.К., Мирсаидов У.М. Кинетика хлорирования нефелиновых сиенитов месторождения Турпи ТаджССР. – ДАН РТ, 1989, т.32, №8, с.536-540.
4. Мирсаидов У.М., Мирзоев Д.Х., Бобоев Х.Э. Комплексная переработка аргиллитов и каолиновых глин Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 2016, 92 с.
5. Мирсаидов У.М., Маматов Э.Д. Комплексная переработка бор- и алюмосиликатных руд Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 2013, 116 с.

6. Мирсаидов У.М., СафиевХ.С. Коагулянты для очистки воды из сырьевых материалов Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 2003, 40 с.
7. Мирзоев Д.Х., БобоевХ.Э., Расулов Д.Д. Получение коагулянтов из каолиновых глин месторождения Чашма-Санг Таджикистана. – ДАН РТ, 2005, т.48, №9-10, с.39-42.

У.М.МИРСАИДОВ, Д.Х.МИРЗОЕВ, Ш.Д.ОТАЕВ, Ш.О.АЪЗАМОВ,
Н.М.ЌАМОЛОВ

БА ДАСТ ОВАРДАНИ ХОКАИ АЛЮМИНИЙ АЗ ЧИНСҲОИ АЛЮМОСИЛИКАТИ ТОҶИКИСТОН ТАҶЗИЯИ ОНҲО БО КИСЛОТАИ ХЛОРИД

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

Дар қор натиҷаи ба даст овардани хокаи алюминий ва оксиди оҳан аз чинсҳои алюмосиликати қонӣ Тоҷикистон нишон дода шудааст.

Дида мешавад, ки дар вақти коркард қардани чинси алюмосиликати ғудохта нашуда ба монанди нефелинҳои сиенитӣ, гилхокҳои каолини, аргиллитҳои қонҳои ғуногун дараҷаи ҷудошавии хокаи алюминий на зиёда аз 50%-ро ташкил медиҳад. Дараҷаи ҷудошавии оксиди оҳан аз 22.5 то 93%-ро ташкил медиҳад. Дар чинсҳои алюмосиликати пешаки ғудохташуда бошад дараҷаи ҷудошавиашон аз Al_2O_3 аз 62 то 97%, барои Fe_2O_3 аз 48 то 99%-ро ташкил медиҳад.

Қалимаҳои қалидӣ: хокаи алюминий, оксиди оҳан, чинсӣ алюмосиликати, нефелинҳои сиенитӣ, гилхокҳои каолини, аргиллитҳо, кислотаи хлорид.

U.M.MIRSAIDOV, D.Kh.MIRZOEV, Sh.D.OTAEV, Sh.AZAMOV, N.M.JAMOLOV

ALUMINA EXTRACTION FROM ALUMINUMSILICATE ORES OF TAJIKISTAN BY DECOMPOSITIONING WITH CHLORIDE ACID

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

The paper presents the results of obtaining alumina and iron oxide from aluminumsilicate ores of deposits in Tajikistan. It is shown that during the processing of the initial aluminumsilicate ores as nephelinesyenites, kaolin clays, mudstones of various deposits, the alumina extraction grade is not more than 50%. Iron oxide recovery grade varies from 22.5 to 93.0%. For calcinedaluminosilicate ores, the alumina extraction grade is from 62 to 97%, for iron oxide from 48 to 99%.

Key words: alumina, iron oxide, aluminumsilicate ore, nephelinesyenites, kaolin clays, mudstones, hydrochloric acid.

УДК 621.01

Д.С.МАНСУРИ, А.ДЖУРАЕВ*, Х.О.РАХИМОВА*, М.М.НАСИМОВА*, Г.ШУХРАТЗОДА*

**РАСЧЕТ СИЛЫ ТРЕНИЯ ВРАЩАТЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПАРЫ
ПЯТОГО КЛАССА С ПРОДОЛЬНЫМИ КАНАВКАМИ**

Технологический университет Таджикистана,

**Худжандский политехнический институт*

Таджикского технического университета им. академика М.С.Осими

Поступила в редакцию 19.03.2019 г.

В статье приведены конструктивная схема и принцип работы разработанной новой эффективной схемы вращательной кинематической пары пятого класса с продольными канавками на поверхности оси пары. Приведена методика определения силы трения в кинематической паре, выведена формула для расчета силы трения в кинематической паре. Построены графические закономерности изменения момента трения от вариации ширины канавок, длины кинематической пары. Обоснованы параметры кинематической пары.

Ключевые слова: вращательная кинематическая пара, канавки, длина, ширина, момент трения, нагрузка, ресурс, смазка, параметры.

В общей теории машин и механизмов кинематической парой принято называть подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев. На относительное движение каждого звена кинематической пары накладываются ограничения, зависящие от способа соединения звеньев пары. Эти ограничения называются условиями связи в кинематических парах [1]. В зависимости от наложенного ограничения движения звеньев кинематические пары разделены на пять классов. Если на движение звеньев, образующих кинематическую пару наложено пять из шести движений (в пространстве свободное звено имеет 6 движений), то эта кинематическая пара будет пятого класса. Относительное движение звеньев, образующих кинематическую пару могут быть либо вращательными, либо поступательными.

Адрес для корреспонденции: Мансури Дилрабо Сайдулло. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н.Карабаева, 63/3, Технологический университет Таджикистана. E-mail: dsmansurova@mail.ru

Известная вращательная кинематическая пара пятого класса образованна двумя цилиндрами, находящимися в постоянном соприкосновении. При этом бурты внутреннего цилиндра препятствуют движению одного цилиндра относительно другого в осевом направлении, но не препятствуют вращению одного из них относительно другого [1].

Основным недостатком данной конструкции вращательной кинематической пары пятого класса является низкий ресурс работы из-за значительного трения и износа элементов кинематической пары, особенно при высоких скоростных режимах работы, а также при этом снижается точность движения и появляется шум.

Другая известная конструкция вращательной кинематической пары пятого класса содержит внутренний цилиндр (вал) с буртиками, установленный в отверстии наружного цилиндра, при этом вал вращается относительно неподвижного наружного цилиндра. Для увеличения ресурса работы имеется отверстие в корпусе подшипника, через которое подается смазочная жидкость, позволяющая уменьшение трения и износа элементов (цилиндрических поверхностей) кинематической пары [2-5]. Недостатком данной конструкции является низкий ресурс работы из-за недостаточной равномерной смазки всей площади элементов кинематической пары.

Конструктивная схема и принцип работы кинематической пары с продольными канавками.

С целью повышения ресурса работы и увеличения точности передачи движения за счет снижения силы трения в кинематической паре пятого класса разработана совершенствованная конструкция.

Конструкция состоит из внутреннего цилиндра (вала) 1, установленного в цилиндрическое отверстие 2 корпуса 3, которые постоянно соприкасаются, и цилиндр 1 имеет возможность только вращаться относительно неподвижного цилиндра 2 корпуса 3 (рис. 1). При этом их относительное движение по оси цилиндров 1 и 2 отсутствует за счет выполнения буртиков 4 цилиндра (вала) 1. Цилиндр 1 имеет продольные канавки 5 с определенным шагом и глубиной, имеющие в поперечном сечении форму части круга. Цилиндр 2 корпуса 3 имеет отверстие 6 для подачи смазочного материала в элементы кинематической пары.

Конструкция работает следующим образом. В процессе работы цилиндр (вал) 1 вращается относительно цилиндра 2 корпуса 3. Смазочный материал подается через отверстие 6 в элементы кинематической пары. При этом смазочный материал позволяет снижение трения и тем самым износ цилиндров 1 и 2. Излишки смазочного материала запасаются в канавках 5. За счет центробежных сил смазочный материал постоянно будет снабжать зону трения между цилиндрами 1 и 2. Буртики 4 цилиндра 1 ликвидируют продольные относительные движения цилиндров 1 и 2. За счет канавок 5 площадь контакта между цилиндрами 1 и 2 уменьшается, тем самым снижается трение и износ цилиндров 1 и 2.

Конструкция позволяет увеличение ресурса работы кинематической пары (шарнира).

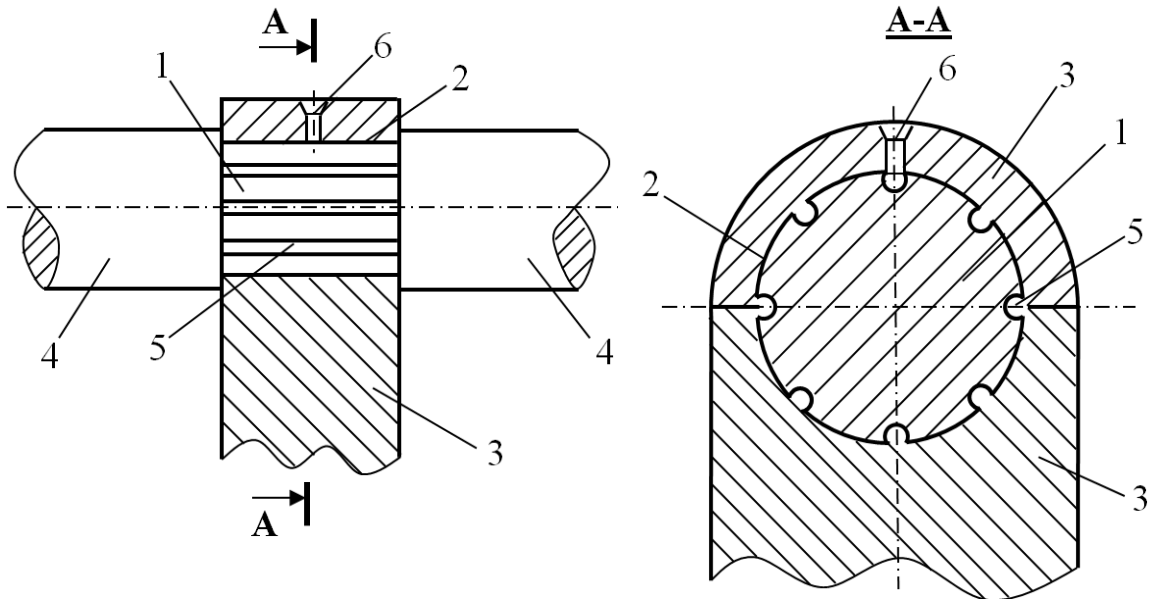


Рис. 1. Вращательная кинематическая пара пятого класса с продольными канавками оси

Методика расчета момента силы трения в кинематической паре. В известной методике расчета момента трения в вращательной кинематической паре пятого класса используются две гипотезы [1, 6, 7]. Воспользуемся первой гипотезой, согласно расчетной схеме, представленной на рис. 2 с учетом условия равновесия силы давления P_k и проекции силы трения в элементарной зоне контакта на ось OY можно определить выражение

$$P = 2ql \left[r \sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{i}{2} \arcsin \frac{b}{r} \right) - \frac{ib}{2} \right], \quad (1)$$

где q – сила давления, l – длина кинематической пары, r – радиус цилиндра, i – количество канавок, b – ширина канавки.

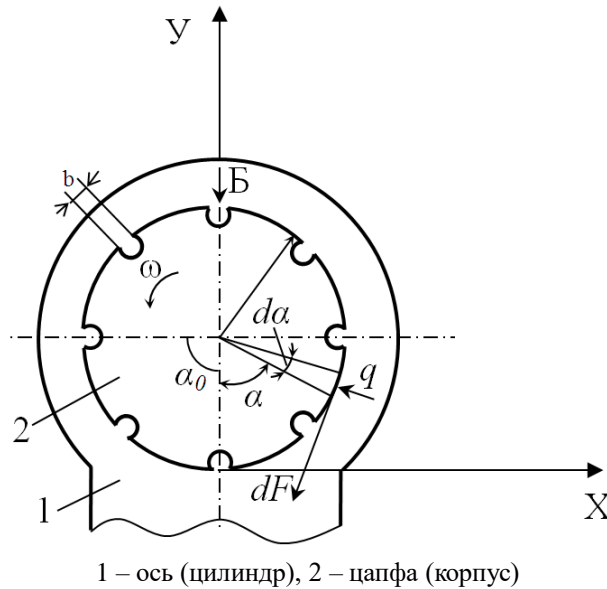


Рис. 2. Расчетная схема для определения момента трения

Следует отметить, что сила давления P от силы веса корпуса, цапфа на ось (цилиндр) в основном действуют в зоне обхвата π .

С учетом силы реакции цапфы на ось (цилиндр) момент от силы трения вычисляется из следующего выражения

$$M_{mp} = fPr \frac{\frac{\pi}{2} - \frac{i}{2} \sin \frac{b}{r}}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{i}{2} \sin \frac{b}{r} \right)}. \quad (2)$$

При этом принимая $\sin \frac{b}{r} \approx \frac{b}{r}$, а также с учетом (1) и коэффициента «а», учитывающего степень смазки, получим

$$M_{mp} = 2fqalr \left[r \sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{ib}{2r} \right) - \frac{ib}{2} \right] \cdot \frac{\frac{\pi}{2} - \frac{ib}{2r}}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - \frac{ib}{2r} \right)}, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения стали по стали.

При определенном значении силы P из выражения (1) можно вычислить значение q .

Из анализа формулы (2) видно, что при отсутствии продольных канавок на оси (цилиндра) $b=0$, тогда имеем

$$M'_{mp} = fP ra \frac{\frac{\pi}{2}}{\sin \frac{\pi}{2}}.$$

Если угол контакта цапфы с цилиндром происходит при угле α_0 , то имеем

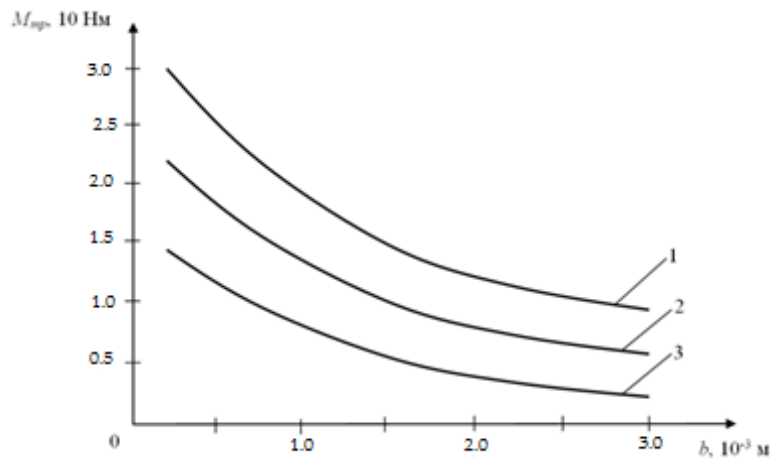
$$M''_{mp} = fP ra \frac{\alpha_0}{\sin \alpha_0}. \quad (4)$$

Полученное выражение (4) соответствует известной формуле, приведенной в работе [1] согласно первой гипотезе. Следует отметить, что выражение (5) является частным случаем формулы (3).

Численный расчет и анализ результатов. Исходные данные параметров вращательной кинематической пары пятого класса выбраны для механизмов и машин текстильной, легкой, хлопкоочистительной промышленности и сельхозмашин: $P=(2.0\div 6.0)\cdot 10^2\text{Н}$; $l=(1.0\div 8.0)\cdot 10^{-2}\text{м}$; $r=(1.0\div 4.0)\cdot 10^{-2}\text{м}$; $f=0.05\div 0.1$; $i=8.0\div 16.0$; $a=0.4\div 0.7$; $b=(0.5\div 3.0)\cdot 10^{-3}\text{м}$.

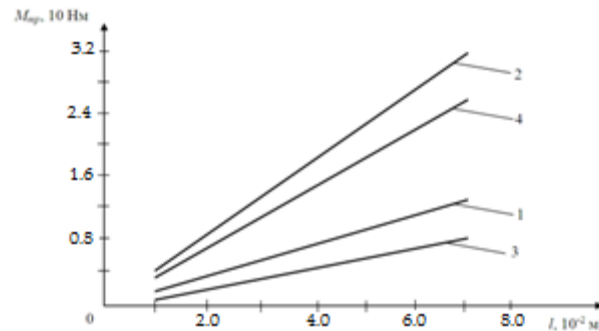
Рекомендуемая конструкция вращательной кинематической пары значительно уменьшает момент от сил трения, тем самым увеличивается ресурс работы механизма и машины. При этом на снижение момента от сил трения влияют параметры конструкции и внешняя нагрузка. На рис. 3 приведены графические зависимости изменения момента от сил трения, от вариации ширины продольных канавок на поверхности цилиндра (оси) кинематической пары. Из них видно, что увеличение ширины канавок приводит к уменьшению M_{mp} по нелинейной закономерности. Это объясняется тем, что с увеличением значений « b », также уменьшается площадь контакта поверхностей кинематической пары. При этом увеличение количества канавок значительно уменьшает момент трения. Так, при увеличении ширины канавок от $0.5\cdot 10^{-3}$ до $3.0\cdot 10^{-3}$ м при $i=8.0$ момент трения уменьшается от 30 до 9.9 Нм, а при $i=16.0$ значение M_{mp} уменьшается от 14.5 до 2.9 Нм. Для рассматриваемых машин и механизмов текстильной, легкой промышленности и сельхозпроизводства для увеличения ресурса кинематических пар до 20 % рекомендуется принимать $i=10.0\div 12.0$ и $b=(0.8\div 2.0)\cdot 10^{-3}\text{м}$.

Важным является изучение влияния ширины и радиуса оси кинематической пары на характер изменения момента трения (рис. 4). Увеличение r и l пропорционально увеличивает значение M_{mp} по линейной закономерности. Поэтому для уменьшения трения в кинематической паре целесообразным является уменьшение r и l до возможных значений.



1 – при $i=8.0$; 2 – при $i=12.0$; 3 – при $i=16.0$.

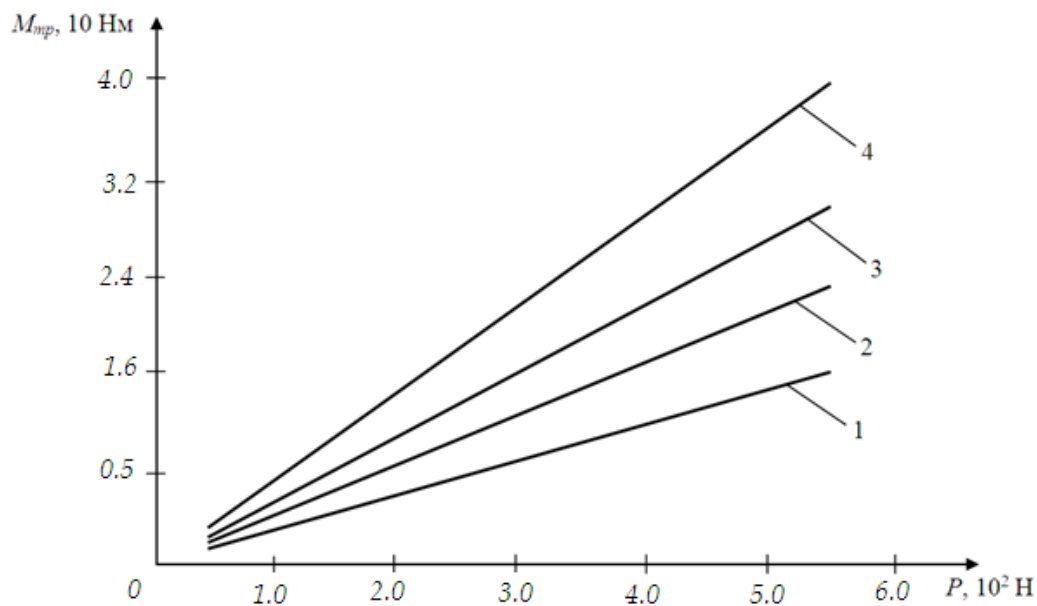
Рис. 3. Графические зависимости изменения момента силы трения от ширины продольных канавок на поверхности цилиндра (оси) кинематической пары.



1, 3 – для предлагаемого варианта; 2, 4 – для существующего варианта
1, 2 – при $r=4.0 \cdot 10^{-2}$ м; 3, 4 – при $r=3.0 \cdot 10^{-2}$ м.

Рис. 4. Сравнительные зависимости изменения момента от сил трения при изменении длины вращательных кинематических пар.

Следует отметить, что нагрузка P в основном действует на нижнюю половину поверхности цилиндра, особенно когда P формируется от силы веса цапфы. Чем больше нагрузка P , тем больше значение $M_{тр}$. При этом канавки на поверхности цилиндра не только уменьшают площадь контакта поверхностей цапфы и цилиндра, но и являются источником сохранения и использования смазочного материала. Степень смазки учитывается коэффициентом « a ». На рис. 5 приведены графические зависимости изменения момента трения от изменения нагрузки P при различной степени смазки трущихся поверхностей. Так, при изменении внешней нагрузки $(1.0 \div 8.0) \cdot 10^2$ Н момент от сил трения при $a=0.70$ увеличивается до 40.5 Нм по линейной закономерности, а при коэффициенте $a=0.40$, $M_{тр}$ возрастает только до 15.4 Нм. Поэтому рекомендуемыми значениями смазки являются $a \leq (0.4 \div 0.5)$.



1 – при $a=0.4$; 2 – при $a=0.5$; 3 – при $a=0.6$; 4 – при $a=0.7$.

Рис. 5. Графические зависимости изменения момента от силы трения в кинематической паре с канавками в цилиндре (оси) от увеличения нагрузки от цапфы.

Выводы

Проведен анализ работы вращательных кинематических пар пятого класса, определены их недостатки. Разработана эффективная схема конструкции вращательной кинематической пары пятого класса с канавками на поверхности цилиндра (оси). Рекомендован метод расчета момента от сил трения в кинематической паре. На основе численного решения задачи построены графические зависимости параметров и рекомендованы их рациональные значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоблевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: изд. Наука, 1988, с. 21-26
2. Жураев А. и др. Теория механизмов и машин. – Ташкент: изд. Г.Гулома, 2004, с. 29-30
3. Кукарина А., Миронов А. О влиянии износов подшипников на прочность валов валопроводов судов. – Россия: Вестник АГТУ, 2013, №1, с. 23-26
4. Юдин В.А., Воробьев Ю.В. Трение при фрикционном качении с проскальзыванием роликовой пары. – Известия ВУЗов, Машиностроение, 1967, №1, с. 31-35
5. Панова И. Износ трибопластов в подшипниках скольжения. – Интернет-журнал «Науковедение», Выпуск 2, 2014.
6. Блохин Н., Данилов В.Д., Мусаев Ю.А. Коэффициенты трения качения гладких цилиндров при предельной несущей способности масляного слоя. – Машиноведение, 1972, №3, с. 85-89
7. Крагельский И. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968, 430 с.

Д.С.МАНСУРӢ, А.ҶӮРАЕВ*, Х.О.РАХИМОВА*, М.М.НАСИМОВА*,
Г.ШУҲРАТЗОДА*

ҲИСОБИ ҚУВВАИ СОИШ ДАР ҶУФТИ КИНЕМАТИКИИ ДАВРЗАНАНДАИ СИНФИ ПАНЧУМ БО КАНАВКАИ ҚАДӢ

Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон,

**Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон
ба номи академик М.С.Осимӣ дар ш. Хуҷанд*

Дар мақола схемаи конструктивӣ ва принципи кори схемаи самараноки конструктиви коркардкардашудаи ҷуфти кинематикии даврзанандаи синфи панчум бо канавкаи қаддӣ дар сатҳи тири ҷуфт оварда шудааст. Методикаи муайянкунии қувваи соиш дар ҷуфти кинематикӣ оварда шуда, формула барои ҳисоби қувваи соиш дар ҷуфти кинематикӣ бароварда шудааст. Қонуниятҳои графикаи тағйирёбии моменти соиш аз вариатсияи васегии канавка ва дарозии ҷуфти кинематикӣ оварда шудааст.

Калимаҳои калидӣ: ҷуфти кинематикии даврзананда, канавка, дарозӣ, васеӣ, моменти инертсия, соиш, сарборӣ, захира, равшанмоли, параметрҳо.

D.S.MANSURI, A.DJURAYEV*, H.O.RAHIMOVA*, M.M.NASIMOVA*,
G.SHUHRATZODA*

THE CALCULATION OF THE FRICTION FORCE OF THE ROTATIONAL KINEMATIC PAIR OF THE FIFTH CLASS WITH LONGITUDINAL GROOVES

Technology University of Tajikistan,

**Khujand Polytechnic Institute of the M.S.Osimi Tajik Technical University*

The paper presents the design scheme and the principle of operation of the developed new effective design scheme of the rotational kinematic pair of the fifth class with longitudinal grooves on the surface of the pair axis. A method for determining the friction force in a kinematic pair is given, a formula for calculating the friction force in a kinematic pair is derived. Graphic regularities of the change of the friction moment due to the variation of the width of the grooves, the length of the kinematic pair are built. The parameters of the kinematic pair are justified.

Key words: rotational kinematic pair, grooves, length, width, friction torque, load, resource, lubrication, parameters.

УДК 627.8/ 621.311.11

Г.Н.ПЕТРОВ, Х.Х.ХАЛИКОВ

**ГИДРО-УГОЛЬНЫЙ СЦЕНАРИЙ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ
ТАДЖИКИСТАНА**

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ

Поступила в редакцию 25.04.2019 г.

Для достижения среднего мирового уровня экономического развития, объем производства и потребления электроэнергии в Таджикистане должен увеличиться в три раза. При этом сегодня и в обозримом будущем, гидроэнергетика будет основой энергетики страны. Но в то же время, с учетом особенностей гидроэнергетики, в дополнение к ней, в Таджикистане необходимо также развитие угольной энергетики.

Ключевые слова: энергетические ресурсы, экономическое развитие, гидроэнергетика, тепловая энергетика, уголь, тариф на электроэнергию.

Перед Таджикистаном сегодня стоит комплекс задач, взаимосвязанных между собой и имеющих своей конечной целью экономический рост страны до среднемирового уровня и включение их в мировой рынок, при одновременном улучшении жизни населения и сохранении и улучшении окружающей среды. Для их решения необходимо опережающее развитие энергетики.

Энергетические ресурсы в Таджикистане представлены небольшими запасами нефти и газа, довольно значительными запасами угля в многочисленных месторождениях, расположенных в основном в горных, труднодоступных районах и огромными, уникальными ресурсами гидроэнергетики, общий потенциал которых составляет 527 млрд. квтч. в год.

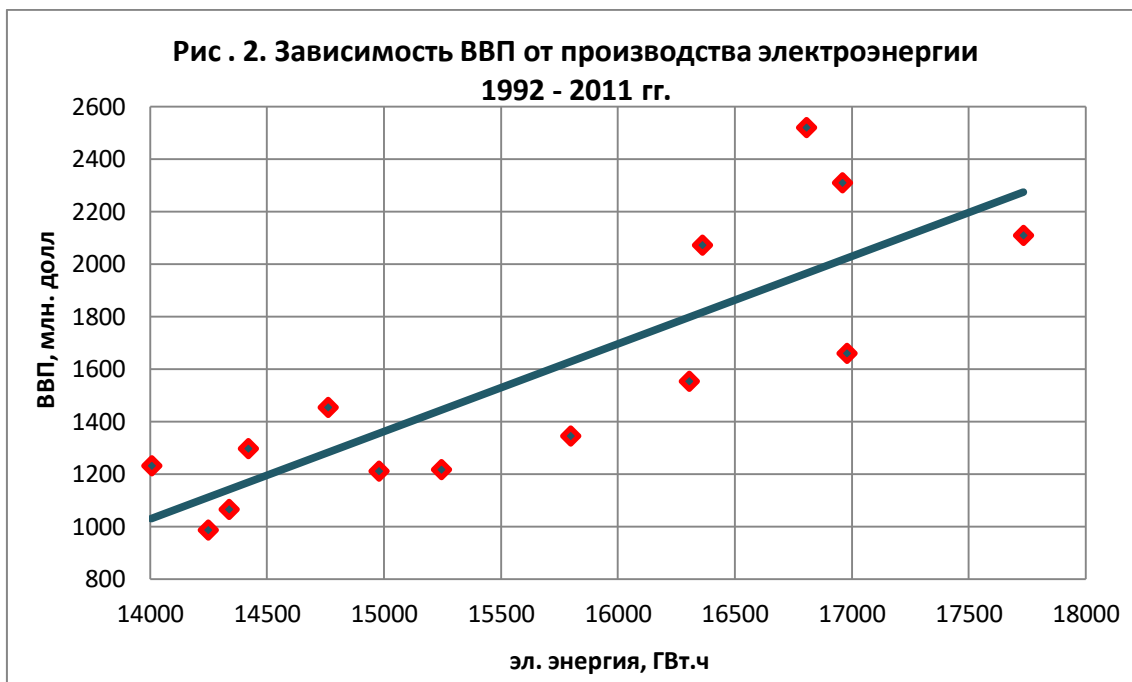
Расчеты показывают, что для достижения среднемирового уровня экономического развития общее производство и потребление электроэнергии в Таджикистане должно увеличиться в три раза.

Адрес для корреспонденции: Халиков Холназар Халикович. 734002, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Парвина, 12. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ.
E-mail: hona-tj@mail.ru

При этом, сегодня и, по-видимому, на обозримую перспективу, базой всей энергетики Таджикистана будет являться гидроэнергетика. И необходимое для выхода на среднемировой уровень экономики опережающее развитие энергетики Таджикистана является достаточно реальным – именно такие параметры строительства ГЭС были предусмотрены для республики во время СССР.

В последние годы, после кризисных 90-х годов прошлого века, развитие гидроэнергетики в Таджикистане возобновилось. Построены Сангтудинские ГЭС 1 и 2, возобновилось строительство Рогунской ГЭС, на которой уже введены в строй два первых агрегата, реализуется программа строительства малых ГЭС. Все это привело к стабильному, устойчивому росту экономики республики (рис. 1 и 2).





Но при этом нужно учитывать недостатки, причем очень существенные, объективно присущие гидроэнергетике.

Во-первых, это неравномерность речного стока, используемого для выработки электроэнергии - даже для таких величин, как среднегодовые расходы, неравномерность стока очень велика - крайние значения различаются почти в два раза.



Статагентство РТ

Еще большая неравномерность стока имеет место в течение года - крайние значения среднемесячных расходов в разрезе среднего года отличаются почти в 10 раз. С учетом лет разной водности (обеспеченности) эта разница будет еще больше. Таким образом, гидроэнергетика использует для выработки электроэнергии ресурс, даже среднемесячный объем которого в естественном состоянии колеблется в 20 и более раз.

Это приводит к резкому снижению выработки в зимний период вследствие меньших расходов в реках - факт хорошо знакомый таджикистанцам.

Конечно, неравномерность стока можно уменьшить и даже полностью ликвидировать, зарегулировав речной сток плотинами. Но для этого необходимо построить очень большое количество таких плотин. Более просто и эффективно эта проблема неравномерности речного стока решается за счет включения (строительства) в общую энергосистему наряду с ГЭС также определенного процента ТЭС. Это тривиальный и хорошо известный в мировой энергетике подход.

Вторым недостатком гидроэнергетики Таджикистана является то, что ее водные ресурсы являются трансграничными и используются нижерасположенными странами в основном для орошаемого земледелия.

И опять, включение в общую энергосистему Таджикистана некоторой доли тепловой энергетики, пусть хотя и частично, но безболезненно решает эту проблему.

Все это показывает не только возможность, но и необходимость развития в Таджикистане угольной энергетики, как дополнения к гидроэнергетике.

Как уже отмечалось выше, Таджикистан обладает большими промышленными запасами угля, из которых только учтенные объемы составляют более 700 млн. тонн (табл. 1). Поэтому использование угля в энергетике Таджикистана вполне оправдано.

Основная задача при этом заключается в определении наиболее оптимальных долей гидроэнергетики и угля в общей структуре энергетики.

С учетом отсутствия платы за воду в республике, себестоимость электроэнергии ГЭС не имеет в своем составе топливной составляющей и складывается только из затрат на эксплуатацию и содержание. Последние незначительны: на собственно производство электроэнергии <0.01 цент/кВтч, а с учетом транспортировки и распределения ≈ 0.05 цент/кВтч.

В то же время топливная составляющая на ТЭС довольно значительна. Согласно исследованиям, выполненным Институтом энергетических исследований РАН, цены на уголь на период до 2030 года будут, порядка 200 долл./тонна.

Но ГЭС проигрывает ТЭС по удельной стоимости строительства: у нее в сегодняшних условиях она равна 1200 долл/кВт, при 600 долл/кВт у ТЭС. Недостатком ГЭС являются и ее большие по сравнению с ТЭС сроки строительства - в среднем крупные ГЭС возводятся за 5, а ТЭС за 3 года.

Таблица 1

Запасы угля в Таджикистане

Месторождение	Марка угля	Запасы, млн т.			
		учтенные	прогнозные	общие	в т. ч. для открытой разработки
Шураб	бурые	130.0	170.0	300.0	-
Фан-Ягноб	кам. ГЖ	428.9	923.7	1352.6	-
Назар-Айлок	антрац.	37.1	300.0	337.1	3.3
Зидди	кам. Г	46.0	44.0	90.0	1.0
Сайёд-Саймири	кам.	-	1.0	1.0	0.3
Миёнаду	кам. Ж	8.0	11.0	19.0	0.2
Равнау	кам. ГЖ	-	179.2	179.2	0.04
Шуробод	кам. ГЖ	0.1	294.0	294.1	0.03
Магиан	кам. Д	39.0	165.9	204.9	0.02
Хакими	кам. ГЖ	-	42.0	42.0	0.06
Гузн	кам. ГЖ	0.1	34.0	34.1	0.01
Кштут-Зауран		-	186.4	186.4	0.01
Чашма-Санг	кам. ГЖ	-	1.5	1.5	0.05
Суффа	кам. ГЖ	-	33.5	33.5	0.02
Др. углепроявления		24.6	502.5	527.1	
ИТОГО		713.8	2887.7	3601.5	

Материалы Минпромэнерго Таджикистана

Кроме того, чтобы по своему народно-хозяйственному эффекту ГЭС сравнялась с ТЭС, ее установленная мощность должна быть в 1.5 раз больше. Соответственно больше будут и затраты на строительство, но выработка ГЭС при этом не увеличится.

И, наконец, даже при наличии регулирующего водохранилища из-за резкой неравномерности речного стока, число часов использования ГЭС в среднем составляет 4000 часов/год, а у ТЭС – 6000 часов/год.

Для того, чтобы выяснить более подробно те условия, при которых наилучшим образом проявляются все преимущества и недостатки ГЭС и ТЭС в общей структуре промышленной энергетики, необходим экономический анализ.

Жизненный цикл электростанции одинаков, как для ГЭС, так и для ТЭС, и их финансовый поток или чистый приведенный доход проекта при этом имеет вид:

$$D = -P_{\text{год}} - qP_{\text{год}} - \dots - q^{(t_2-1)}P_{\text{год}} + q^{t_2}Э_{\text{год}} + q^{(t_2+1)}Э_{\text{год}} + \dots + q^{(t_1-1)}Э_{\text{год}}, \quad (1)$$

где:

t_2 – срок строительства ЭС,

t_1 – общая продолжительность жизненного цикла ЭС,

$P_{\text{год}}$ – ежегодные затраты на строительство ЭС,

$Э_{\text{год}}$ – ежегодная прибыль действующей ЭС.

После элементарных преобразований (1) получим:

$$D = -P_{\text{год}} \frac{1-q^{t_2}}{1-q} + \Xi_{\text{год}} \frac{q^{t_2}-q^{t_1}}{1-q}, \quad (2)$$

где «q» – принятый коэффициент дисконтирования (<)

Рассмотрим развитие общей энергосистемы путем строительства новых электростанций, где на ГЭС будет приходиться доля «α», а на ТЭС «1- α» по мощности.

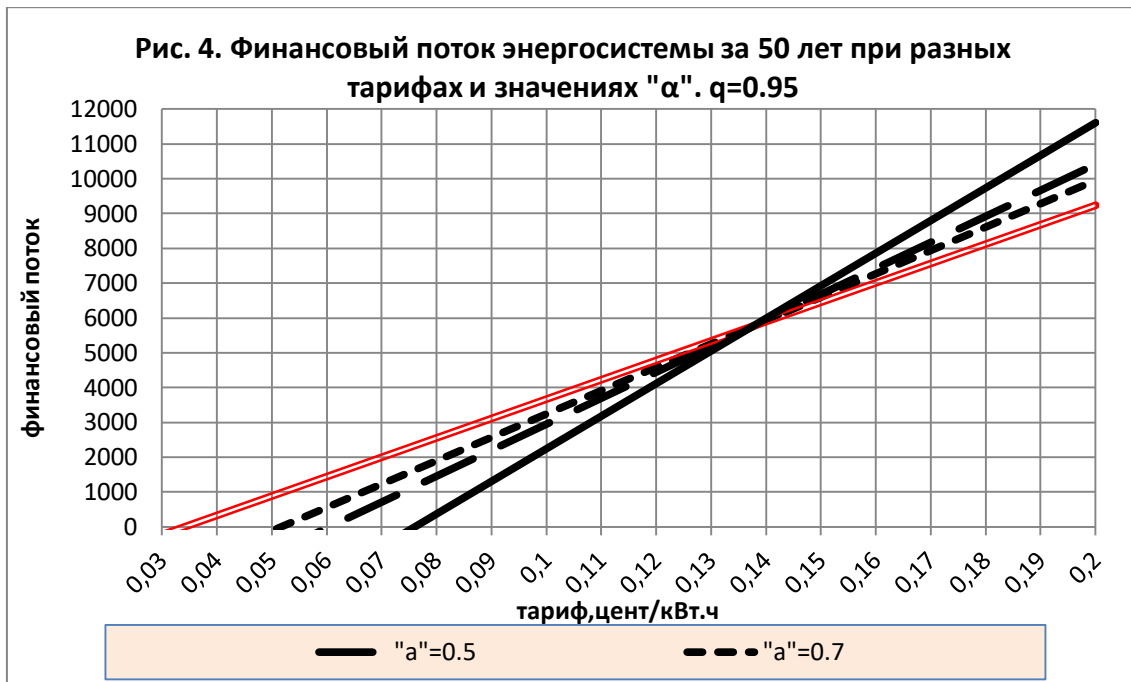
Общий финансовый поток или чистый приведенный доход всего проекта развития энергосистемы для этого случая:

$$N_{\text{гар}}^{\text{ТЭС}} = N_{\text{гар}}^{\text{ГЭС}}$$

при этом будет равен:

$$D^{\Sigma} = \alpha D^{\text{ТЭС}} + (1 - \alpha) D^{\text{ГЭС}} \quad (3)$$

На рис. 4 показан соответствующий график зависимости финансовых потоков или чистого приведенного дохода от величины тарифа на электроэнергию проектов развития энергетики за весь их жизненный цикл в 50 лет при значении коэффициента дисконтирования $q = 0.95$.



Анализ позволяет сделать ряд важных выводов. Во всех случаях все линии зависимости:

$$D = f(\pi)$$

для всех различных значений «α» пересекаются в одной точке. Ее можно назвать точкой безразличия - в этой точке эффективность проектов развития энергетики не зависит от

того, в каких долях в ней присутствуют угольная- и гидроэнергетика. Ниже этой точки более эффективной является гидроэнергетика, выше – угольная энергетика.

Причем сама точка безразличия зависит от принятого коэффициента дисконтирования « q ». Эта зависимость тарифов на электроэнергию, соответствующих разным значениям « q », показана в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость тарифа точки безразличия от коэффициента дисконтирования

q	0.85	0.9	0.95
тариф точки безразличия	0.066	0.099	0.138

Пересечение линий, соответствующих разным значениям « α » - долей гидроэнергетики в общей системе, с горизонтальной осью $D = 0$ определяет для них тариф на электроэнергию, соответствующий принятому коэффициенту дисконтирования, то есть обеспечивающий заданную внутреннюю норму доходности (E), являющуюся критерием экономической эффективности проекта. Непосредственные расчеты таких тарифов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тариф, обеспечивающий заданную норму доходности в зависимости от значений « α ».

α	0.0	0.5	0.7	1.0
	$E = 0.05$			
тариф	0.0761	0.0605	0.0517	0.0342
	$E = 0.10$			
тариф	0.0825	0.0774	0.0744	0.0680
	$E = 0.15$			
тариф	0.0910	0.0997	0.1052	0.1179

Экономическая привлекательность угольной энергетика повышается при увеличении отпускных тарифов на электроэнергию и снижении внутренней нормы доходности реализуемых проектов. То есть при повышении уровня экономического развития страны и ее инвестиционного рейтинга.

Выводы

Экономический анализ показывает, что при сложившихся сегодня ценовых и технических параметрах ГЭС и ТЭС существует две системы условий, определяющих экономическую привлекательность угольных ТЭС в Таджикистане.

При внутренней норме доходности энергетических проектов больше 0.1172:

$$E \geq 0.1172$$

и тарифе на электроэнергию больше 0.0876 долл./кВт.ч. угольная энергетика однозначно является более привлекательной по сравнению с гидроэнергетикой.

В то же время для значений внутренней нормы доходности:

$$0 \leq E \leq 0.1172$$

существует так называемая «точка безразличия» и соответствующий ей тариф, для которой экономические эффективности ГЭС и ТЭС одинаковы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахророва А.Д., Аминджанов Р.М., Доронкин К.А. Энергетика Таджикистана: современные тенденции и перспективы устойчивого развития. – Душанбе: «Статус», 2005, 132 с.
2. Петров Г.Н., Ахмедов Х.М. Энергетика Таджикистана. Стратегия развития и пути повышения эффективности. – Душанбе: Дониш, 2017, 358 с.

Г.Н.ПЕТРОВ, Х.Х.ХОЛИКОВ

РУШДИ ЭНЕРГЕТИКАИ ТОҶИКИСТОН БО ИСТИФОДАИ ЗАХИРАҶОИ ОБУ АНГИШТ

Барои расидан ба ҳадафҳои баробар шудан ба сатҳи миёнаи ҷаҳонии пешрафти иқтисодӣ, ҳаҷми истеҳсол ва истифодаи қувваи барқ дар Тоҷикистон бояд 3 баробар афзоиш ёбад. Вобаста ба ин дар ояндаи наздик, энергияи обӣ (гидроэнергетика) ҳамчун намуди асосии энергия дар кишвар дар назар дошта мешавад. Лекин дар ин марҳила, бо назардошти хусусиятҳои энергияи обӣ, бояд илова бар ин дар Тоҷикистон зарурияти инкишоф додани энергияи ангишт ба инобат гирифта шавад.

Калимаҳои калидӣ: захираҳои энергетикӣ, рушди иқтисодӣ, гидроэнергетика, нерӯи барқ, ангишт, тарифи барқ.

G.N.PETRON KH.KH.KHALIKOV.

HYDRO-COAL SCENARIO OF ENERGETICS DEVELOPMENT IN TAJIKISTAN

To achieve the global average level of economic development, the total production and consumption of electricity in Tajikistan should increase three times. At the same time, today, and for the foreseeable future, hydropower will be the base of all Tajikistan's energy. But at the same time, in order to mitigate the shortcomings of hydropower, as an addition to it, development of coal energetics is also necessary in Tajikistan.

Key words: energy resources, economic development, hydropower, thermal energetics, coal, electricity tariff.

УДК 551.762:553.5(575.3)

А.Р.КАРИЕВ

**КАОЛИНИТОВЫЕ ГЛИНЫ И УСЛОВИЯ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ И
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ
ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ**

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии

АН Республики Таджикистан

Поступила в редакцию 17.05.2018 г.

Изучением петрографо-минералогического состава юрских глинистых пород установлено, что встречающиеся в разрезах разновозрастных отложений единичные небольшие по мощности светло-серые и белые слои глин в основном состоят из каолинитового минерала, образование которого тесно связано с угленосными породами среднеюрской формации.

Ключевые слова: каолин, каолинит, ассоциация, формация, дисперсность, депрессия, паттум, разрез, гравелит, конгломерат.

Юрские отложения в геоцикле дифференциации осадконакопления в зависимости от проявления тектонических движений, имевших место в тот период, а также существовавшего геодинамического, геохимического, фациально-палеогеографического и минералообразующего режима, происходило формирование генетически сходных ассоциаций пород, названных многими исследователями формациями [1-4]. В изученных разрезах юрских отложений Таджикской депрессии и прилегающих к ней и обрамляющих ее с запада, севера и востока горных территорий формационные ассоциации пород отчетливо выделяются в каждом конкретном разрезе и, более того, совпадают со стратиграфическими эпохами юрского периода. Необходимо здесь также отметить, что при формировании почти генетически тождественных по составу осадочных накоплений важная роль принадлежит также внешним факторам, таким как климат, трансгрессия и регрессия морских вод в седиментационных бассейнах, соотношение площади распространения суши и моря и др. Одновременное или последовательное действие этих факторов непосредственно в зависимости от интенсивности протекания осуществляемых процессов беспрепятственно отражаются на характере залегания осадочных толщ, их последовательной напластованности, непрерывности или прерывности осадконакопления и, следовательно, образования того или другого типа разреза осадочных пород. Процитированный анализ процесса

седиментации осадочного материала и формирования литологических разрезов в пределах зон аккумуляции различных по составу рыхлых обломочных зерен и частиц, а также разнообразных растворенных в водной среде соединений химических элементов с учетом характера и соотношения физического и химического воздействия на породы областей, являющихся поставщиками обломочного материала (так называемые «питающие провинции» или «области сноса обломочного материала») и расстояния его переноса (транспортировки) отразились на формирование различных формационных типов разрезов.

С учетом вышеизложенных обстоятельств в пределах исследованной территории выделяются четыре типа разрезов юрских отложений: Курганский в расположении юго-западных отрогов Гиссарского хребта, Южно-Гиссарский, развитый в широтном направлении вдоль южного борта одноименного хребта, Придарвазский, расположенный в пределах внешней зоны Дарваза с сочленением бассейнов рек Яхсу и Кызылсу, Центральный (Депрессионный) тип, включающий территорию бассейнов рек Вахш и Кафирниган в центральной части Юго-Западного Таджикистана [4].

Вышеизложенное наглядно можно проследить при рассмотрении каждого из выделенных типов разрезов юрских отложений исследованной территории Таджикской депрессии. Как правило, общепринятой Международной комиссией – стандартной стратиграфической схемой расчленения юрских отложений является трехчленное разделение всей толщи пород юрского периода их образования на три отдела или эпохи – лейас (нижний), доггер (средний) и малым (верхний), которые по генетическим признакам слагающих их пород соответствуют определенным типам формаций. Исследованиями ученых-стратиграфов установлено, что самый нижний отдел юрского периода в основном составляют мелко-средне- и крупнообломочные породы [5-6]. Отложения такого типа обычно характеризуют такие условия, когда происходит активизация тектонических (подвижных) процессов, особенно интенсивно в областях питания (зоны разрушения и сноса) обломочного материала, усиленной гидродинамики среды переноса (транспортировка, миграции) терригенного осадка и накопления их в бассейнах седиментации. Аккумулирующийся в последних обломочный материал после стадии диагенеза и литификации образует мощные (до сотен метров) толщи конгломератов, гравелитов, разнозернистых песчаников и смешанных паттумных пород. Анализ и сопоставление строения разреза лейасового (нижнего отдела) возраста нижней юры почти во всех изученных разрезах Таджикской депрессии, там, где они обнажены и выходят на дневную поверхность, в основном состоят из вышеперечисленных типов пород. Следовательно, можно предположить, что в начале юрского периода по всему периметру бассейна осадконакопления и прилегающих к нему территорий господствовали континентальные условия жаркого сухого климата, а мощные толщи грубообломочных пород, вероятно, могли образовываться в результате кратковременных, но интенсивных селевых потоков.

С началом среднеюрской эпохи в пределах исследуемой территории аридные условия сменяются гумидными и с наступлением весьма жаркого и чрезмерно влажного

климата благоприятствуют пышному расцвету растительности. На этот период времени вся нынешняя площадь Таджикской депрессии, начиная с места расположения юго-западных отрогов Гиссарского хребта (Кугитангский разрез) на западе до Дарвазского хребта на востоке и с юга, включая районы Северного Афганистана, до южных склонов современного Гиссарского хребта, была охвачена максимальной по широте трансгрессией моря. В контуре этого огромного по масштабам морского бассейна создались такие благоприятные условия, которые привели к появлению многообразных животных и растительных организмов. Максимальное развитие последних особенно отчетливо прослеживается с конца средней и первой половины позднеюрской эпохи, когда наряду с разными живыми организмами типа морских лилий, ежей, брахиопод появились громадных размеров ихтиозавры и плезиозавры, остатки и следы лап которых в настоящее время найдены в юрских отложениях (Бабатагский хр., бассейн р. Ширкент на южном склоне Гиссарского хр.). При жарком и влажном климате получили развитие папоротники, гинкговые формы хвойных, древесина, которых стала основой и благоприятной почвой для углеобразования на больших площадях в среднеюрское время. Здесь уместно подчеркнуть, что имеющиеся в настоящее время десятки месторождений каменного угля в Таджикистане образовались в среднеюрскую эпоху и среди них такие, как Назарайлак, Мионаду, Рават, Гиссар, Каракуз, Зидды и др. В связи с широким развитием угленосных толщ в разрезах средней юры и с учетом фациально-палеогеографических условий образования слагающих их породных ассоциаций, угленосные отложения среднеюрского возраста по формационной принадлежности (по Шатскому, 1960) определены как угленосная формация.

При изучении строения и литологического состава пород юрского возраста, особенно среднеюрских угленосных толщ, обращает внимание наличие небольших по мощности (1.5-2.0 м) светло-серых и белых по окраске, мягких, а иногда, тонколисточковатых (типа слюдистого минерала) прослоев глин, которые на фоне темноокрашенных угленосных пород и, нередко, среди пласта угля протягиваются на большие расстояния. Как показали рентгеноструктурный, термический, петрографо-минералогический и др. анализы, эти глины по составу принадлежат к каолинито-глинистому минералу, широко распространенному в тонкозернистых и дисперсионных осадочных породах и тесно связаны с угленосными отложениями, что показывает на их образование в условиях жаркого влажного климата с часто меняющейся обстановкой, играющей существенную роль в происхождении каолинита. Последний входит в число глинообразующих минералов и, входя в состав тонкодисперсных осадков, формирует каолинитовые глинистые породы. Первоисточником самого каолинита являются полевые шпаты, слюдистые сланцы, гранито-гнейсы, арказовые песчаники, а при изменении глиноземсодержащие минералы также склонны к алюмосиликатизации. Как было отмечено выше, наличие в разрезе угленосной формации светлоокрашенных пластов и пропластов каолинитовой глины позволяет использовать их как репер или реперный горизонт при расчленении и стратификации юрских отложений. Как самостоятельное минеральное образование каолинит, в свою оче-

редь, является также породообразующим минеральным видом каолина (названного по хр. Као-Лин в Китае).

Каолин-сырец представляет собой белую землистую массу и как горная порода иногда называется фарфоровой глиной, а каолинит составляет ее основу. В естественных обнажениях каолин в разрезе выделяется в виде нецементированной пластообразной землистой массы, но в большинстве случаев, когда глинистый слой представлен каолинитом, он сложен в виде плотного пласта с отчетливо ограничивающими его снизу и сверху подошвой и кровлей. В последнем случае, каолинит имеет твердость, равную 2.0 – 2.5 с удельным весом 2.61-2.68. Он имеет пониженную пластичность, но характеризуется повышенной белизной, благодаря которой каолинит применяется в керамической промышленности для производства фарфоровых и фаянсовых изделий, в электротехнике (изоляторы), в огнеупорной отрасли в смеси с графитом для изготовления тиглей, в алюминиевой, бумажной, текстильной, кабельной и резиновой, химической, мыловаренной промышленности, а также в парфюмерии, в производстве минеральных красок (как наполнитель) и др. Однако, следует отметить, что несмотря на широкие возможности практического применения каолинитовых глин во многих отраслях производства, они в пределах Таджикистана встречаются только в разрезе среднеюрской угленосной формации в небольших по мощности непромышленных количествах, запасы которых необходимо уточнить для их разработки и использования промышленности. Имеющиеся на территории Таджикской депрессии зоны и районы, где обнаружены каолинитовые глины, из-за малых запасов не могут быть промышленно использованы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Херасков Н.П., Келлер Б.М., Штрейс Н.А. О геологических формациях. – Изв. АН СССР, отд. геол., 1953, № 4, с. 147-150.
2. Шатский Н.С. Парагенезы осадочных и вулканических пород и формаций. – Изв. АН СССР, отд. геол., 1960, № 5, с. 3-23.
3. Цейслер В.М. Формация мезозойских и кайнозойских отложений Южного Узбекистана. – Тр. ВНИГНИ, вып. 49, 1966, с. 189.
4. Яншин А.Л. О принципах выделения геологических формаций. – Тр. ИГ и Г СО АН СССР, 1972, вып. 190, с. 16-37.
5. Лучников В.С. Юрские отложения Таджикской депрессии и ее горного образования в связи с перспективами их нефтегазоносности: Автореф. дисс... к. геол-мин.н. - М. 1938, с. 22.
6. Каломазов Р.У., Кариев А.Р., Коробка В.С., Юртаев Ю.С. Геология и нефтегазоносность осадочных формаций мезозоя и кайнозоя Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1990, с. 191.

A.P. KORIYEV

ГИЛҲОИ КАОЛИНИТӢ ВА ШАРОИТҲОИ ҲОСИЛШАВИЮ ПАҲНОИИ ОНҲО ДАР ТАРКИБИ ЧИНСҲОИ КӢҲИИ ДАВРИ ЮРАИ ҲАМВОРИИ ТОҶИКИСТОН

Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмологияи

Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар асоси омӯзиш ва таҳқиқотҳои таркиби чинсҳои гили даври юраи ҳамвории Тоҷикистон бо усулҳои петрологию минералогӣ ва таҳлили физикавии онҳо муайян карда шудааст, ки гилҳои таҳқиқкардашуда аз минерали каолинит ташкил ёфта дар боҳампайвастӣ бо ангиштсангҳои давраи миёнаи юра вохӯрда дар бурришҳои омӯхташудаи ҳамвории Тоҷикистон бо миқдори начандон зиёди намуди қабатчадошта (1.5-2.0) ёфт мешаванд.

Калимаҳои калидӣ: каолин, каолинит, ассоциация, формация, дисперсность, депрессия, паттум, разрез, гравелит, конгломерат.

A.R. KARIYEV

KAOLINITE CLAYS AND CONDITIONS OF THEIR FORMATION AND DIS- TRIBUTION THE JURASSIC SEDIMENTS OF THE TAJIK DEPRESSION

Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology,

Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

By the study of the petrographic and mineralogical composition of the Jurassic clay rocks it has been established, that the single light-grey and white clays layers that are found in sections of even-aged sediments mainly consist of kaolinite mineral, whose formation is closely related to the coal-bearing rocks of the Middle Jurassic formation.

Key words: kaolin, kaolinite, associative, formation, dispersion, depression, pattum, cut, gravelite, conglomerate.

УДК 552.54 (553)

М.М.МАМАДВАФОЕВ, Д.А.ДАВЛАТШОЕВ

**К ПЕТРОХИМИИ И ГЕНЕЗИСУ ЛАМПРОФИРОВ КАФАНДАРСКОГО
СКАРНОВО-РУДНОГО ПОЛЯ (ВОСТОЧНЫЙ ГИССАР)**

*УП «Геологическая поисково-съёмочная экспедиция» Главного управления геологии
при Правительстве Республики Таджикистан*

Поступила в редакцию 10.01.2019 г.

В статье изложены данные по петрохимии лампрофиров диоритового ряда, генетически связанных с инверсионным (C_{2-3}) гранитоидным магматизмом нормального известково-щелочного ряда. Для сравнения приводятся также данные по другим дайковым породам повышенной щёлочности, а так же нормального известково-щелочного ряда. Эти материалы приводят к заключению, что лампрофиры могли образоваться не только вследствие воздействия трансмагматических растворов повышенной щёлочности на диабазовые дайки нормальной щёлочности при их кристаллизации, о чём ранее писал Д.С.Коржинский, но и в результате наложения этих же растворов на дайки диоритового ряда, что непосредственно наблюдается в Кафандарском скарново-рудном поле.

Ключевые слова: Восточный Гиссар, Кафандарское скарново-рудное поле, лампрофиры, кварцевые монцониты, сиениты, диориты, диабазы, петрохимия, генезис.

В границах Кафандарского скарново-рудного поля (рис.1) изобильно развиты разновозрастные и разнорежимные, в геотектоническом смысле, дайковые породы, как-то: 1) тафрогенные (P_2) базальтоидные и щёлочно-базальтоидные - продукты финального магматизма рудного поля и Тянь-Шаня в целом; 2) постинверсионно-орогенные (P_1) субвулканические гранодиорит-, гранит- и кварц-порфиоровые – подводящие каналы покровных вулканитов трахиандезит (трахибазальт) - дацит-липаритовой формации и 3) геосинклинально-инверсионные (C_{2-3}) диорит-порфирировые и лампрофировые диоритового ряда, - керсантиты, спессартиты, вогезиты, минетты и их переходные разности. Лампрофировая группа пород в Кафандарском скарново-рудном поле, как и в Южном Тянь-Шане в целом,

Адрес для корреспонденции: Мамадвафоев Мабатишо Мамадвафоевич. 734025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Мирзо Турсунзаде, 25, УП «Геологическая поисково-съёмочная экспедиция» Главного управления геологии при Правительстве РТ. E-mail: gps.geo@mail.ru

завершает инверсионный гранитоидный магматизм [1-4], являясь, вместе с тем, послескарново-рудной [1,5-8]. Поэтому большой интерес представляет исследование петрохимических особенностей лампрофиров в аспекте их генезиса.

Ниже излагается петрохимия керсантитов, спессартитов, вогезитов и минетт, генетически связанных с инверсионными (C_{2-3}) гранитоидами нормального, известково-щелочного, ряда, сопровождаемых скарновым магнетитовым, оловянно-вольфрамовым, мышьяковым и полиметалльным (с Ag, Au) оруденением. В петрогенетическом аспекте рассматриваются также особенности петрохимии других дайковых пород повышенной щёлочности, относящихся к группе сиенитов, а также базальтоидов нормального, щёлочно-земельного, ряда (табл.1, 2).

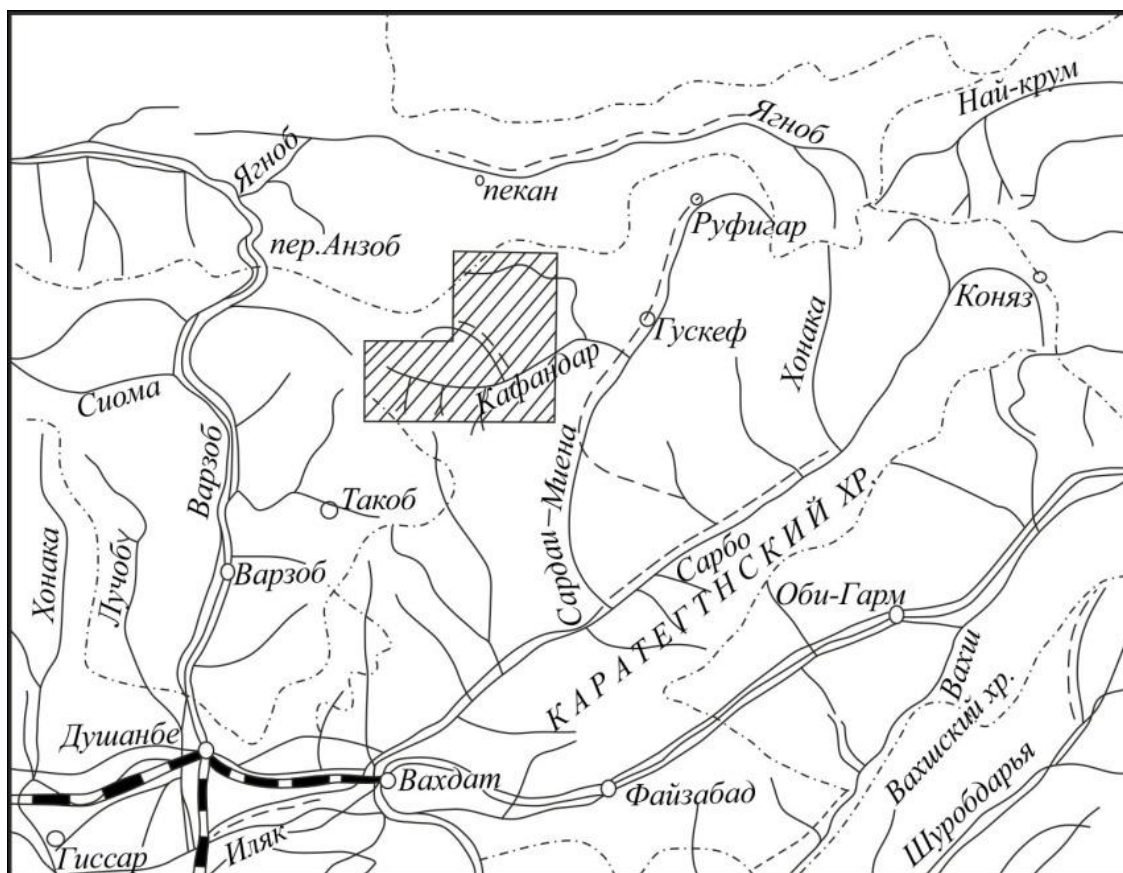


Рис.1. Позиция Кафандарского скарново-рудного поля на оро- и гидрографической схеме Южного склона Гиссарского хребта и прилегающих территорий.

Таблица 1

Химические составы лампрофировых и других дайковых пород Кафандарского скарново-рудного поля

№№	Компоненты (масс. %)															
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₂	CO ₂	п.п.п.	Σ
1	Керсантиты, C ₃ (n = 4)															
	51.70	1.16	14.53	2.09	5.25	0.12	6.13	7.46	3.05	2.98	0.20	0.53	0.00	3.15	5.12	103.5
2	Спессартиты, C ₃ (n = 17)															
	53.08	1.07	13.89	1.81	5.71	0.13	6.55	6.91	2.92	3.12	0.19	0.59	0.02	2.26	4.36	102.6
3	Вогезиты, C ₃ (n = 10)															
	51.48	1.30	13.43	2.53	5.26	0.12	7.15	6.85	3.89	2.59	0.21	0.91	0.03	1.88	4.15	101.8
4	Минетты, C ₃ (n = 1)															
	54.18	1.30	13.93	1.24	6.30	0.11	5.91	6.48	2.60	3.40	0.20	0.46	0.00	2.46	4.33	102.9
5	Кварцевые монциты, P ₂ (n = 2) *															
	57.75	0.55	15.13	1.96	4.57	0.11	4.09	5.79	3.20	3.02	0.14	0.34	0.00	1.37	3.46	101.5
6	Щелочно-земельные слюдяные сиениты, C ₃ (n = 1) *															
	59.04	0.47	16.20	2.13	3.89	0.07	3.71	3.28	3.88	3.73	0.11	0.39	0.10	0.75	2.77	100.5
7	Щелочно-земельные роговообманковые сиениты, C ₃ (n = 1) *															
	58.02	0.81	14.97	1.75	4.38	0.10	5.00	4.60	2.85	3.50	0.09	0.18	0.00	1.05	3.39	100.7
8	Диабазы, P ₂ (n = 1) *															
	50.94	0.50	13.97	2.99	4.97	0.14	7.26	7.66	2.30	2.23	0.16	0.19	0.00	2.02	6.50	101.9

* Химические анализы обозначенных звёздочками пород заимствованы из отчёта Е.А.Космынина и его коллег за 1968 ÷ 1970 гг (Душанбе, 1971 г.), который хранится в фондах «Таджикглавгеологии».

Таблица 2

Числовые характеристики химических составов (по А. Н. Заварицкому [9])
лампрофировых и других дайковых пород Кафандарского скарново-рудного поля

№№	Параметры											
	s	a	c	b	Q	a:c	c'	m'	f'	n	φ	t
1	Керсантиты											
	61.5	11.3	4.3	22.9	- 3.9	2.6	22.1	46.9	30.9	59.3	8.0	1.7
2	Спессартиты											
	62.0	10.9	3.9	23.1	- 1.8	2.8	20.2	48.8	30.9	59.7	6.4	1.5
3	Вогезиты											
	59.8	12.3	2.8	25.1	- 7.8	4.4	22.1	48.7	29.2	67.5	8.7	1.8
4	Минетты											
	63.7	10.8	3.9	21.5	1.8	2.7	18.8	47.5	33.6	53.7	4.9	1.8
5	Кварцевые монциониты											
	67.6	11.7	4.4	16.2	7.5	2.6	17.6	42.8	39.6	61.5	11.6	0.7
6	Щелочно-земельные слюдяные сиениты											
	69.3	14.3	3.8	12.5	6.2	3.7	2.0	52.1	45.9	61.2	14.9	0.6
7	Щелочно-земельные рогово-обманковые сиениты											
	68.1	11.6	4.3	15.9	8.7	2.7	8.7	54.6	36.7	55.2	9.5	1.0
8	Диабазы											
	60.9	8.7	5.3	25.1	- 0.8	1.6	17.6	51.6	30.8	60.9	10.6	0.7

Керсантиты и спессартиты обнаруживают весьма близкие значения как *главных* числовых характеристик своих химических составов (s – кремнекислотности, a – щёлочности, c – анортитовой кальциевости, b – Fe-Ca-Mg-вой основности), так и *дополнительных* (a:c - отношения Na+K к анортитовому Ca, c' – доли Ca среди оснований в цветной части породы, m' – то же Mg, f' – то же Fe; n – то же Na от суммы щелочей, φ – то же Fe³⁺ в цветной части породы, t-титанистости породы). Обе породы насыщены кремнекислотой (6>Q>-6), умеренно богаты щелочами (7>a:c>5/2), меланократовые (45>b>20) [10]; химически те и другие породы более близки среднему составу спессартитов по Р.Дэли [10]. К ним же близки химические составы минетт и вогезитов. Состав вогезитов более близок среднему составу однотипной породы по параметрам Q (-7.8 против -7.5) и a:c (4.4 против 2.6 по Р.Дэли). Отклонения от среднего состава вогезита [10] состоят в незначительном превышении в них общей щёлочности (a=12.3 против 11.1) и отношения Na к сумме щелочей (n=67.5 против n=63.4) при двукратном превышении доли Ca среди оснований в темноцветной части породы (c'=22.0 против 11.1) и подчинённом количестве анортитового Ca (c=2.8 против 4.3), Fe, Mg (соответственно f'=29.2 против 31.1 и m'=48.7 против 57.9). Однако, по кремнекислотности и основности рассматриваемые вогезиты практически соответствуют таковым по Р.Дэли (соответственно s=59.8 против 59.5 и b=25.1 против того же 25.1).

В сравнительно петрологическом аспекте несомненный интерес представляет химизм других дайковых пород скарново-рудного поля, принадлежащих классам пород повышенной щёлочности, и нормального, известково-щелочного, ряда (табл.1,2). Так, кварцевые монциониты по количеству свободного кремнезёма и отношению щелочей к поле-

вошпатовой извести тяготеют к щёлочно-земельным роговообманковым сиенитам по Р.Дэли ($Q=7.0$, $a:c=4.8$), щёлочно-земельный слюдяной сиенит скарново-рудного поля практически соответствует однотипной породе ($Q=6.7$, $a:c=3.6$ по Р.Дэли), а щёлочно-земельный роговообманковый сиенит по числу Q тяготеет к однотипной породе, а по $a:c$ - к щёлочно-земельному слюдяному сиениту по Р.Дэли. Все эти породы, встречаемые исключительно в форме даек, несомненно, имеют вторичное, метасоматическое происхождение [11]. Наконец, дайки диабазов петрохимически близки однотипной породе по Р.Дэли, особенно по параметрам Q (-0.81 против -3.6) и $a:c$ (1.6 против 1.3).

На диаграмме химических составов пород (рис.2) лампрофиры на плоскости asb образуют компактный рой фигуративных точек, весьма близко лежащих к фигуративным точкам составов однотипных пород по Р.Дэли. Здесь с вогезитами по щёлочности и основности близко находятся диабазы. С лампрофирами по щёлочности сравнимы и диориты (по Р.Дэли), лежащие в поле меньшей основности, вблизи кварцевых монцонитов и щёлочно-земельных роговообманковых сиенитов. Фигуративные точки составов последних, равно как и щёлочно-земельных слюдяных сиенитов, на диаграмме ложатся несколько выше и правее, в поле пород более высокой щёлочности и меньшей основности. На плоскости asb диаграммы лампрофиры относительно трендовой пунктир-штрих линии «щёлочность-основность пород» чётко обособлены как от пород повышенной щёлочности (кварцевых монцонитов и сиенитов), так и нормального, известково-щелочного, ряда (диоритов, диабазов), ближе, однако, тяготея к последним. Здесь в зависимости от величины $m'+f':c'$ чётко выделяются две группы векторов состава пород. К первой относятся лампрофиры, кварцевые монцониты и диабазы, ко второй – различные сиениты. В отличие от пород первой группы, векторы фигуративных точек химических составов пород второй группы более крутые и длиннее, что свидетельствует о преобладании среди оснований в цветной части состава пород Fe и Mg над Ca, $-m'+f':c'=8.8$; у пород же первой группы эта характеристика в среднем составляет 4.1, т.е. в 2.2 раза меньше. У лампрофиров $m'+f':c'=3.8$, у диабазов – 4.7, что весьма близко. Эти породы близки и по соотношению Fe и Mg в темноцветной части пород – $f':m'=0.65$ и 0.60 соответственно). Важно подчеркнуть, что по основности с вогезитами практически равны диабазы (табл.2). Рой фигуративных точек составов лампрофиров пространственно отчётливо обособлен и на плоскости csb диаграммы (рис.2). Обращает также внимание в целом малая изменчивость величины натровой щёлочности даек ($n=53.7-67.5$; табл.2), что очевидно по сходному наклону векторов фигуративных точек химических составов пород на плоскости csb диаграммы.

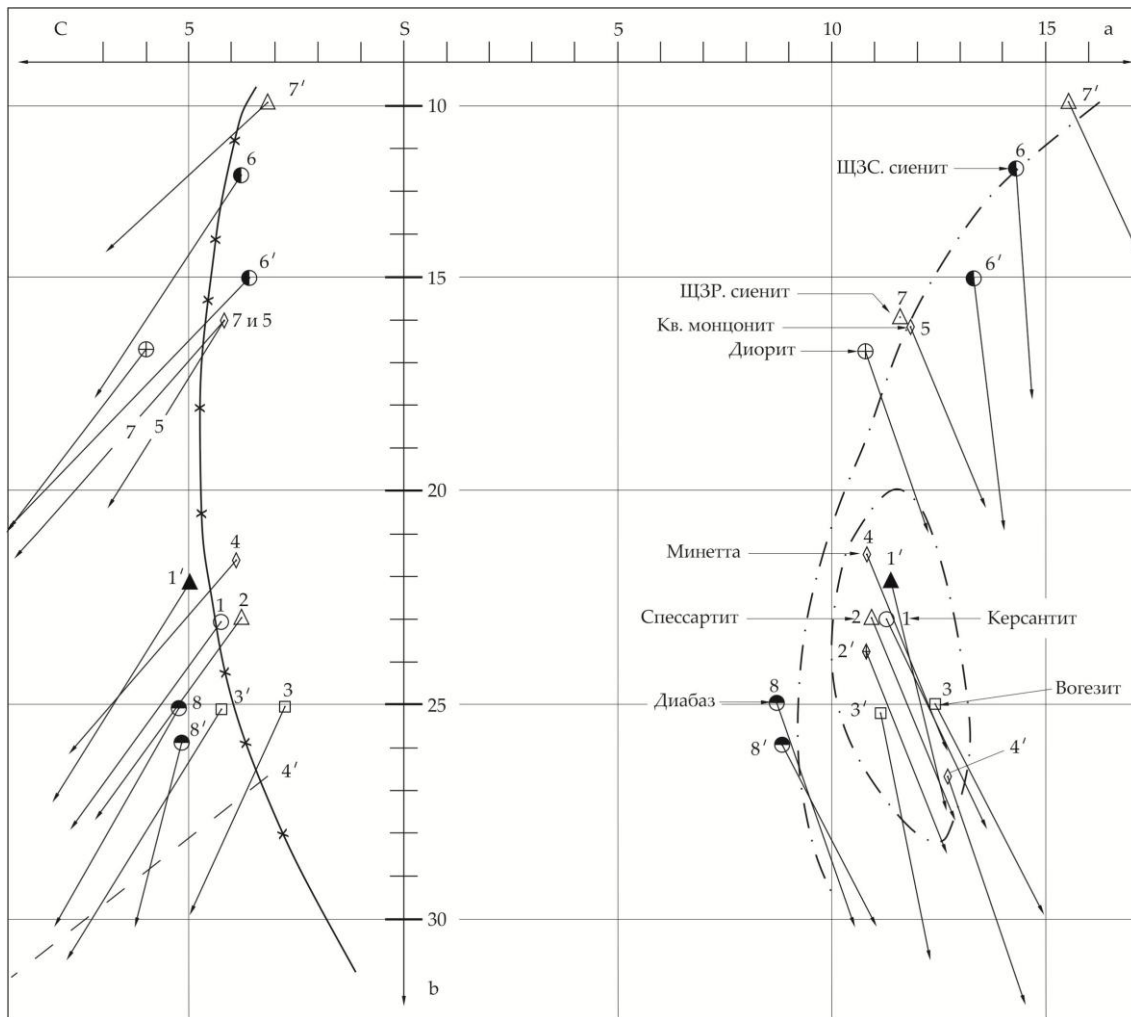


Рис.2 Диаграмма химических составов (по А.Н.Заварицкому [9]) лампрофировых и других дайковых пород Кафандарского скарново-рудного поля: 1 ÷ 8 – номера пород по таблицам 1 и 2: 1 – керсантиты, 2 – спессартиты, 3 – вогезиты, 4 – минетты, 5 – кварцевые (кв.) монцониты, 6 – щёлочно-земельные слюдяные (ЩЗС) сиениты, 7 – щёлочно-земельные роговообманковые (ЩЗР) сиениты, 8 – диабазы. Цифры со штрихами: 1' ÷ 8', соответственно обозначают средние петрохимические составы тех же пород (1- 8) по Р.Дэли [10].

В свете вышеизложенного рассмотрим вопрос возникновения лампрофиров. Очевидно, уместно отметить, что проблема происхождения лампрофиров (полевошпатовых, фельдшпатоидных, мелилитовых) изобилует гипотезами, как-то: допускающими существование самостоятельных лампрофировых магм; генетическую связь лампрофиров с магмами кислой, основной, щёлочно-базальтовой и щёлочно-ультраосновной как продуктов их дифференциации, трансвапоризации, ассимиляции вмещающих пород, воздействия на кристаллизирующуюся магму транстеллурических и трансмагматических флюидов и т. д. [12,13]. На этом фоне из вышеизложенного легко заметить, что петрохимические материалы вполне моделируются концепцией Д.С.Коржинского [14], показавшего, что химические составы лампрофиров диоритового ряда – керсантитов, спессартитов, вогезитов и

минетт, связанных с формациями гранитоидов нормальной щелочности, на петрохимической диаграмме в координатах $\text{SiO}_2\text{-(Al}_2\text{O}_3\text{+Fe}_2\text{O}_3\text{)-(CaO+MgO+FeO+MnO)}$ располагаются около линии пород нормальной щёлочности, между габбро и диоритами, что указывает на возникновение лампрофиров «за счёт диабазовой магмы нормальной щёлочности, причём на эту магму при её кристаллизации воздействовали флюиды повышенной щёлочности» (с.323]. Вместе с тем, представляется не менее вероятным возможность возникновения лампрофиров в силу воздействия тех же флюидов на дайки диоритового ряда нормальной щёлочности, о чём прямо свидетельствует наблюдаемое в Кафандарском скарново-рудном поле метасоматическое замещение даек диоритовых порфириров керсантами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Х.М. Дайки и оруденение. – М.: Гос. науч. изд-во литер. по геологии и охране недр, 1957, 232 с.
2. Баратов Р.Б. Интрузивные комплексы Южного склона Гиссарского хребта и связанное с ними оруденение. – Душанбе: Дониш, 1966, 336 с.
3. Бабаходжаев С.М. – Тр. Института геологии. Сталинабад, 1956, с.75-85.
4. Хасанов А.Х., Брейвинская В.М. Вопросы геологии Таджикистана. – Душанбе, 1965, с.48-63.
5. Россейкин Л.В., Рахманов А.М. – ДАН Тадж ССР, 1971, т. XIV, с. 40-43.
6. Блохина Н.А. Условия формирования оловянно-вольфрамового месторождения Майхура. – Душанбе: Дониш, 1973, 195 с.
7. Мамадвафоев М.М., Бахронов Н., Куимова Г.В. – ДАН Республики Таджикистан, 1994, т. XXXVII, № 11-12, с.16-23.
8. Мамадвафоев М.М., Бахтдавлатов Р.Д., Хасанов А.Х. Петрология, геохимия и рудоносность магматических и метасоматических образований района междуречья Сарбо – Сардаи-Миёна (Восточный Гиссар). – Душанбе: Ирфон, 2015, 312 с.
9. Заварицкий А.Н. Введение в петрохимию изверженных горных пород. – М. – Л., АН СССР, 1950, 400 с.
10. Четвериков С.Д. Руководство к петрохимическим пересчётам. – М.: Госгеолтехиздат, 1956, 246 с.
11. Хасанов А.Х. Петрология и рудоносность метасоматических комплексов Центрального Таджикистана. – Душанбе: Дониш, 1976, 250 с.
12. Щукин С.И. Геология рудных месторождений, 1974, т.16, № 6, с. 97-101.
13. Ефремова С.В. Дайки и эндогенное оруденение. – М.: Недра, 1983, 224 с.
14. Коржинский Д.С. В сб.: Геохимия. Минералогия. Петрология. МГК, XXV сессия. Доклады советских геологов. – М.: Наука, 1976, с. 320-327.

М.М.МАМАДВАФОЕВ, Д.А.ДАВЛАТШОЕВ

**ОИД БА ПЕТРОХИМИЯ ВА ПАЙДОИШИ ЛАМПРОФИРҲОИ
МАЙДОНИ СКАРНУ-МАЪДАНИИ КАФАНДАР (ҲИСОРИ ШАРҚӢ)**

*КВ «Экспедиция чустучѳию аксбардории геологи»-и
Саридораи геологии назди Ҳукумати Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар мақола далелҳо оид ба петрохимияи лампрофирҳои қатори диоритӣ, ки генетикӣ ба гранитоидҳои инверсионии (C₂₋₃) магматизми нормалии бўрию-ишқорӣ мансубанд, иншо гардидаанд. Ҳамчунин барои муқоҳиса дигар далелҳои петрохимиявии дайқаҳои қатори ишқори баланддор ва нормалӣ оварда шудаанд. Ин маводҳо ба ҳулосае меоваранд, ки лампрофирҳо на танҳо дар натиҷаи таъсири маҳлулҳои трансмагматикии ишқори баланддор ба дайқаҳои диабазии ишқори нормалигӣ дар мавриди кристаллноқӣ шуданашон, ки дар бораи он пештар Д.С.Коржинский навишта буд, балки ҳамчунин дар оқибати таъсири худӣ ҳамон маълулҳо ба дайқаҳои қатори диоритӣ бавучуд омадаанд, ки бевосита дар майдони скарну-маъдании Кафандар дида мешавад.

Калимаҳои калидӣ: Ҳисори Шарқӣ, майдони скарну-маъдании Кафандар, дайқаҳо, лампрофирҳо, монтсонитҳои кварсӣ, сиенитҳо, диоритҳо, диабазҳо, петрохимия, генезис.

M.M.MAMADVAFOEV, D.A.DAVLATSHOEV

**ON PETROCHEMISTRY AND GENESIS OF LAMPROPHYRES OF
KAFANDARA SKARN-ORE FIELD (EAST GISSAR)**

*UE “Geological prospecting and mapping expedition” of the Main Department of Geology
under the Government of the Republic of Tajikistan*

The paper provides information on the petro-chemistry of lamprophyres in the diorite series genetically related to the inversion (C₂₋₃) granitoid magmatism of the normal, calc-alkaline series. For comparison, data on other dyke rocks of increased alkalinity, as well as the normal, calc-alkaline series, are also given. These materials lead to the conclusion that lamprophyres could have been formed not only due to the effect of transmagmatic solutions of increased alkalinity on diabase dikes of normal alkalinity, during their crystallization, as D.S. Korzhinsky wrote earlier, also as a result of applying the same solutions to diorite dykes that is directly observed in Kafandara skarn-ore field.

Key words: East Gissar, Kafandar skarn-ore field, dikes, lamprophyres, quartz monzonites, syenites, diorites, diabases, petrochemistry, genesis.

УДК 624,131

Ф.М.БАБАДЖАНОВ, М.Б.РУСТАМОВ

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТОВ ВЕРХНЕГО
ГОРИЗОНТА ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНОГО ДУШАНБИНСКОГО
КОМПЛЕКСА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ДУШАНБЕ МЕТОДОМ
ДВУХ КРИВЫХ**

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии

Поступила в редакцию 10.04.2019 г.

Лессовые породы широко распространены на территории Таджикистана, в республике все лессовые отложения имеют покровный характер: практически все равнины и долины покрыты лессами. Многие лессовые породы часто бывают обводнены вследствие повышенного количества осадков, повышения уровня в реках, инженерно-хозяйственной деятельности человека (утечка из водопроводов, орошение полей, создание искусственных водоемов и каналов). В связи с увеличением объемов строительства в Таджикистане, необходимость изучения лессовых пород возрастает.

Ключевые слова: лесс, метод двух кривых, просадочные грунты, нижний горизонт верхнечетвертичного душанбинского комплекса.

Целью работы является определение просадочности грунтов верхнего горизонта верхнечетвертичного комплекса грунтов города Душанбе методом двух кривых. Для этого решались следующие задачи:

- 1) изучить литературу по данной теме, составить литературный обзор,
- 2) освоить методики определения свойств грунтов,
- 3) проанализировать полученные результаты.

Для исследований были отобраны 9 образцов лессовых грунтов в 3 км к западу от г. Душанбе. Границами участка являются: с севера – автодорога Душанбе - Гиссар, с востока и юга – естественной границы нет, с запада – кишлак Джавонон, на период изыска-

Адрес для корреспонденции: Бабаджанов Фаридун Музаффарович, Рустамов Манучехр Бахтиерович, 734063, Республика Таджикистан, г. Душанбе, проспект Айни 267, Институт геологии, сейсмологии и сейсмостойкого строительства АН РТ. E-mail: Faridun.babadzhanov@mail.ru, rustamov_manucher94@mail.ru

ний территория свободна от застройки и представляет собой пустырь, покрытый травянистой растительностью.

В геоморфологическом отношении участок работ приурочен к поверхности II правобережной террасы р.Кафирниган. Рельеф участка ровный, с общим уклоном поверхности с севера на юг. Высотные отметки поверхности составляют 751,50-752,40 м.

Характеристика состава и строения изученных образцов приведена в табл. 1

Таблица 1

Характеристика состава и строения исследуемых образцов

№ образца	Глубина отбора, м	Влажность, %	Влажность верхнего предела пластичности, %	Влажность нижнего предела пластичности, %	Число пластичности	Плотность, г/см ³	Плотность скелета, г/см ³	Плотность твердых частиц, г/см ³	Пористость, %	Коэффициент пористости
1	1	10	30.6	22.2	8.4	1.42	1.29	0.81	0.519	1.0775
2	2	20	30.6	22.2	8.4	1.78	1.48	0.93	0.448	0.8108
3	3	19	28.5	20.0	8.5	1.87	1.57	0.98	0.414	0.707
4	4	23	32.1	23.4	8.7	1.86	1.51	0.95	0.437	0.775
5	5	22	29.5	22.3	7.2	1.62	1.32	0.83	0.507	1.030
6	6	18	22.0	16.4	5.6	1.8	1.52	0.95	0.433	0.763
7	7	21.9	25.0	18.3	6.2	1.87	1.52	0.89	0.420	0.763
8	8	13.3	23.2	17.1	6.9	1.86	1.51	0.92	0.428	0.774
9	9	19.3	24.1	15.8	6.7	1.82	1.64	0.95	0.419	0.634

Образцы монолитов грунта размером 20 на 20 см отобраны из шурфа с глубин 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 м. Мощность почвенного слоя составляет 70 см, слоистость толщи не наблюдается.

Образцы были отобраны с глубин от 1 до 9 метров (шаг 1 м) и представляют собой суглинки. При скатывании в шнур появляются трещины, имеющие цветовую окраску от светло-коричневого до темно-коричневого. С увеличением глубины пор становится меньше, а на образце, взятом с 6 метров, и вовсе отсутствуют. Макроструктура массивная, состояние грунта пластичное, влажное. Плотность грунта в естественном состоянии от 1.42 г/см³ до 1.80 г/см³, природная влажность 10-23 %.

Все испытания для определения показателей свойств грунтов проводились лабораторными методами, для определения состава и свойств грунта были использованы следующие формулы:

Физические характеристики грунта (плотность грунта по ГОСТу 5180-84)

$$\rho = \frac{m}{v},$$

где m – масса грунта, v – объем грунта;

Плотность скелета грунта

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w},$$

где ρ – плотность грунта, г/см^3 , w – естественная влажность грунта, % (ГОСТ 5180),

Плотность твердой компоненты (по ГОСТу 5180-84)

$$\rho = \frac{m_{\text{твердость}}}{V_{\text{твердость}}},$$

где m – масса грунта, V – объем грунта;

Пористость грунта

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \times 100,$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см^3 (ГОСТ 5180); ρ_d – плотность сухого грунта, г/см^3 ;

Коэффициент пористости грунта

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d},$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см^3 (ГОСТ 5180); ρ_d – плотность сухого грунта, г/см^3 ;

Естественная влажность грунта

$$W = \frac{m_w}{m_{\text{гр}}} * 100\%,$$

m_w – масса жидкости, m – масса абсолютно сухого грунта;

Число пластичности

$$IP = wL - wP,$$

где wL – влажность на границе текучести, %, wP – влажность на границе раскатывания, % (ГОСТ 5180),

Определение просадочности грунта методом двух кривых (по ГОСТу 23161-78)

Метод двух кривых используется для определения относительной просадочности при различных давлениях и нормального просадочного давления. При использовании метода двух кривых требуется два компрессионных прибора- одометра.

Результаты проведенных работ по определению просадочности методом двух кривых приведены на рис. 2.

Плотность исследованных лёссовых грунтов верхнечетвертичного Душанбинского комплекса изменяется от 1.42 до 1.96 г/см^3 , заметно, что плотность с глубиной увеличивается (рис. 1). Плотность лёссов зависит от их влажности, то есть, чем больше влажность, тем больше плотность (приложение 1).

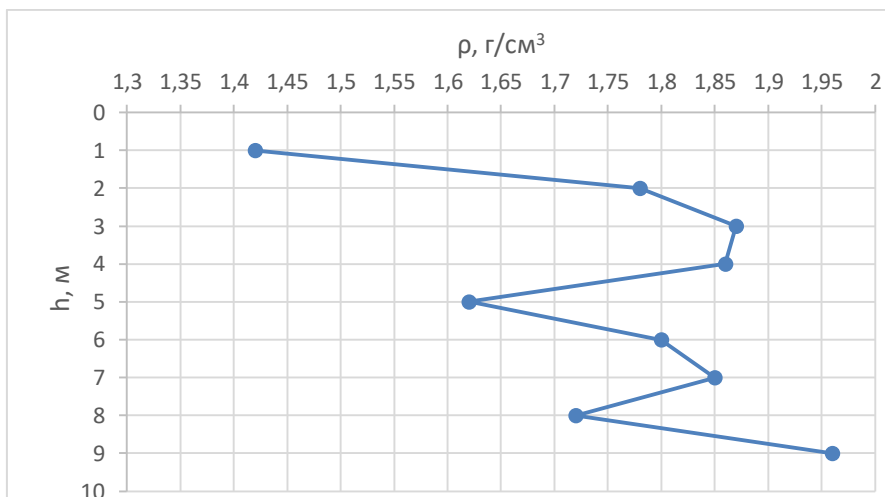


Рис. 1. Зависимость плотности лёссовых грунтов верхнечетвертичного Душанбинского комплекса (ρ) от глубины залегания (h).

Влажность изменяется от 10 до 22.5%, Величина влажности зависит от климата и гидрогеологических условий района (Грунтоведение 2005).

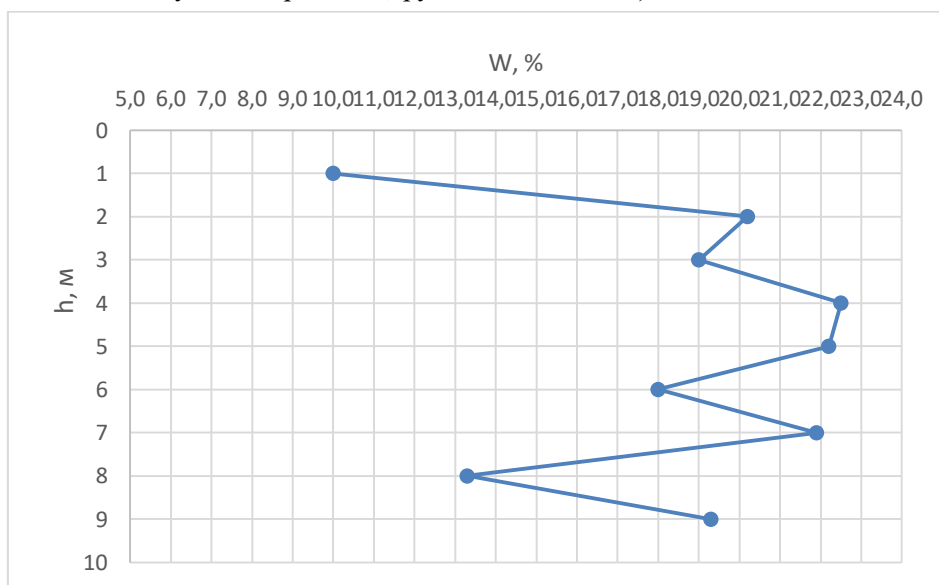


Рис. 2. Изменение влажности лёссовых грунтов верхнечетвертичного Душанбинского комплекса (w) с глубиной залегания (h).

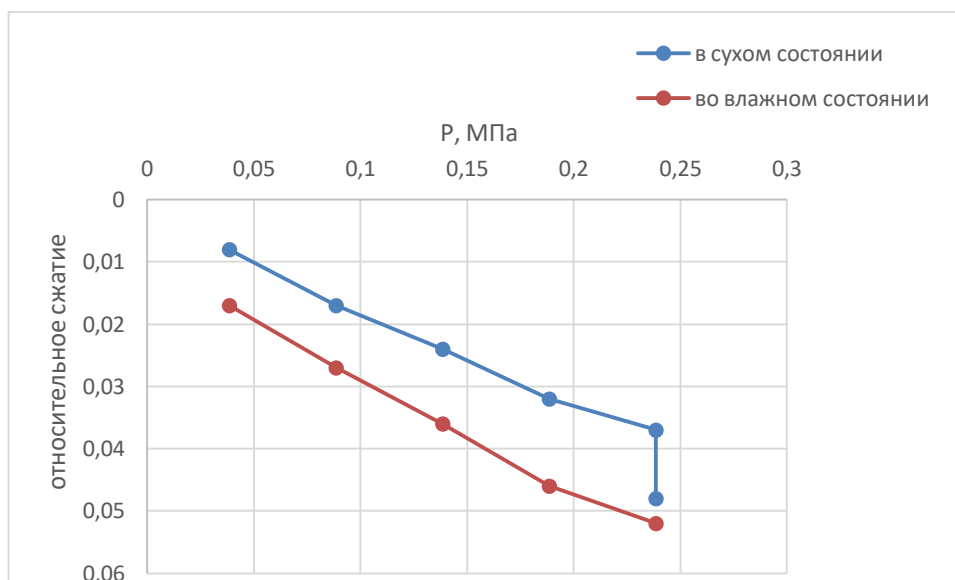


Рис. 3. Просадочность образца № 2 методом двух кривых

Здесь мы можем наблюдать, что образец № 2 по ГОСТу 25100-2011 является среднепросадочным. Такие таблицы сделаны для каждого образца.

По результатам проведенных испытаний мы определили, что наш грунт по ГОСТу 25100-2011 относится к среднепросадочным.

Таблица 2

Химический состав грунта по результатам водной вытяжки

№ выработк и	Глубина м	Мг/кг грунта								РН	Мг-эквивалент						
		Сухой остаток	щелочность		CL'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na+K		щелочность		CL'	SO ₄ "	Ca"	Mg"	Na+K
			CO ₃ "	HCO ₃							CO ₃ "	HCO ₃					
Ш-1	2	542	-	256	103	33	120	12	18	6,46	-	0,42	0,29	0,07	0,6	0,1	0,08
	9	490	-	195	137	16	100	12	30	6,48	-	0,32	0,38	0,03	0,5	0,1	0,13

Образцы проб, взятые с глубин от 2 м до 9 м (шаг 1 м), имеют небольшое различие в физико-механических свойствах.

Заключение

В результате проведенных опытов было выявлено, что исследуемые грунты по ГОСТу 25100-2011 являются среднепросадочными, по числу пластичности и содержанию песчаных частиц это легкий пылеватый суглинок. Проблема лёссов, возникшая более ста лет назад, все еще существует и далека до полного разрешения. Сейчас можно говорить о различных условиях происхождения лёссов и о весьма сложной и многофакторной природе их просадочности. Во многом просадочность лёссов может объясняться формированием в них особой структуры с сочетанием пор, пылеватых и глинистых частиц. Решение проблемы, связанной с уплотнением лессовых пород, позволит достичь существенного прогресса, а также надежности строительства и исключить возможность разрушения возводимых на этих породах инженерных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов В. Т, Королев В. А. Под ред. Трофимова В.Т. - Грунтоведение, 2005, изд-во МГУ, 2005, 390 с.
2. Трофимов В.Т. Генезис просадочности лёссовых пород. изд-во МГУ, 1999, 269с.
3. Широков В.Н. Положение о курсовых работах. – Изд-во МГУ, 2013
4. Визуальное описание грунта («Практикум по грунтоведению», 390с.)
5. Определение естественной влажности грунта (по ГОСТ 5180-84)
6. Определение плотности грунта методом режущего кольца (по ГОСТ 5180-84)
7. Определение просадочности грунтов методом двух кривых (по ГОСТ 23161-78)
8. Фролова Ю.В. Лекции по грунтоведению. 2014.
9. Широкова В.Н. Лекции по методу исследования грунтов в массиве. 2015.
10. Грунтоведение / Под ред. акад. Е.М.Сергеева. – М.: 1983.
11. ГОСТ 25100-2011 «Разновидности глинистых грунтов»
12. ГОСТ 26423-85, 26428-85 «Почвы»
13. СНиП -15-74 (Крутов В. И. Грунтоведение. 1982 и др.)

Ф.М.БОБОҶОНОВ, М.Б.РУСТАМОВ

ТАВСИФИ ХОСИЯТИ ШИНИШИ ХОКИ САФЕДИ МАҶМУАИ БОЛОИИ ЧОРЯКИ КОМПЛЕКСИ ДУШАНБЕ ҚИСМАТИ МАРКАЗИИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ БО УСУЛИ ДУ ХАТИ КАҶ

Институти геология, сохтмони ба заминчунбӣ тобовар ва сейсмология

Дар Тоҷикистон хокҳои сафед васеъ паҳн шудаанд, дар ҷумҳурӣ тамоми хокҳои сафед хусусияти пӯшишӣ доранд: тақрибан ҳамаи водиҳо ва ҳамвориҳо бо хокҳои сафед пушонанда шудаанд. Аз сабаби зиёд шудани борон, баланд шудани сатҳи дарёҳо ва таъсири фаъолияти сохтмонию кишоварзии одамон (аз кубурҳои обгузар, майдонҳои обёришаванда, сохтани ҳавзҳо ва каналҳои сунъӣ) аксарияти хокҳои сафед бисёр вақт зери об мемонанд. Бо зиёд шудани ҳаҷми сохтмон дар Тоҷикистон, зарурати омӯзиши хокҳои сафед афзоиш меёбад.

Калимаҳои калидӣ: хоки сафед, усули ду хати қач, хокҳои хосияти шиниш дошта, қабати поёнии маҷмуаи болоии чоряки комплекси Душанбе.

F.M.BABADZHANOV, M.B.RUSTAMOV

**CHARACTERISTICS OF SOIL SUBSIDENCE OF THE UPPER HORIZON OF
THE UPPER QUATERNARY DUSHANBE COMPLEX IN THE CENTRAL
PART OF DUSHANBE BY THE METHOD OF TWO CURVES**

Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology

Loess rocks are widely spread on the territory of Tajikistan. In the Republic, all loess deposits have a cover character: almost all plains and valleys are cover with loess. Many loess rocks are often watered up due to increased rainfall, rising levels in rivers, due to engineering and economic activities of man (leakage from water pipes, irrigation of fields, the creation of artificial reservoirs and canals). Due to the increase in construction in Tajikistan, the need to study loess rocks increases.

Key words: loess, two-curve method, subsidence soils, lower horizon of the Upper Quaternary Dushanbe complex.

УДК 631.432.4

Ш.И.ХОДЖАЕВ

**УРОВЕНЬ ЗАЛЕГАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ
БАССЕЙНА РЕК ЯХСУ, КЫЗЫЛСУ И ПЯНДЖ ЮГО-ВОСТОЧНОГО
ТАДЖИКИСТАНА**

Институт почвоведения Таджикской академии сельскохозяйственных наук

Поступила в редакцию 11.03.2019 г.

В статье приведён анализ результатов научных исследований о залегании грунтовых вод на орошаемых землях долины рек Яхсу, Кызылсу и Пяндж. Исследования показали, что на значительных её площадях грунтовые воды расположены на критическом уровне – 0 – 1.1, 0 – 1.5 м, соответственно, что является предрасполагающим фактором засоления почв, препятствующем получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: грунтовые воды, уровни залегания, орошаемые земли, плодородие, солевой баланс, наблюдения, атмосферные осадки, режим стока, испарения.

Обеспечение мелиоративного состояния и плодородия орошаемых земель – одна из наиболее важных задач водохозяйственных органов страны, которые являются основным фактором повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции, и на этой основе содействует повышению уровня благосостояния населения.

Для регулирования уровня грунтовых вод и солевого баланса на орошаемых землях построена коллекторно-дренажная сеть общей протяженностью 11.4 тыс. км, в том числе 2.2 тыс. км межхозяйственной, 9.17 тыс. км внутрихозяйственной, из них 5.4 тыс. км являются открытой сетью и 3.7 тыс. км закрытой сетью. Территорию орошаемых земель обслуживают 2453 единиц вертикальных скважин, в том числе 1115 единиц мелиоративных вертикальных скважин, 746 единиц оросительных и 174 единиц наблюдательных.

Наблюдаемая орошаемая площадь составляет 691.2 тысячи гектаров, засоленные земли, что под картографированием 628.3 тысячи гектаров, или 83%, и земли, обеспечен-

Адрес для корреспонденции: Ходжаев Шариф Идиевич. 735025, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр.Рудаки, 21а, Институт почвоведения ТАСХН, E-mail:doston_120696@mail.ru

ные дренажом 329.2 гектаров, или 43.7%, в том числе закрытым 79.3 тыс. гектаров, или 10.5%.

В целом по республике общая площадь земель различной степени засоленности составляет 98.7 тыс. га, из которых 23.2 тыс. га являются средне- и сильнозасоленными и нуждаются в специальных агротехнических и мелиоративных подходах.

Изменение мелиоративного состояния земель является процессом, который постоянно находится в движении. Если, с одной стороны, периодически проводить работы по улучшению мелиоративного состояния земель, то, с другой стороны, в связи с несоблюдением агротехнических условий, технологии полива, непроведения своевременной очистки внутрихозяйственных коллекторно-дренажных сетей, непроведения промывки засоленных земель, происходит ухудшение состояния мелиоративных земель.

В целях повышения производительности и эффективного использования орошаемых земель, и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в период 1996-2015 гг. на площади 151.4 тыс. гектаров были проведены мелиоративные работы и улучшено их мелиоративное состояние орошаемых земель. В рамках Программ по улучшению мелиоративного состояния сельскохозяйственных орошаемых земель Республики Таджикистан на 2000-2004 гг. на площади 30.6 тыс. га, 2005-2009 гг. на площади 60.2 тыс. га и в 2010-2014 гг. на площади 51.7 тыс. га было улучшено мелиоративное состояние сельскохозяйственных орошаемых земель.

Согласно отчета мелиоративного кадастра, на 1 января 2017 года в республике мелиоративное состояние 39580 гектаров земель оценивается неудовлетворительным. В связи с этим, в 2017 году планировалось улучшение мелиоративного состояния 9937 га земель. На 31 декабря 2017 года за счет средств услуг водоподачи, местного бюджета, хозяйствования и реализуемых инвестиционных проектов улучшено мелиоративное состояние сельскохозяйственных орошаемых земель на площади 10928 га.

Объект и методы исследований

Исследования проводились в 2016-2018 гг. на орошаемых землях долины рек Яхсу, Кызылсу и Пяндж Юго-Восточного Таджикистана.

Результаты исследований

Результаты исследований показали, что почвенно-грунтовые воды на орошаемых землях долины рр. Яхсу, Кызылсу и Пяндж залегают на разных глубинах в зависимости от расположения источников питания, строения речных террас, литологического состава подстилающих пород, микрорельефа, хозяйственной деятельности человека, агротехнических и мелиоративных мероприятий, а также от других физико-географических условий.

Вместе с тем, по материалам наших исследований, колебание уровней почвенно-грунтовых вод по территории происходит закономерно в пределах орошаемых оазисов и отображает тесную связь режима грунтовых вод с геоморфологическим строением, литологическим составом и рельефом местности.

Основной причиной засоления и накопления вредных солей в почве является близкое залегание грунтовых вод (на глубине 1.5-2.5 м от поверхности), и их испарение [1]. Снижение уровня грунтовых вод с помощью дрена – единственная эффективная мера борьбы с прогрессирующим засолением земель в Вахшской долине [2].

В наиболее повышенных и относительно хорошо дренированных участках в пределах района орошения грунтовые воды, как правило, залегают на глубине 4-10 и более метров. Наоборот, в пониженных и слабо дренированных местах грунтовые воды залегают близко к поверхности – в пределах 1-3 м.

Основными источниками питания грунтовых вод являются атмосферные осадки, фильтрационные воды из рек и из ирригационных каналов, а также подземный приток со стороны возвышенностей – Ходжа Сартез, Ходжа Мумин, Тебалай, Джилантау и др.

Основной причиной накопления вредных солей в почве является испарение солевых почвенно-грунтовых вод в случае залегания их на глубине 1.5-2.5 м от поверхности [1].

Атмосферные осадки, выпадая на водосборных площадях и на территории орошаемых полей, оказывают влияние на уровень и режим стока рр. Яхсу, Кызылсу и Пяндж. Колебания уровней рек в половодье и в межень различны на отдельных участках и отражаются на питании почвенно-грунтовых вод, в том числе и на их уровне на орошаемой территории. Подобные явления особенно отчетливо проявляются в прибрежных частях рр. Яхсу, Кызылсу и Пяндж.

Источником засоления целинных земель в орошаемых долинах нашей республики являются соли грунтовых вод. Некоторое значение имеют и соли поливной воды, но количество их ничтожно по сравнению с грунтовой водой [3].

Глубина залегания грунтовых вод определяет тип почвы данной территории. Грунтовые воды практически не оказывают никакого влияния на почвенный профиль, когда их уровень глубже 4 м от дневной поверхности. В этом случае развиваются зональные автоморфные почвы. При глубине залегания 1.5-3.0 м развиваются гидроморфные луговые почвы. В условиях очень близкого залегания (менее 1 м) происходит заболачивание территории и развиваются почвы болотного типа [4].

В питании грунтовых вод на орошаемых территориях долин рек Юго-Восточного Таджикистана преобладающее место занимают воды, фильтрующиеся из рек, каналов и оросителей.

Известно, что 30-60% воды, подаваемой на орошение [5] из оросительных систем, фильтруется в грунты. Эти фильтрующиеся воды в основном расходуются на пополнение почвенно-грунтовых вод.

Из табл. 1 видно, что площади с уровнем грунтовых вод на глубине менее 1 и 1-2 м во время летне-осеннего периода на территории долины составляют 14450 тыс. га, или 33.3% всей орошаемой площади, а в феврале-марте этот показатель равен 9019 тыс. га, или только 20.9%.

Наоборот, площади с глубиной залегания грунтовых вод 2-4 м летом составляют 20284 тыс. га, или 46.9% от всей орошаемой территории долин рр. Яхсу, Кызылсу и Пяндж, а в зимне-весенний период площади с этими глубинами увеличиваются до 23717 тыс. га, что составляет 55% от общей площади.

Следует отметить, что повсеместно на орошаемых массивах с началом оросительного сезона происходит резкое повышение уровней почвенно-грунтовых вод на 1-2 м. При отсутствии подачи воды на возделываемые поля глубина залегания почвенно-грунтовых вод значительно снижается.

Кроме указанных источников, в питании грунтовых вод орошаемой территории в значительном количестве принимает участие приток подземных вод с окружающих горных хребтов Ходжа Сартез, Ходжа Мумин, Тебалай и др.

Таблица 1

Площади с различными глубинами залегания грунтовых вод на орошаемой территории долин рр. Яхсу, Кызылсу и Пяндж, 2016-2018 гг.

Глубина залегания грунтовых вод, м	Зимне-весенний период (февраль-март)		Летне-осенний период (июль-сентябрь)	
	га	%	га	%
Менее 1.0	1205	2.79	2130	4.9
1.0-1.5	2520	5.8	3874	8.9
1.5-2.0	5294	12.3	8446	19.5
2.0-2.5	6877	16.0	7955	18.4
2.5-2.0	7560	17.5	5876	13.6
3.0-4.0	9280	21.5	6453	14.9
Более 4.0	10433	24.2	8435	19.5
Всего:	43169	100.0	43169	100.0

В долинах рр. Яхсу, Кызылсу и Пяндж приток подземных вод на орошаемые территории с вышерасположенных горных участков также незначителен. Возможность подземного притока со стороны горных обрамлений в долинную часть рр. Яхсу и Кызылсу доказывают выходы родников. Они наблюдаются у восточного подножия горы Ходжа Сартез, у северной и юго-западной части солоносной возвышенности Ходжа Мумин и на других участках.

Таким образом, в питании почвенно-грунтовых вод долин рр. Яхсу, Кызылсу и Пяндж принимают участие атмосферные осадки, фильтрационные воды из рек и оросительных сетей, в незначительном количестве, возможно, происходит подземный приток с окружающих горных возвышенностей. Преобладающее место при этом принадлежит фильтрационным водам из рек, каналов и оросителей.

Расходная часть баланса почвенно-грунтовых вод орошаемых массивов долин Юго-Восточного Таджикистана складывается из подземного оттока в сторону русла рр. Яхсу и Кызылсу, дренажного сброса, испарения с поверхности почвогрунтов и водоемов, а также транспирации растительного покрова.

Для характеристики грунтовых вод и их минерализации, а также влияния этих условий на процессы почвообразования, в частности на засоление и рассоление, выделяется 6 гидрогеологических (почвенно-гидрогеологических) районов. Они связаны с различным расположением источников питания, рельефом местности, литологическим составом и глубиной кровли галечников.

В период с 2016 по 2018 гг. нами обследованы территории трёх гидрогеологических зон.

К первому гидрогеологическому району относятся площади, расположенные северо-восточнее кишлаков Мугуло, Корези Боло и Джангал-Баши в долине р. Яхсу. Грунтовые воды в этом районе залегают на глубине 10 и более метров и не принимают участия в почвообразовательных процессах.

Основным источником питания почвенно-грунтовых вод здесь служат фильтрационные воды р. Яхсу и оросительные воды.

Расход грунтовых вод на этих участках обеспечивается, с одной стороны, подземным стоком в реки, а с другой, стоком во второй гидрогеологический район и суммарным испарением.

Грунты, слагающие эту территорию, отличаются промытостью и не содержат легкорастворимые соли.

II Гидрогеологический район расположен в средней части долины р. Яхсу. Северная граница его проходит на широте кишлаков Нон-Джемас, Чинар, а правобережье - по Корези Боло, Джангал-Баши и г. Куляб на левом берегу р. Яхсу, а северо-восточная окраина населенного пункта Тугарак, речка Куляб-Дарья и г. Куляб.

Почвенно-грунтовые воды на территории II гидрогеологического района залегают на глубине до 3 м от поверхности. Для небольшой части территории характерна глубина залегания менее 1 и 1-2 м.

Глубины менее 1 и 1-2 м распространены вдоль прибрежной части речки Оби-Кафтархона и на микропонижениях орошаемых полей между кишлаками Гелот и Кафтархона, а также на припойменных участках левобережья р. Яхсу, на землях джамоатов Тугарак и Шаталова.

Грунтовые воды с уровнем залегания 2-3 и 3-4 м приурочены к дренирующим участкам, преимущественно в подбережной части рр. Яхсу и Куляб-Дарья.

Наиболее близкое (0-2 м) от поверхности залегание грунтовых вод наблюдается на правом берегу р. Яхсу (табл. 2). На левой её стороне они лежат в интервале глубин 2-3 м от поверхности почвы.

Таблица 2

Площади с различными глубинами залегания грунтовых вод в различные сроки в зоне выклинивания (правобережье р. Яхсу)

Глубина залегания грунтовых вод, м	Джамоат Х. Рачабова				Джамоат Тугарак				Джамоат Рудаки			
	март, 2017		август, 2017		март, 2017		август, 2017		март, 2017		август, 2017	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Менее 1.0	35	10.1	50	1.4	75	2.0	87	2.3	15	3.8	21	5.4
1.0-1.5	62	1.8	105	3.0	104	2.7	125	3.3	18	4.6	23	5.9
1.5-2.0	254	7.3	270	7.8	324	8.5	376	9.8	27	6.9	29	7.4
2.0-2.5	465	13.4	482	13.8	420	11.0	463	12.1	35	8.9	39	9.9
2.5-3.0	785	25.5	810	23.3	852	22.3	886	23.2	54-	13.8	56	14.3
3.0-4.0	815	23.4	825	23.7	965	25.3	980	25.6	68	17.3	70-	17.8
Более 4,0	1063	30.5	937	26.9	1078	28.2	901	23.5	175-	44.6	154-	39.3
Всего:	3479	100	3479	100	3818	100	3818	100	392	100	392	100

III Гидрогеологический район приурочен к междуречью Яхсу и Кызылсу. На севере этот район примыкает к соленосной возвышенности Ходжа Сартез. На востоке и юге от второго района его отделяют рр. Оби-Кафтархона, Куляб-Дарья, на западе - р. Кызылсу.

Уровень почвенно-грунтовых вод в III гидрогеологическом районе находится в пределах 0-1, 1-2, 2-3 м от поверхности земли. Только на южной границе этого района грунтовые воды залегают ниже 3-4 м, что объясняется дренирующим влиянием р. Яхсу (табл.3).

Грунтовые воды с уровнем 2-3 м в III гидрогеологическом районе располагаются, в основном, вдоль побережья рр. Яхсу, Кызылсу и на приарычных повышенных участках в северо-восточной части поселка им. Восе, на территории джамоата А. Авазова, а также небольшие контуры таких глубин встречаются западнее кишлака Арпа-Тугилди.

Таблица 3

Площади с различными глубинами залегания почвенно-грунтовых вод в различные периоды в междуречье рр. Яхсу и Кызылсу (центральная часть III гидрогеологического района)

Глубина залегания грунтовых вод, м	Джамоат М. Вайсова				Джамоат А. Авазова			
	март, 2016		август, 2016		март, 2016		август, 2016	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Менее 1.0	100	2.2	104	2.4	74	2.2	108	3,3
1.0-1.5	256	5.9	325	7.5	170	5.2	195	5,9
1.5-2.0	458	10.5	490	11.3	548	16.5	604	18,3
2.0-2.5	540	12.4	636	14.6	842	25.4	805	24,3
2.5-3.0	750	17.3	710	16.3	890	26.9	844	25,5
3.0-4.0	1044	24.0	900	20.7	460	13.9	440	13,3
Более 4.0	1200	27.6	1180	27.1	325	9.8	305	9,2
Всего:	4350	100	4350	100	3309	100	3309	100

Выводы

Глубина залегания почвенно-грунтовых вод в орошаемых районах в условиях долинного почвообразования не является устойчивой. Грунтовые воды большей части территории в зимне-весенний период залегают на глубине от 1 до 3 м. В результате поливов уровень их повышается в среднем до 1 м по сравнению с зимне-весенним сроком. При этом описанный естественный процесс движения влаги в почвах усиливается.

При орошении в условиях некоторой напорности почвенно-грунтовых вод процессы соленакопления в почвах долин носят, преимущественно, поверхностный пятнистый характер. Периодически соли из верхних горизонтов вытесняются инфильтрационными водами и вместе со слабым потоком почвенно-грунтовых вод перемещаются над галечниками на нижерасположенные территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипов Каратаев И.Н. Борьба с засолением орошаемых почв Почвоведение, 1942, № 2. с.21.
2. Грабовская О.А. Геологическое строение, рельеф поверхности и грунтовые воды Вахшской долины. – Почвы Вахшской долины и их мелиорация. – Сталинабад, 1947. с. 53-54.
3. Земан Г.Г., Ваксман Э.Г. Опыт освоения засоленных земель Вахшской долины Таджикистана. Обзор. – Душанбе, 1970. с.12.
4. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. - М.: Изд. АН СССР, т.1 1946, 59 с.
5. Легостаев В.М. Основные источники питания грунтовых вод и причины их подъёма при орошении. – Ташкент: Тр.Союз.НИХИ, 1959, 56 с.

Ш.И.ХОҶАЕВ

ҶОЙГИРШАВИИ САТҶИ ОБҶОИ ЗЕРИЗАМИНӢ ДАР ЗАМИНҶОИ ОБӢРИШАВАНДАИ ВОДИИ ДАРӢҶОИ ЁҶСУ, ҚИЗИЛСУ ВА ПАНҶИ ҶАНУБУ ШАРҚИ ТОҶИКИСТОН

Институти хокишносии Академияи илмҳои кишоварзии Тоҷикистон

Дар мақола таҳқиқот оид ба ҷойгиршавии сатҳи обҳои зеризаминӣ дар заминҳои обёришавандаи водии дарёҳои Ёҳсу, Қизилсу ва Панҷ дарҷ гардидааст. Таҳқиқот маълум намуд, ки масоҳати зиёди заминҳои қорами обёришавандаи ин минтақа сатҳи обҳои зеризамиашон дар чуқурии хатарнок 0-1 ва 1.0, 1.5 м ҷойгир буда, барои гирифтани ҳосили дилҳои зироатҳои кишоварзӣ монеа эҷод намуда ба раванди шӯршавии заминҳои қорами обёришуда мусоидат менамоянд.

Калимаҳои калидӣ: обҳои зеризаминӣ, сатҳи ҷойгиршавӣ, заминҳои обёришаванда, ҳосилхезӣ, мувозинати намакҳо, назорат, боришоти атмосферӣ, тартиби шоридан,бухоршавӣ.

Sh.I.KHOJAEV

**THE LEVEL OF GROUNDWATER OCCURRENCE IN THE IRRIGATED
LANDS OF THE YAKHSU, KYZYLSU AND PYANJ RIVER BASINS
OF SOUTHEASTERN TAJIKISTAN**

Institute of Soil Science of Tajik Academy of Agricultural Sciences

The paper analyzes the results of research on the occurrence of groundwater levels on the irrigated lands of the Yakhsu, Kyzylsu and Pyanj river valleys. Studies have shown that in significant areas, groundwater is located at a critical level of 0 – 1.1, 0 – 1.5 m, which is a predisposing factor in soil salinization and prevents the production of high crop yields.

Key words: groundwater, the level of their occurrence, irrigated lands, fertility, salt balance, observations, precipitation, runoff regime, evaporation.

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ ШАРОФИДДИНА ТУЙЧИЕВА

24.10.1943-16.05.2019 ГГ.



На семьдесят шестом году жизни 16 мая 2019 года перестало биться сердце учёного-физика, Заслуженного работника науки Республики Таджикистан, члена-корреспондента Академии наук Республики Таджикистан, доктора физико-математических наук, профессора, лауреата премии имени С.У.Умарова АН Республики Таджикистан, Шарофиддина Туйчиева, известного и признанного специалиста по структурной механике, технологии полимеров, радиационного материаловедения и полимерных наноконпозиционных материалов.

Туйчиев Шарофиддин родился 24 сентября 1943 года в селе Хаёти Нав Октябрьского (ныне Бохтарского) района Таджикской ССР. В 1960 году окончил среднюю школу №20 города Душанбе с золотой медалью. В том же году поступил на физико-математический факультет Таджикского государственного университета им. В.И.Ленина, который окончил в 1965 году с отличием.

По завершении университета он был зачислен на работу сначала в качестве старшего лаборанта кафедры экспериментальной физики, затем младшим научным сотрудником Проблемной лаборатории физики прочности полимеров. В 1966 году он поступил в целевую аспирантуру Ленинградского Института высокомолекулярных соединений Академии наук СССР. Там под руководством известного учёного с мировым именем С.Я. Френкеля в 1972 году защитил кандидатскую диссертацию на тему «Влияние вытяжки на надмолекулярную организацию полимерных волокон».

Серия его фундаментальных исследований по структурным характеристикам волокон жёстко- и гибкоцепных высокомолекулярных соединений в зависимости от техно-

логических параметров их производства позволили ему выдвинуть совершенно новую концепцию структурной перестройки в полимерах, заключающуюся в том, что при вытяжке волокон происходит непрерывная коренная трансформация старой структуры в новую с увеличенной плотностью аморфных участков, вызванной ростом доли проходных молекул за счет разворачивания складок цепных молекул в кристаллитах фибрилл. Такая структура обуславливает высокую прочность и жесткость волокон.

Ш.Туйчиевым впервые проведена систематизация малоугловых рентгенограмм ориентированных полимерных систем в зависимости от технологической предыстории формирования и от условий последующего их растяжения, что заложило основу нового и очень важного научного направления- «Структурная технология полимеров». Он является соавтором новой концепции надмолекулярного порядка в полимерах, согласно которой все физические свойства полимеров определяются размерами и подвижностью структурных элементов, их физическим состоянием в полимерной матрице.

При изучении деформационного поведения полимеров под действием различных видов радиации он впервые показал, что радиационная сшивка и деструкция макромолекул приводит к снижению плотностной дисперсии аморфных участков, способствует подавлению процессов взаимного перемещения фибрилл и обуславливает однородную деформацию системы в целом. Им впервые проведено исследование микродеформационных свойств композиционных полимерных систем и показано, что для таких систем соотношение между микро- и макродеформацией может быть критерием для оценки степени взаимодействия между разнородными молекулами в межфазных граничных слоях. Было показано, что методы рентгенографии являются одними из самых эффективных методов оценки степени неоднородности микродеформаций, диагностики прочностных параметров полимерных материалов, а также количественной оценки параметров взаимодействия между компонентами в композиционных системах.

Исследованиями по тепловым свойствам кристаллических решеток исходных и облученных полимеров ему удалось обнаружить явление радиационного изменения термоупругих констант (термических коэффициентов линейного расширения и модулей упругости) кристаллических решеток облученных полимеров. Было установлено, что процессы радиационной сшивки и деструкции охватывают цепные молекулы как в аморфных, так и кристаллических участках. Эти результаты имеют важное значение в практике диагностики материалов, работающих в полях ионизирующих излучений.

Особо яркой страницей его деятельности является цикл исследований по свойствам веществ в наноструктурном состоянии, нанотехнологии и нанофизике. Начиная с 2005 года под его руководством в отделе физики конденсированных сред Научно-исследовательского института и на кафедре физики твёрдого тела Таджикского национального университета начались интенсивные исследования структуры и физических свойств углеродных наноматериалов (знаменитых фуллеренов C_{60} и C_{70} , фуллереновой сажи, нанотрубок, наноалмазов, графенов и пр.), а также наноуглероднаполненных при-

родных и синтетических аморфных и кристаллических полимеров. Серьезную поддержку в постановке и начале этих исследований оказала его личная дружба и тесные научные связи со многими известными зарубежными учёными, в частности, с знаменитым японским учёным с мировым именем Эйджи Осавой, который ещё задолго до экспериментального обнаружения (1985 год) так называемых фуллеренов-экзотических углеродных молекул с практически сферическим строением нанометрического размера произвёл теоретический расчёт вероятности образования подобных структур.

В результате кропотливых исследований Шарофиддина Туйчиевича с учениками впервые было установлено, что растворение фуллеренов C_{60} и C_{70} в ароматических растворителях сопровождается структуризацией растворителя, образованием своеобразной надмолекулярной структуры, которая обуславливает немонотонные концентрационные изменения теплофизических свойств растворов (плотности, температуры кипения и плавления, скорости испарения и др.). Были предложены модели надмолекулярной структуры растворов фуллеренов в различных растворителях.

При исследовании нанокарбоннаполненных полимерных композитов ему удалось установить, что в зависимости от концентрации наночастиц, их распределения в полимерной матрице, их взаимодействия с молекулами матрицы, формы и размеров надмолекулярных образований, а также использованной технологии могут быть получены полимерные композитные материалы с наилучшими эксплуатационными характеристиками. Впервые было обнаружено явление образования кристаллосольватов в тройной системе полимер-фуллерен-растворитель на основе кристаллизующихся полимеров и образования гигантских сферолитов в системе на основе аморфных полимеров.

Туйчиев Ш. является автором более 450 научных трудов, в том числе 5 монографий, 10 учебных пособий, 6 научно-методических работ, 19 патентов и изобретений. Его научные работы опубликованы в различных научных изданиях России, Белоруссии, Украины, Латвии, Киргизии, Казахстана, Узбекистана, США, Англии, Японии, Израиля, Польши, Чехии, Ирана и Таджикистана. Его научные труды признаны известными международными организациями. Он является обладателем гранта Фонда Сороса института «Открытое общество» (1999 г.) и большого гранта Международного научно-технического центра (2005-2008 г.), диплома и золотой медали им. В.И. Блинникова Евразийской патентной организации за вклад в изобретательское и патентное дело (2008 г.), Лауреатом премии АН Республики Таджикистан им. академика С.У.Умарова в области физико-математических, химических и геологических и технических наук (2009 г.).

Ш.Туйчиев всегда сочетал плодотворную научную работу с учебным процессом. Активно участвовал в разработке учебных планов и программ по общим и специальным курсам физики с учетом новейших достижений науки, блестяще читал лекции и проводил практические и лабораторные занятия по специальным курсам физики и химии полимеров, физике твердого тела, руководил курсовыми и дипломными проектами студентов, активно участвовал в подготовке квалифицированных кадров для республики, являлся

членом многих диссертационных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций. За плодотворный труд он в 2001 году был удостоен звания Отличника образования Республики Таджикистан и в 2008 году звания Заслуженного работника науки Республики Таджикистан. Он многое сделал для подготовки молодых учёных. Среди них видные учёные республики, а также из Египта и Ирана, успешные педагоги, государственные деятели, служащие вооружённых сил страны.

Шарофиддин Туйчиевич был очень эрудированным и начитанным человеком. Его всегда можно было видеть за чтением. Он не только глубоко разбирался в новейших и актуальных проблемах физической науки, в литературе и искусстве но и имел также активную принципиальную гражданскую жизненную позицию. Светлая память Шарофиддина Туйчиева-талантливого учёного физика навсегда сохранится в сердцах его близких, друзей, соратников и учеников.

Акад. Ф.Рахими, акад. Муминов Х.Х., акад. Одинаев С.О., акад.Ахмедов Х.М.,
акад. Мирсаидов У.М., чл.-корр. Абдуллоев Х.О., чл.-корр. Бобоев Т.Б.,
чл.-корр. Мадвалиев У., чл.-корр. Салихов Т.Х., Саломов А.А., Солихов Д.К.

Коллектив Физико-технического института им. С.У.Умарова,
коллектив Научно-исследовательского института и физического факультета
Таджикского национального университета

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

№2 (175), 2019 г.

НОВЫЕ КНИГИ

У.М.МИРСАИДОВ

«ПРОБЛЕМА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ТАДЖИКИСТАНЕ».

– Душанбе: Дониш, 2019. – 108 с. (на английском языке).

(The Issues of Radiation Safety in Tajikistan)

В настоящем сборнике систематизированы статьи об актуальных проблемах радиационной безопасности Таджикистана, представленные в разные годы на международных конференциях.

В сборник включены материалы по вторичной переработке урановых отходов, кинетике выщелачивания отвалов, извлечению урана из технических вод, физической защите источников ионизирующего излучения, по незаконному обороту ядерных материалов, радиоэкологическому мониторингу хвостохранилищ, урановому наследию и другим проблемам.

Сборник рассчитан на научных и инженерно-технических работников, занимающихся в области радиационной безопасности, а также сотрудников, работающих с источниками ионизирующего излучения, и экологов. Также может быть полезен аспирантам и студентам химических, физических и медицинских специальностей.

У.М.МИРСАИДОВ, Х.М.НАЗАРОВ, С.К.ХОДЖИЕВ, Н.Н.РАХМАТОВ

**«ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ УРАНОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ РУД И
УРАНСОДЕРЖАЩИХ ВОД ТАДЖИКИСТАНА».**

– Душанбе: Дониш, 2019. – 192 с.

В книге изложены технологические основы переработки урановых руд некоторых урановых месторождений Таджикистана. Описаны формы нахождения урана в супесчаных почвах.

Изложены особенности извлечения урановых концентратов из руд месторождения «Центральный Таджикистан», показаны преимущества использования пероксида водорода, диоксида марганца и азотной кислоты в процессе извлечения урана. Изучены кинетические кривые извлечения урана при различных температурах. Определены значения экспериментальных энергий активации процесса. Разработаны принципиальные технологические схемы переработки урановых руд. Показана возможность использования наряду с промышленными сорбентами местных сырьевых материалов – скорлупы грецкого ореха, шишек арчи, сосны в качестве сорбентов для очистки урансодержащих вод.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами технологии урана, а также она может быть полезна для студентов и магистрантов вузов.