

ISSN 2413-452X

ДОНИШГОҶИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН  
ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ПАЁМИ**  
ДОНИШГОҶИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН  
*(мачаллаи илмӣ)*

БАХШИ ИЛМҶОИ ТАБИЙ

1/2 (106)

**ВЕСТНИК**  
ТАДЖИКСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА  
*(научный журнал)*

СЕРИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ДУШАНБЕ: «СИНО»  
2013

**ДОНИШГОҲИ МИЛЛИИ ТОҶИКИСТОН  
ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МАҶАЛЛАИ ИЛМӢ СОЛИ 1990 ТАЪСИС ЁФТААСТ.  
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 1990 ГОДУ.**

**Ҳайати таҳририя:  
Редакционная коллегия:**

**Имомов М.С. - гл. редактор, доктор филологических наук, профессор  
Каримов М.Б. – зам. гл. редактора, доктор химических наук, профессор  
Сироджиддини Эмомали – зам.гл.редактора, кандидат филологических наук, доцент**

**Аъзои ҳайати таҳририя:  
Члены редколлегии:**

**Абдуллоев Х.М. - доктор физико-математических наук, доцент  
Гиёсов Т.Дж. - доктор биологических наук, профессор  
Раджабов Н.Р. - доктор физико-математических наук, профессор  
Саидов Н.Б. - кандидат фармацевтических наук, профессор  
Сафаров Дж.Х. - доктор физико-математических наук, профессор  
Сафармамадов С.М. - доктор химических наук, профессор  
Солехов Д.К. - кандидат физико-математических наук, доцент  
Суяров К.Дж. - кандидат химических наук, доцент  
Табаров А.Х. - доктор физико-математических наук, профессор  
Таджибеков М. - доктор геолого-минералогических наук, профессор  
Устоев М.Б. - доктор биологических наук, профессор  
Шерматов Н. – доктор технических наук, профессор**

Маҷалла бо забонҳои тоҷикӣ, русӣ ва англисӣ нашр мешавад.  
Журнал печатається на таджикском, русском и английском языках.

**Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, 2013  
Вестник Таджикского национального университета, 2013**

# МАТЕМАТИКА ВА ИНФОРМАТИКА

## ОБ ОДНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАДАЧЕ

*Р. Мустафокулов*

Таджикский национальный университет

В настоящей работе изучается краевая задача для дифференциального уравнения с особенностями, которая возникает (см. [1 – 3]) для упругого континуума с сосредоточенными массами при импульсных воздействиях, когда в коэффициентах соответствующего дифференциального уравнения появляются дельтаобразные компоненты.

Рассмотрим уравнение в дифференциалах Стильеса

$$-d(pu') + udQ = dF, \quad (1)$$

где коэффициенты  $p, Q, F$  являются функциями ограниченной вариации на отрезке  $(0, l)$ . Если коэффициенты являются гладкими функциями, то уравнение (1) эквивалентно обыкновенному уравнению

$$-(pu')' + qu = f \quad (2)$$

при  $q(x) = Q'(x)$  и  $f(x) = F'(x)$ .

Наряду с уравнением (1) рассмотрим интегро-дифференциальное уравнение

$$-(pu')(x) + (pu')(0) + \int_0^x udQ = F(x) - F(0) \quad (3)$$

с абсолютно непрерывными решениями, производные которых имеют ограниченную вариацию, а интеграл понимается в смысле Стильеса. В отличие от (1), которое описывается с помощью обобщенных функций, уравнение (3) имеет поточечный смысл, поэтому оно наследует универсальность (2) для самых разнообразных задач естествознания и техники.

Ниже рассматривается краевая задача для уравнения (3), приводятся условия её разрешимости, а также изучается возможность интегрального представления решения задачи через её функцию Грина. В работе используется поточечный подход, предложенный Ю.В. Покорным [1] и развитый для непрерывных решений в [2,3].

Относительно терминологий и основных понятий см. [3,4].

Замена привычного обыкновенного дифференциального уравнения (2) на (3) расширяет класс допустимых к анализу задач. Однако, при таком переходе следует учитывать специфику уравнения (3). Это, прежде всего, допустимые разрывы у производных решений. Из (3) видно, что  $u'(x)$  имеет разрывы там, где имеют скачок функции  $p(x)$ ,  $Q(x)$  и  $F(x)$ . Такие точки будем называть *особыми* и их множество обозначим через  $S$ . В точках  $\xi$  множества  $S$  равенство (3) теряет смысл, зато приобретает при  $x = \xi - 0$  и  $x = \xi + 0$ , когда интеграл понимается как несобственный, причем верно равенство

$$\Delta(pu')(\xi) + u(\xi)\Delta Q(\xi) = \Delta F(\xi),$$

где  $\Delta u(\xi) = u(\xi + 0) - u(\xi - 0)$ .

Обозначим через  $\mathbb{V}_{[0,l]}$  множество функций, имеющих ограниченную вариацию на отрезке  $(0, l)$ . Ниже мы будем рассматривать уравнение (3), коэффициенты  $p(x)$ ,  $Q(x)$  и  $F(x)$  которого принадлежат множеству  $\mathbb{V}_{[0,l]}$  и  $\inf_{[0,l]} p(\cdot) > 0$ . Обозначим через  $E$  множество абсолютно непрерывных на  $[0, l]$  функций с производными из  $\mathbb{V}_{[0,l]}$ . Решение уравнения (3) мы будем искать в классе  $E$ .

Обозначим

$$Lu(x) = -(pu')(x) + (pu')(0) + \int_0^x u dQ.$$

Уравнение (3) можно записать теперь в виде

$$Lu(x) = F(x), \quad (4)$$

считая при этом (что не ограничивает общности)  $F(0) = 0$ .

Ясно, что множество решений  $\mathfrak{M}$  однородного уравнения

$$Lu(x) = 0 \quad (5)$$

есть линейное подпространство в  $E$  и нетрудно показать, что  $\dim \mathfrak{M} = 2$ . Как и в случае обыкновенного дифференциального уравнения, мы будем называть любой базис из  $\mathfrak{M}$  *фундаментальной системой решений* однородного уравнения (5).

Для пары функций  $\varphi_1, \varphi_2$  из  $E$  можно ввести понятия *определителя Вронского*

$$W[\varphi_1, \varphi_2] = W(x) = \begin{vmatrix} \varphi_1(x) & \varphi_2(x) \\ \varphi_1'(x) & \varphi_2'(x) \end{vmatrix}.$$

Отметим, что в особых точках  $x = \xi$  собственного значения  $u$  производных  $\varphi_1'(x), \varphi_2'(x)$  может не быть (в отличие от левых и правых производных). Поэтому значение  $W(x)$  при  $x = \xi$  может не существовать, но  $W(\xi - 0), W(\xi + 0)$  существуют и, вообще говоря, их значения могут быть различными. Это означает, что областью определения функции  $W(x)$  является множество  $T = [0, l] \setminus S$ .

Нетрудно показать, что определитель Вронского  $W(x)$  для фундаментальной системы решений  $\{\varphi_1, \varphi_2\}$  однородного уравнения (5) не равен нулю в каждой точке множества  $T$ . Более того (см. [3]), для любой пары решений  $\varphi_1, \varphi_2$  однородного уравнения (5) справедливо тождество

$$p(x)W(x) \equiv \text{const} \quad (x \in T).$$

В частности, если  $\varphi_1(0) = 0, \varphi_1'(0) = 1$  и  $\varphi_2(l) = 0, \varphi_2'(l) = -1$ , то

$$p(x)W(x) \equiv -p(0)\varphi_2(0) = -p(l)\varphi_1(l).$$

Рассмотрим краевую задачу

$$\begin{cases} Lu(x) = F(x), \\ u(0) = u(l) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Изучим сначала вопрос о разрешимости этой задачи. Следующий аналог альтернативы Фредгольма доказывается как и в случае обыкновенного дифференциального уравнения.

**Теорема 1.** *Задача (6) имеет единственное решение при любой функции  $F(x) \in \mathbb{V}_{[0,l]}$  тогда и только тогда, когда соответствующая однородная задача*

$$\begin{cases} Lu(x) = 0, \\ u(0) = u(l) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

*имеет только тривиальное (нулевое) решение.*

**Определение 1.** Задача (6) называется *невырожденной*, если она однозначно разрешима для любой правой части  $F(x) \in \mathbb{V}_{[0,l]}$ .

Из этого определения следует, что невырожденность задачи достаточно проверять на соответствующей однородной задаче, что зачастую оказывается существенно легче, чем исследовать неоднородную. На этом пути можно получить следующее простейшее условие невырожденности задачи (6).

**Теорема 2.** *Пусть функция  $Q(x)$  монотонно не убывает на  $[0, l]$ . Тогда задача (6) не вырождена.*

**Доказательство.** Покажем, что в условиях теоремы 2 однородная задача (7) имеет только нулевое решение.

В предположении противного существует решение  $u(x)$  задачи (7) такое, что  $u(x) \neq 0$  в  $[0, l]$ , т.е. существует точка  $\xi \in (0, l)$  такая, что  $u(\xi) \neq 0$  (например,  $u(\xi) > 0$ ). Тогда в силу непрерывности  $u(x)$  существует отрезок  $(\xi_1, \xi_2)$ , содержащий точку  $\xi$  такой, что  $u(\xi_1) = u(\xi_2) = 0$  и  $u(x) > 0$  при  $x \in (\xi_1, \xi_2)$ . Рассмотрим случай, когда только точка  $\xi_1$  является особой (остальные случаи рассматриваются аналогично).

Перепишем на  $[\xi_1 + 0, \xi_2]$  однородное уравнение (5) в виде

$$p(x)u'(x) - p(\xi_1 + 0)u'(\xi_1 + 0) = \int_{\xi_1 + 0}^x u dQ.$$

Отсюда, так как  $u'(\xi_1) > 0$  и  $Q(x)$  монотонно не убывает на  $[\xi_1 + 0, \xi_2]$ , то  $u'(\xi_2) > 0$ . С другой стороны, из равенства  $u(\xi_2) = 0$  и положительности  $u(x)$  на  $(\xi_1 + 0, \xi_2)$  вытекает, что  $u'(\xi_2) < 0$  и мы приходим к противоречию. Полученное противоречие доказывает, что  $u(x) \equiv 0$  при  $x \in (0, l)$ . Отсюда следует, в силу теоремы 1, что задача (6) однозначно разрешима для любой функции  $F(x) \in V_{[0, l]}$ , т.е. она не вырождена. Теорема 2 доказана.

Как известно (см., напр., [5]), для обыкновенного дифференциального уравнения возможность интегрального представления решения краевой задачи осуществляется с помощью построения функции Грина, определяемой системой аксиом. Такой подход для нашей задачи невозможен, поскольку здесь не ясна аксиоматика. В [2] дано интегральное представление решения задачи (6) на основе функции влияния, получаемой из физической интерпретации уравнения (3).

**Определение 2 [3].** *Функцией влияния  $K(x, s)$  задачи (6) называется решение при каждом  $s \in (0, l)$  уравнения*

$$-(pu')(x) + (pu')(0) + \int_0^x u dQ = \theta(x - s)$$

при граничных условиях  $u(0) = u(l) = 0$ , где  $\theta(x)$  – функция Хевисайда, т.е.

$$\theta(x) = \begin{cases} 1, & \text{при } x > 0, \\ 0, & \text{при } x < 0. \end{cases}$$

Из этого определения непосредственно следуют основные свойства функции влияния: при каждом  $s_0 \in (0, l)$  функция  $g(x) = K(x, s_0)$  удовлетворяет при  $x \neq s_0$  однородному уравнению (5), причем  $g(0) = K(0, s_0) = 0$ ,  $g(l) = K(l, s_0) = 0$ , а при  $x = s_0$  равенствам

а)  $-\Delta(pg')(s_0) = 1$ , если  $s_0$  не является точкой разрыва функции  $Q(x)$ ;

б)  $-\Delta(pg')(s_0) + g(s_0)\Delta Q(s_0) = 1$ , если  $s_0$  – точка разрыва функции  $Q(x)$ .

Отметим, что эти свойства однозначно определяют функцию, им определяющую.

**Теорема 3.** *Пусть задача (6) невырождена и функции  $\varphi_1(x)$ ,  $\varphi_2(x)$  – два решения однородного уравнения (5), удовлетворяющие условиям*

$$\begin{aligned} \varphi_1(0) = 0, & \quad \varphi_1'(0) = 1, \\ \varphi_2(l) = 0, & \quad \varphi_2'(l) = -1. \end{aligned}$$

*Тогда функция влияния  $K(x, s)$  задачи (6) существует и может быть представлена в виде*

$$K(x, s) = \frac{1}{p(0)\varphi_2(0)} \begin{cases} \varphi_2(s)\varphi_1(x), & 0 < x < s < l, \\ \varphi_1(s)\varphi_2(x), & 0 < s < x < l. \end{cases} \quad (8)$$

Из представления (8) следуют следующие свойства функции влияния которых сформулируем в виде следствий.

**Следствие 1.** *Функция влияния исходной задачи симметрична:  $K(x, s) = K(s, x)$ .*

**Следствие 2.** Функция влияния непрерывна по совокупности переменных на  $[0, l] \times [0, l]$ .

Покажем теперь, что решение  $u(x)$  задачи (6) для любой функции  $F(x) \in \mathbb{V}_{[0,l]}$  может быть представлено через её функцию влияния в виде

$$u(x) = \int_0^l K(x, s) dF(s). \quad (9)$$

Функция  $u(x)$ , с учётом (8), может быть представлена в виде

$$u(x) = \frac{\varphi_2(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_0^x \varphi_1 dF + \frac{\varphi_1(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_x^l \varphi_2 dF. \quad (10)$$

Очевидно, что  $u(0) = u(l) = 0$ . Из представления (10) следует абсолютная непрерывность функции  $u(x)$ . Кроме того, можно показать, что производная  $u'(x)$  определяется равенством

$$u'(x) = \frac{\varphi_2'(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_0^x \varphi_1 dF + \frac{\varphi_1'(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_x^l \varphi_2 dF.$$

Отсюда вытекает, что  $u'(x) \in \mathbb{V}_{[0,l]}$  и, следовательно,  $u(\cdot) \in E$ .

Покажем теперь, что функция  $u(x)$  является решением уравнения (4).

Из (10) получаем

$$\int_0^x u(s) dQ(s) = \frac{1}{p(0)\varphi_2(0)} \times \\ \times \left( \int_0^x \varphi_2(s) \int_0^s \varphi_1(t) dF(t) dQ(s) + \int_0^x \varphi_1(s) \int_s^l \varphi_2(t) dF(t) dQ(s) \right). \quad (11)$$

В первом слагаемом правой части этого равенства поменяем пределы интегрирования

$$I_1(x) = \int_0^x \varphi_2(s) \int_0^s \varphi_1(t) dF(t) dQ(s) = \int_0^x \varphi_1(t) \int_t^x \varphi_2(s) dQ(s) dF(t).$$

Так как

$$L\varphi_2 = 0, \text{ то } \int_t^x \varphi_2 dQ = (p\varphi_2')(x) - (p\varphi_2')(t).$$

Поэтому

$$I_1(x) = \int_0^x (p\varphi_2')(x) \varphi_1(t) dF(t) - \int_0^x (p\varphi_2')(t) \varphi_1(t) dF(t).$$

Аналогично, для второго слагаемого в (11) имеем

$$I_2(x) = \int_0^x \varphi_1(s) \int_s^l \varphi_2(t) dF(t) dQ(s) = \\ = \int_0^x \varphi_2(t) \int_0^t \varphi_1(s) dQ(s) dF(t) + \int_x^l \varphi_2(t) \int_0^x \varphi_1(s) dQ(s) dF(t).$$

Так как

$L\varphi_1 = 0$ , то  $\int_0^\alpha \varphi_1 dQ = (p\varphi_1)'(\alpha) - (p\varphi_1)'(0) = (p\varphi_1)'(\alpha) - p(0)$ .

Следовательно,

$$I_2(x) = \int_0^x (p\varphi_1)'(t)\varphi_2(t)dF(t) + \int_x^l (p\varphi_1)'(x)\varphi_2(t)dF(t) - p(0) \int_0^l \varphi_2(t)dF(t).$$

Подставляя значения  $I_1(x)$  и  $I_2(x)$  в (11), получим

$$\begin{aligned} \int_0^x u(s)dQ(s) &= \frac{1}{p(0)\varphi_2(0)} \left[ \int_0^x (p\varphi_2)'(x)\varphi_1(t)dF(t) - \int_0^x (p\varphi_2)'(t)\varphi_1(t)dF(t) + \right. \\ &+ \left. \int_0^x (p\varphi_1)'(t)\varphi_2(t)dF(t) + \int_x^l (p\varphi_1)'(x)\varphi_2(t)dF(t) \right] - \frac{1}{\varphi_2(0)} \int_0^l \varphi_2(t)dF(t) = \\ &= \frac{(p\varphi_2)'(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_0^x \varphi_1 dF + \frac{(p\varphi_1)'(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_x^l \varphi_2 dF + \frac{1}{p(0)\varphi_2(0)} \left[ \int_0^x (p\varphi_1)'(t)\varphi_2(t) - \right. \\ &\left. - (p\varphi_2)'(t)\varphi_1(t) \right] dF(t) - \frac{1}{\varphi_2(0)} \int_0^l \varphi_2 dF. \end{aligned}$$

Отсюда, так как  $\frac{(p\varphi_2)'(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_0^x \varphi_1 dF + \frac{(p\varphi_1)'(x)}{p(0)\varphi_2(0)} \int_x^l \varphi_2 dF = (pu)'(x)$ ,

$$\frac{1}{\varphi_2(0)} \int_0^l \varphi_2 dF = (pu)'(0), \quad (p\varphi_1)'(t)\varphi_2(t) - (p\varphi_2)'(t)\varphi_1(t) = p(0)\varphi_2(0), \text{ то}$$

$$\int_0^x u dQ = (pu)'(x) - (pu)'(0) - F(x)$$

Это означает, что функция  $u(x)$ , определённая равенством (10), является решением уравнения (4).

Таким образом, мы установили справедливость следующего утверждения.

**Теорема 4.** Пусть задача (6) не вырождена и  $K(x, s)$ - её функция влияния. Тогда для любой функции  $F(x) \in \mathbb{V}_{[0,l]}$  соответствующее решение  $u(x)$  задачи представимо в виде (9).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Покорный Ю.В. Интеграл Стильеса и производные по мере в обыкновенных дифференциальных уравнениях // Ю.В. Покорный. Докл. РАН, 1999. –т. 364, №2. –С. 167-169.
2. Покорный Ю.В. Осцилляционная теория Штурма-Лиувилля для импульсных задач / Ю.В. Покорный, М.Б. Зверева, С.А. Шабров // Успехи математических наук, 2008. -т. 63, вып.1(379). - С. 98-141.
3. Покорный Ю.В. Осцилляционный метод Штурма в спектральных задачах / Ю.В. Покорный, Ж.И. Бахтина, М.Б. Зверева, С.А. Шабров. –М.: Физматлит, 2009. –192 с.
4. Данфорд Н. Линейные операторы / Н. Данфорд, Дж.Т. Шварц. Ч.1: Общая теория. –М.: ИЛ, 1962.
5. Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики / Р. Курант, Д. Гильберт. –М. –Л.: Гостехиздат, 1951.

#### ОБ ОДНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАДАЧЕ

В работе рассматривается краевая задача для уравнения 2<sup>го</sup> порядка в дифференциалах Стильеса, приводятся условия её разрешимости и интегрального представления решения через её функции Грина.

**Ключевые слова:** дифференциал и интеграл Стильеса, функция ограниченной вариации, абсолютно непрерывная функция, невырожденная краевая задача, функция влияния, функция Коши.

### ABOUT ONE IMPULSE PROBLEM

This article is considered boundary-value task for the equalities 2<sup>th</sup> stage order in Stieltjes differential. The solvability conditions and integral representation of the solution of this problem were established.

**Key words:** Stieltjes' differential and integral, function of limited variation, absolutely continued function, Koshiy function.

**Сведения об авторе:** *Р. Мустафокулов* - доктор физико-математических наук, профессор кафедры функционального анализа и дифференциальных уравнений ТНУ. Телефон: **95-160-69-55**

## МАЪНИДОДКУНИИ МУОДИЛАҲОИ АЛГЕБРАВӢ ВА МЕТОДИКАИ ҲАЛЛИ ОНҲО

*Ш. Туманова, С. Ақобирова*  
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

*Сарсухан.* Агар ду ифода (ададӣ, ё ки ҳарфӣ) бо аломати «=» пайваст шаванд, он гоҳ мегӯянд, ки онҳо баробариро ташкил менамоянд.

Дилхоҳ баробарии ададии дуруст, инчунин дилхоҳ баробарии ҳарфӣ барои ҳамаи қиматҳои ададии ҳарфҳои ба он дохилшаванда ҳақиқӣ бошад, он гоҳ ин баробариро айният меноманд. Масалан, баробарии ададии  $4 \cdot 7 + 2 = 30$  айният мебошад ва баробарии ҳарфии  $(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$  низ айният мебошад, зеро барои ҳамаи қиматҳои ба он дохилшаванда ҳақиқӣ аст.

*Муодила* – ин баробарии ҳарфиест, ки барои баъзе қиматҳои ба он дохилшаванда ҳаққонӣ мебошад (яъне айният мешаванд). Ин ҳарфҳоро номаълумҳо, қиматҳои онҳоро, ки барои онҳо муодила ба айният табдил меёбад, решаҳои муодила меноманд. Ёфтани ҳамаи решаҳои муодиларо ҳалли он меноманд. Ҳал кардани муодила маънои ёфтани ҳамаи решаҳои онро дорад. Ҳангоми гузоштани решаи дилхоҳи муодила ба ҷойи номаълум муодиларо ба баробарии ҳақиқӣ (айният) табдил медиҳад. Ду ва ё якчанд муодила барбарқувва номида мешаванд, агар онҳо решаҳои якхела дошта бошанд. Муодилаҳои  $5x - 25 = 0$  ва  $2x - 7 = 3$  баробарқувва мебошанд, зеро онҳо дорои решаи якхела мебошанд:  $x = 5$ .

**Маънидоқунии муодилаҳои алгебравӣ.** Акнун ба сохтан ва ҳал намудани системаҳои муодилаҳои ғайрихаттии алгебравӣ шурӯъ мекунем ва татбиқи онҳоро дар ҳал намудани масъалаҳои конкретӣ дида мебароем. Ин системаҳои муодилаҳои алгебравӣ аз максимизатсияи масъалаҳои иқтисодӣ, аз он ҷумла дар вақти ёфтани қиматҳои максималии моделҳои биологӣ ва истеҳсоли мебарояд.

*Ҳосилкунии муодила.* Бигзор ба мо функцияи истеҳсоли намуди Юнусӣ дода шуда бошад[1]:

$$\mu(\alpha) = \left( \alpha x^s + \left( 1 - \alpha^{\frac{n}{n-s}} \right)^{\frac{n-s}{n}} y^s \right)^{1/s} \quad \text{дар ин ҷо } \alpha \in (0,1) \text{ мебошад ва}$$

$$x = \left( \frac{k}{k_0} \right)^{-\rho_0}, \quad y = \left( \frac{L}{L_0} \right)^{-\rho_0}, \quad \mu(\alpha) = \left( \frac{f(k,l)}{f_0} \right)^{-\rho_0}$$



$$0 < \rho_0 < \infty, k \geq k_0 > 0, L \geq L_0 > 0, f_0 > 0,$$

$$f(k, l) = f_0 \left( \alpha \frac{k}{k_0} \right)^{-\rho} + \left( 1 - \alpha^{\frac{n}{n-s}} \right)^{\frac{n-s}{n}} \left( \frac{L}{L_0} \right)^{-\frac{1}{\rho}}, \rho = \rho_0 s,$$

$s \geq 1, n > s$ , К- бузургии капитал ва L- бузургии кувваи корӣ мебошанд,  $\gamma = f(k, l)$  - миқдори маҳсулотҳое, ки бо капитали К ва кувваи корӣ L мувофиқат мекунад, мебошад. Параметри  $\alpha$  дараҷаи истифодабарии капитал  $\alpha \rightarrow 1$  ва кувваи кориро  $\alpha \rightarrow 0$  инъикос менамояд. Мо масъалаи зеринро мегузorem: барои кадом

қимати  $\alpha \in (0, 1)$  миқдори маҳсулотҳои ҳосилшаванда  $\mu(\alpha) = \left( \frac{f(k, l)}{f_0} \right)^{-\rho_0}$  қимати максималиашро мегирад. Дар натиҷаи максимизатсияи максимуми функсияи Юнусӣ мо муодилаи зеринро ҳосил мекунем:

$$x^2 + y^2 = z^2 \quad \text{ё} \quad x^n + y^n = z^n$$

Аз ин муодила дар ҳолатҳои хусусӣ мо муодилаҳои гуногуни алгебравиро ҳосил мекунем. Агар дар функсияи Юнусӣ намудҳои гуногуни захираҳоро (масалан, m-захира) дида бароем, он гоҳ мо муодилаи намуди

$$x_1^n + x_2^n + \dots + x_m^n = z^n$$

ро ҳосил мекунем.

*Системаи муодилаҳо ва нобаробариҳо.* Акнун ба маънидодкунии системаи муодилаҳо ва нобаробариҳо шурӯъ мекунем. Барои ин як масъалаи аз ҳаёт пайдошударо дида мебароем. Ин масъалаи интихоби ратсион - сарфи минималии хӯрокворӣ мебошад. Аз рӯйи як гурӯҳ маҳсулоти хӯрокворӣ (таркиби моддаҳои фоиданок ва арзиши онҳо маълум аст) ратсион тайёр кардан лозим аст, ки шартҳои зарурии истеъмолкунандагонро бояд бо сарфшавии минималӣ қаноат кунанд. Бигузор  $r$  маҳсулоти хӯроквории гуногун мавҷуд бошад, ки дар таркиби онҳо  $n$  моддаҳои фоиданок (витаминоҳо, сафедаҳо ва ғайраҳо) ҳастанд. Бо  $a_{ij}$  - таркиби  $i$ -уми моддаи фоиданоки  $j$ -уми маҳсулотро дар воҳиди вазн ишора мекунем. Бо  $b_i$  истифодабарии минималии истеъмолкунандаро аз маҳсулоти моддаи фоиданоки  $i$ -умро дар як шабонарӯз ва бо  $u_j$  истифодабарии маҳсулоти  $j$ -умро дар як шабонарӯз ишора мекунем.

Он гоҳ бузургии  $\sum_j a_{ij} u_j$  суммаи моддаи фоиданоки  $i$ -ум дар ратсион аст ва ин сумма

аз истеъмоли минималӣ бояд кам набошад:  $\sum a_{ij} u_j \geq b_i, i = \overline{1, n}$ . Бо  $C_j, j = \overline{1, r}$  арзиши

маҳсулоти  $j$ -умро дар воҳиди вақт ишора мекунем. Он гоҳ,  $I(u) = (c, u) = \sum c_j u_j$  аст.

Ҳамин тариқ, масъалаи ратсионро ба таври математикӣ чунин таъриф медиханд: Минимуми  $I(u) = (c, u)$  -ро дар вақти иҷрошавии шартҳои  $\sum a_{ij} u_j \geq b_i$  ё  $Au \geq b, u \geq 0$  ёфтан лозим аст.

**Усулҳои асосии ҳалли муодилаҳо.** Ҳалли муодила ин равандест, ки асосан аз иваз намудани муодилаи додашуда бо муодилаи ба он баробарқувва мебошад. Ин гуна

ҷойивазкунӣ табдилдиҳии айнияти номида мешавад. Табдилдиҳиҳои айнияти асосии ифодаҳои зер аст:

1. Иваз намудани як ифода бо ифодаи айниятан ба он баробар Масалан, муодилаи  $(3x + 2)^2 = 15x + 10$ -ро бо муодилаи ба он баробарқувваи  $9x^2 + 12x + 4 = 15x + 10$  иваз кардан мумкин аст.

2. Аз як тарафи баробарӣ ба тарафи дигари баробарӣ бо аломати ба он муқобил гузаронидани аъзоҳо. Масалан, дар муодилаи боло ҳамаи аъзоҳои тарафи ростии онро ба тарафи чапи баробарӣ бо аломати «-» гузаронида метавонем:  $9x^2 + 12x + 4 - 15x - 10 = 0$ , дар натиҷа ҳосил мекунем:  $9x^2 - 3x - 6 = 0$ .

3. Зарб ва тақсими ҳарду қисми муодила ба ҳамагон як ифодаи (ададӣ) аз нол фарқкунанда. Ин бисёр муҳим аст, зеро муодилаи нави ҳосилшуда бо муодилаи қаблӣ баробарқувва намешавад, агар ифодае, ки ба он зарб ё тақсим мекунем, баробари нол шуда тавонад. Мисол. Муодилаи  $x - 1 = 0$  решаи ягонаи  $x = 1$ -ро дорад. Ҳар ду тарафи онро ба  $x - 3$  зарб занем, муодилаи  $(x - 1)(x - 3) = 0$ -ро ҳосил мекунем, ки ду решаи  $x = 1$  ва  $x = 3$ -ро дорад.

Қимати охири решаи муодилаи  $x - 1 = 0$  намебошад. Инро решаи бегона меноманд. Дар ҳолати баръакс тақсимкунӣ ба гум шудани решаи муодила меоварад. Дар мисоли мо агар муодилаи аввала  $(x - 1)(x - 3) = 0$  бошад, он гоҳ  $x = 3$  дар ҳолати ҳар ду тарафи муодиларо ба  $x - 3$  тақсим кардан гум мешавад. Дар муодилаи охири (банди 2) ҳамаи аъзоҳои онро ба 3 (ба сифр) тақсим карда, муодилаи  $3x^2 - x - 2 = 0$ -ро ҳосил менамоем. Ин муодилаи ба муодилаи аввалаи  $(3x + 2)^2 = 15x + 10$  баробарқувва аст.

4. Ҳар ду тарафи муодиларо ба дараҷаи тоқ бардошта ва ё ҳар ду тарафи муодиларо аз решаи дараҷаи тоқ баровардан мумкин аст. Дар хотир бояд гирифт, ки а) ба дараҷаи чуфт бардоштан ба пайдоиши решаҳои бегона меоварад; б) аз решаи дараҷаи чуфт нодуруст баровардан ба гум кардани реша мерасонад.

Мисолҳо. Муодилаи  $7x = 35$  решаи ягонаи  $x = 5$ -ро дорад.

Ҳар ду тарафи муодиларо ба квадрат бардошта, муодилаи  $49x^2 = 1225$ -ро ҳосил менамоем, ки ду реша дорад:  $x = 5$  ва  $x = -5$ . Қимати охири  $x = -5$  решаи бегона мебошад. Нодурусти аз решаи квадратӣ баровардани ҳар ду тарафи муодилаи  $49x^2 = 1225$  ба муодилаи  $7x = 35$  оварда мерасонад, ки дар натиҷа решаи  $x = -5$ -ро гум мекунем. Дурусти аз решаи квадратӣ баровардани ҳар ду қисми муодила ба муодилаи  $|7x| = 35$  оварда мерасонад. Дар натиҷа ду муодилаи зерин ҳосил мешавад: 1)  $7x = 35$ , он гоҳ  $x = 5$ ; 2)  $-7x = 35$ , он гоҳ  $x = -5$ . Дар натиҷа ҳангоми ба таври дуруст аз решаи квадратӣ баровардан мо решаҳои муодиларо гум намекунем.

**Муодилаҳои хаттии яктағйирёбандадор.** Муодилаи хаттии яктағйирёбандадор гуфта, муодилаҳои намуди зеринро меноманд:

$ax + b = 0$ , ки дар ин ҷо  $a$  ва  $b$  – ададҳои маълум,  $x$  – бузургии номаълум мебошад. Ҳал намудани муодила – яъне ёфтани қимати ададии номаълуми  $x$ , ки ҳангоми он ин муодила ба айният мубаддал мегардад. Агар  $a$  ба нол баробар набошад ( $a \neq 0$ ), онгоҳ

$$x = -\frac{b}{a}.$$

ҳалли (решаи) муодила намуди зеринро дорад:

Агар  $a = 0$  бошад, он гоҳ ду ҳолати зерин чой дорад:

1.  $b = 0$ , он гоҳ  $0 \cdot x + 0 = 0$ . Дар ин ҷо  $x$  метавонад адади дилхоҳ бошад.

2.  $b \neq 0$ , он гоҳ  $0 \cdot x + b = 0$ . Дар ин ҳолат муодила ҳал надорад.

Мисол: Муодиларо ҳал намоед: Ҳар ду тарафи баробариро ба махраҷҳо зарб намуда, ифодаи зеринро ҳосил менамоем:  $x^2 + 2x = x^2 - 2x + x - 2$ . Ҳамаи аъзоҳои

муодиларо ба тарафи чап мегузаронем. Баъди ислоҳи аъзоҳои монанд  $x + 2 = 0$ -ро ҳосил менамоем. Аз ин ҷо  $x = -2/3$

**Муодилаҳои алгебравӣ ва системаи муодилаҳо.** Бигзор функцияҳои  $f(x)$  ва  $\varphi(x)$  дар ягон маҷмӯи  $A$  муайян бошанд. Масъалаи зеринро мегузорем: ҳамин гуна маҷмӯи  $X$ , ки дар он ин функцияҳо қиматҳои якхеларо қабул мекунанд, ёфта шавад, бо суҳанҳои дигар, ҳамаи қиматҳои  $x$ , ки барои онҳо баробарии  $f(x) = \varphi(x)$  ҷой дорад, ёфта шавад.

Бо ин шарти гузошташуда, ин баробарӣ муодила бо тағйирёбандаи номаълуми  $x$  номида мешавад.

Агар дар муодила танҳо амалҳои алгебравӣ – ҷамъ, тарҳ, зарб, тақсим, ба дараҷабардорӣ ва аз решабардорӣ бо дараҷаи натуралӣ иҷро шаванд, он гоҳ ин муодиларо муодилаи алгебравӣ меноманд.

Маҷмӯи  $A$  маҷмӯи (соҳаи) қиматҳои адади номаълум барои муодилаи зерин номида мешавад.

Маҷмӯи  $X$  маҷмӯи ҳалҳои муодила ва дилхоҳ ҳалли он  $x = a$  решаи муодилаи додашуда номида мешавад.

Ҳал намудани муодила – маънои ёфтани маҷмӯи ҳамаи ҳалҳои он ва ё исботи ҳал надоштани онро дорад.

Муодилаҳое, ки решаҳои якхела доранд, муодилаҳои баробарқувва номида мешаванд.

**Теоремаи асосии алгебра:** ҳама гуна муодилаи алгебравии бутуни дараҷаи  $n$  дар маҷмӯи ададҳои комплексӣ  $n$  реша дорад.

Қоидаҳои асосии ба муодилаи баробарқувва табдил додани муодилаи ифодашуда:

- Ҷамъшавандаи дилхоҳро аз як қисми муодила ба қисми дигари он бо аломати баръакс гузаронидан мумкин аст;

- Ҳарду тарафи муодиларо ба ҳамон як адади аз нул фарқкунанда зарб ва ё тақсим намудан мумкин аст;

- Агар муодила намуди  $f(x) \cdot g(x) = \varphi(x) \cdot g(x)$ -ро дошта бошад, он гоҳ ҳарду тарафи онро ба  $g(x)$  тақсим кардан номумкин аст, зеро он ба нест шудани решаҳои муодила оварданаш мумкин. Дар ин ҳолат решаҳои муодилаҳои  $g(x) = 0$ , нест шуданаш мумкин, агар онҳо мавҷуд бошад;

- Муодилаи намуди  $\frac{f(x)}{\varphi(x)} = 0$  -ро ба системаи муодилаҳои баробарқувваи  $\begin{cases} f(x) = 0, \\ \varphi(x) \neq 0 \end{cases}$  иваз намудан мумкин ва ё муодилаи

- $f(x) = 0$ -ро ҳал намуда аз решаҳои ёфташуда ҳамонашро, ки махраҷи муодила  $\varphi(x)$ -ро ба нул табдил медиҳад, мепартонем;

- Муодила ҳам дар ҳолати дар ҷавоб мавҷуд будани ҳалли бегона ва ҳам дар мавриди ҳалли он аққалан як решаи он гум шуда бошад, нодуруст ҳалшуда ҳисоб мешавад

**Теорема дар бораи баробарқувва набудани муодилаҳо.** Агар функцияҳои  $f(x)$  ва  $\varphi(x)$  соҳаи муайянии умумиро дошта бошанд, он гоҳ муодилаи  $f(x) = \varphi(x)$  и  $f(x)^2 = \varphi(x)^2$  дар ин соҳа баробарқувва буданашон зарур нест.

**Теорема дар бораи баробаркувва будани муодилаҳо.** Агар функцияҳои  $f(x)$  ва  $\varphi(x)$  соҳаи муайяни умумии  $X$  -ро дошта, барои ҳар як қимати тағйирёбанда аз соҳаи  $X_1 \subset X$  ин функцияҳо қимати ғайриманфӣ гиранд, он гоҳ муодилаҳои  $f(x) = \varphi(x)$  ва  $f(x)^2 = \varphi(x)^2$  дар соҳаи  $X_1$  баробаркувва мебошанд.

Баъзе намудҳои муодилаҳо ва решаҳои онҳо

Муодилаи хаттии  $ax + b = 0$

$a \neq 0$ ,  $b$  - адади Дилхоҳ

$$x = -\frac{b}{a}$$

мешавад:

$a = b = 0$

Муодила решаҳои бешумор дорад. Дилхоҳ адад решаи он шуда метавонад

$a = 0$ ,  $b \neq 0$

Муодила реша надорад – ягон адад муодилаи додашударо ба баробарии дуруст табдил дода наметавонад

Муодилаи квадратӣ  $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$ , дискриминант  $D = b^2 - 4 \cdot a \cdot c$

$D > 0$

$D = 0$

$D < 0$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2 \cdot a}$$

$$x_{1,2} = \frac{-b}{2 \cdot a}$$

Дар байни ададҳои ҳақиқӣ реша надорад.

Муодилаи квадратии овардашуда  $x^2 + p \cdot x + q = 0$ ,

$$D_0 = \frac{p^2}{4} - q$$

дискриминант

$D_0 > 0$

$D_0 = 0$

$D_0 < 0$

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{D_0}$$

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2}$$

Дар байни ададҳои ҳақиқӣ реша надорад.

Сезъозии дилхоҳро дар намуди  $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = a \cdot (x - m)^2 + n$  навиштан мумкин, ки дар ин ҷо  $m = -\frac{b}{2a}$ ;  $n = -\frac{D}{4a}$ , (квадрати пурраи  $(x + \frac{b}{2a})^2$  ҷудо карда шудааст).

Барои муодилаи квадратии овардашуда  $x^2 + p \cdot x + q = 0$  ва ҳангоми

$$D_0 = \frac{p^2}{4} - q \neq 0$$

(яъне, агар решаҳои он мавҷуд бошанд), теоремаи Виет дуруст аст:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = -p, \\ x_1 \cdot x_2 = q. \end{cases}$$

Ҳангоми  $D = b^2 - 4 \cdot a \cdot c \geq 0$  будан, сезъозии квадратиро ба зарбшавандаҳои хаттии  $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = a \cdot (x - x_1) \cdot (x - x_2)$  ҷудо намудан мумкин аст, ки дар ин ҷо  $x_1, x_2$  решаҳо мебошанд. Агар  $x_1 = x_2$  бошад, он гоҳ  $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = a \cdot (x - x_1)^2$  мебошад ва онро квадрати пурра меноманд.

Муодилаи биквадратии яқтағйирёбандадор гуфта, муодилаи намуди зеринро меноманд:  $a \cdot x^4 + b \cdot x^2 + c = 0$ . Барои ҳалли ин муодила аз тағйирёбандаи  $x$  ба тағйирёбандаи  $z$  бо роҳи баробарии  $x^2 = z$  гузаштан лозим аст. Ин намуди гузариш аз

як тағйирёбанда ба тағйирёбандаи дигар усули ивази тағйирёбандаҳо ва ё методи гузориш номида мешавад. Ҳамин тариқ, муодилаи биквадратии аввал ба муодилаи квадратӣ нисбати тағйирёбандаи  $z$  оварда мешавад:  $a \cdot z^2 + b \cdot z + c = 0$ .

Бо мақсади сода намудани ҳалли муодилаи дараҷаи баланд дохил намудани тағйирёбандаи нав ва ё истифодаи методи гузориш мувофиқи мақсад мебошад.

$$a \cdot x^4 + b \cdot x^2 + c = 0 \tag{1}$$

бо ивазкунии  $x^2 = z$  ҳосил мекунем

$$a \cdot z^2 + b \cdot z + c = 0 \tag{2}$$

Решаҳои муодилаи (2)

$$z_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2 \cdot a} \qquad z_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2 \cdot a}$$

Решаҳои муодилаи (1)

$$x_1 = \sqrt{z_1} \qquad x_2 = -\sqrt{z_1} \qquad x_3 = \sqrt{z_2} \qquad x_4 = -\sqrt{z_2}$$

Маҳдудият

$$z_1 \geq 0 \qquad z_2 \geq 0$$

Дар баъзе ҳолатҳо истифодаи ба зарбкунандаҳо ... намудани тарафи чапи муодилаи:  $f(x) = 0$  самаранок мешавад:

$$f_1(x) \cdot f_2(x) \cdot \dots \cdot f_n(x) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \begin{cases} f_1(x) = 0 \\ f_2(x) = 0 \\ \dots \\ f_n(x) = 0 \end{cases}$$

Муодилаи ирратсионалӣ гуфта муодилаеро меноманд, ки дар он тағйирёбанда дар зери радикал мебошад. Барои ҳалли муодилаҳои ирратсионалӣ онро ба дараҷа мебардоранд, ки он ягон гуна кафолати онро, ки ин амал муодилаи додашуда ба муодилаи баробарқувва табдил дода мешавад, намедихад. Решаҳои ин муодиларо ёфта, мо вазифадорем, ки санчиши решаҳои бегона набудани онҳоро гузаронем.

Барои муодилаҳои намуди:

$$\begin{cases} a_1x + b_1y = c_1; \\ a_2x + b_2y = c_2, \end{cases}$$

ҳалли умумиеро чустан лозим, ки системаи муодилаҳо дараҷаи якум бо ду тағйирёбанда ташкил мекунанд.

Барои дилхоҳ системаи муодилаҳои алгебравии намуди:

$$\begin{cases} f_1(x, y) = 0; \\ f_2(x, y) = 0. \end{cases}$$

низ айнан ҳамин амалро гузаронидан зарур аст. Ду системаи муодилаҳо баробарқувва номида мешаванд, агар дилхоҳ ҳалли яке аз онҳо ҳалли дигараш низ бошад ва ё баръакс, ҳар ду муодила ҳал надошта бошанд.

Се усули асосии ҳалли системаи муодилаҳои алгебравӣ мавҷуд аст: графикӣ, методи гузориши ва методи ҷамъкунӣ. Раванди ҳалли муодила аз ивази намудани муодилаи додашуда ба муодилаи нисбатан содаи дигар иборат аст. Дар ин ҷо саволи қонунӣ будани чунин ивазкунӣ ба миён меояд. Оё ҳама вақт муодила бо ҳамон ҳалҳо ҳосил мешавад? Ҳангоми ҳалли муодилаҳо ба тағйирёбии маҷмӯи қиматҳои имконпазири тағйирёбанда назорат кардан зарур аст. Дар ин ҷо васеъшавии он санчиши барои муодилаи додашуда ҳалли бегона набуданаширо санчидан лозим аст. Дар

ҳолати камшавии он санчиши барои муодилаи додашуда гумшавии ҳалли муодиларо санчидан лозим аст. Масъалаи ёфтани ҳалли нестшуда на ҳама вақт иҷрошаванда аст. Бинобар ин то ба ҳадди имкон ба табдилдиҳиҳои айниятие, ки ба камшавии соҳаи қиматҳои имконпазири номаълум меоварад, роҳ додан лозим аст. Нишон медиҳем, ки муодилаи биквадратӣ чӣ гуна ҳал карда мешавад. Мисол. Муодиларо ҳал намоед:  $x^4 + 14x^2 - 72 = 0$ .

**Ҳал.** Аз тағйирёбандаи  $x$  бо ёрии баробарии  $x^2 = z$  ба бузургии номаълуми  $z$  мегузарем. Ҳамин тариқ, муодилаи биквадратии додашуда ба муодилаи квадратӣ бо тағйирёбандаи  $z$  оварда мешавад:  $z^2 + 14z - 72 = 0$ . Аз ин ҷо меёбем, ки:

$$D_0 = 7^2 + 72 = 49 + 72 = 121, \quad x^2 = -18$$

$$z_{1,2} = -7 \pm \sqrt{121} = -7 \pm 11, \text{ аз ин ҷо: } z_1 = 4$$

$$\text{и } z_2 = -18.$$

Дар натиҷа ҳосил мекунем:  $x^2 = 4$

$$x_1 = \sqrt{4} = 2 \quad x_2 = -\sqrt{4} = -2 \quad \text{Реша надорад}$$

$$\text{Ҷавоб: } x_1 = 2; \quad x_2 = -2.$$

Инчунин муодилаҳои касрӣ-рационалӣ низ вомехӯранд, ки худ муодилаҳои биквадратӣ набуда, танҳо ба он оварда мешаванд. Масалан, муодилаи зерин мисоли ин намуди муодила мебошад:

$$\frac{x^2 - 34}{x^2 + 1} + \frac{x^2 + 14}{x^2 - 1} = 0$$

**Ҳал.** Касрҳои дар тарафи чапи муодилабударо ҳамчун мекунем:

$$\frac{(x^2 - 34) \cdot (x^2 - 1) + (x^2 + 14) \cdot (x^2 + 1)}{(x^2 + 1) \cdot (x^2 - 1)} = 0$$

Сурати касри ҳосилшударо баробари нул карда ҳосил мекунем:

$$(x^2 - 34) \cdot (x^2 - 1) + (x^2 + 14) \cdot (x^2 + 1) = 0$$

Баъди табдилдиҳӣ ва содакунии тарафи чап муодилаи биквадратии зеринро ҳосил менамоем:

$$x^4 - 10x^2 + 24 = 0.$$

Онро бо усули умумӣ ҳал намуда меёбем:

$$D_0 = 5^2 - 24 = 1, \quad z_{1,2} = 5 \pm 1; \quad z_1 = 6 \text{ и } z_2 = 4.$$

Аз ин ҷо:

$$x^2 = 6 \quad x^2 = 4$$

$$x_1 = \sqrt{6} \quad x_2 = -\sqrt{6} \quad x_3 = 2 \quad x_4 = -2$$

Ягонтои ин ададҳо маҳраҷи касри авваларо ба нол табдил намедихад. Яъне ин ададҳо дар решаҳои заруриро таҷассум менамоянд. Инак, муодилаи додашуда чор решаи зеринро дорад:

$$x_1 = \sqrt{6}, \quad x_2 = -\sqrt{6}, \quad x_3 = 2, \quad x_4 = -2$$

Якчанд усули ҳалли системаи муодилаҳои алгебравиро дида мебароем. Бигзор, системаи муодилаҳои зеринро ҳал намудан лозим бошад:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 25, \\ x \cdot y = 12. \end{cases}$$

**Усули I (графикӣ).** Дар як ҳамвории координатӣ графики функцияҳои  $x^2 + y^2 = 25$  и  $y = \frac{12}{x}$

-ро месозем. Ин графикҳо дар чор нуқта ҳамдигарро мебуранд. Абсисса ва ординатаҳои нуқтаҳои буриш решаҳои системаи муодилаҳои додашуда мебошанд. Ба ҳамин тариқ, қимати решаҳо:  $\{-4, -3\}$ ;  $\{-3, -4\}$ ;  $\{3, 4\}$ ;  $\{4, 3\}$  мебошанд.

**Усули II (аналитикӣ).** Муодилаи дуюмро ба 2 зарб карда, аввал ба муодилаи якум чамъ мекунем, баъд аз муодилаи якум тарҳ карда, ҳосил мекунем:

$$\begin{cases} x^2 + 2 \cdot x \cdot y + y^2 = 25 + 24, & \begin{cases} (x + y)^2 = 49, \\ (x - y)^2 = 1. \end{cases} \\ x^2 - 2 \cdot x \cdot y + y^2 = 25 - 24; \end{cases} \text{или}$$

Масъала ба системаи муодилаҳои хаттии дуномаълума оварда мешавад:

$$\begin{cases} |x + y| = 7, \\ |x - y| = 1; \end{cases} \text{ аз ин ҷо } \begin{cases} \begin{cases} x + y = 7, \\ x - y = 1; \end{cases} \\ \begin{cases} x + y = -7, \\ x - y = 1; \end{cases} \\ \begin{cases} x + y = 7, \\ x - y = -1; \end{cases} \\ \begin{cases} x + y = -7, \\ x - y = -1. \end{cases} \end{cases}$$

Ба системаҳои ҳосилшуда методи чамъкуниро татбиқ намуда (яъне аввал ин муодилаҳоро чамъ намуда, сипас аз муодилаи якум муодилаи дуюмро тарҳ мекунем), ҳосил мекунем:

$$\begin{cases} \begin{cases} 2x = 8, \\ 2y = 6; \end{cases} \\ \begin{cases} 2x = -6, \\ 2y = -8; \end{cases} \\ \begin{cases} 2x = 6, \\ 2y = 8; \end{cases} \\ \begin{cases} 2x = -8, \\ 2y = -6; \end{cases} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \begin{cases} x = 4, \\ y = 3; \end{cases} \\ \begin{cases} x = -3, \\ y = -4; \end{cases} \\ \begin{cases} x = 3, \\ y = 4; \end{cases} \\ \begin{cases} x = -4, \\ y = -3; \end{cases} \end{cases} \text{ яъне ҳамон ҷавоб.}$$

Боз як мисоли ҳалли системаи муодилаҳоро бо усули графикӣ ва аналитикӣ дида мебароем.

Бигзор, системаи муодилаҳои зеринро ҳал намудан лозим бошад:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = 13, \\ y = x^2 - 7. \end{cases}$$

**Усули I (графикӣ).** Дар як ҳамвори координатӣ графики функцияҳои  $x^2 + y^2 = 13$  ва  $y = x^2 - 7$ -ро месозем. Ин графикҳо дар чор нуктаҳои  $\{2; -3\}$ ;  $\{-2; -3\}$ ;  $\{3; 2\}$ ;  $\{-3; 2\}$  ҳамдигарро мебуранд.

**Усули II (аналитикӣ).** Агар методи гузоришро истифода барем, яъне дар муодилаи якум қимати тағйирёбандаи  $y$ -ро, ки бо воситаи  $x$  ифода шудааст гузорем, баъди якчанд табдилдиҳиҳо муодилаи биквадратии зеринро ҳосил мекунем:

$$x^2 + x^4 - 14x + 49 = 13,$$

ва ё дар шакли каноникӣ:  $x^4 - 13x + 36 = 0$ .

Решаҳои муодилаи охиринро ёфтани душвор нест:  $x_{1,2} = \pm 2$ ;  $x_{3,4} = \pm 3$ .

Аз ин ҷо бо роҳи гузориши баръаксӣ дар ифодаи  $y = x^2 - 7$  қиматҳои  $x$ , ҳосил мекунем:  $y_{1,2} = -3$ ;  $y_{3,4} = 2$ .

Инак, мо боз ҳамон ҷавобро ҳосил намудем:  $\{2; -3\}$ ;  $\{-2; -3\}$ ;  $\{3; 2\}$ ;  $\{-3; 2\}$ .

Акнун усулҳои асосии ҳалли муодилаҳои содаи иррационали алгебравиро дар маҷмӯи ададҳои ҳақиқӣ дида мебароем. Ин усулҳо ба имкониятҳои ивази чунин муодилаҳо ба муодилаҳои раціонали баробарқувва бо роҳи “нест кардани радикалҳо” асоснок карда шудаанд.

Хулоса. Дар вақти ҳалли муодилаҳои алгебравӣ ба моҳияти ин ҳалҳо аҳамият додан даркор аст. Яъне дидан даркор аст, ки кадоме аз ҳалҳои ёфташуда маъноии асосии ҳалҳоро доро мебошанд.

#### АДАБИЁТ

1. Юнуси М. Модельная экономика / М. Юнуси. - Душанбе, ТНУ, 2001. - С. 38.
2. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.ya.ru](http://www.ya.ru).
3. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [www.yunusi.tj](http://www.yunusi.tj)
4. Романков В. К разностные уравнения: учебное пособие / В. Романков, 2012.

#### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ И МЕТОДИКИ ИХ РЕШЕНИЙ

Статья посвящена вопросам интерпретации алгебраических уравнений и методики их решений. Показано, что рассмотренные алгебраические уравнение имеют содержательную смысл и описывает реальные процессы.

**Ключевые слова:** алгебраическое уравнение, методика решения, тождественное преобразование, процесс решения.

#### INTERPRETATION OF THE ALGEBRAIC EQUALITIES AND METHODS THEIR DECISION

The article is devoted to interpretation of algebraic equations and methods of their solutions. It is shown that algebraic equations considered meaningful sense and describe the real process.

**Key words:** algebraic equation, methods of decision, identical transformation, process of decision.

**Сведения авторов:** *Ш.С. Туманова* - ассистент кафедры информатики ТНУ. Телефон: **985-81-56-47**  
*С.М. Ақобирова* – соискатель кафедры информатики ТНУ. Телефон: **918-21-99-90**



# ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

*М.К. Юнуси, Ч.Т. Ганиев*

Таджикский национальный университет

Рассмотрим модельную популяцию с учётом временно-возрастных-пространственных распределений [1-7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial a} + \sum_j \mathcal{G}_j \frac{\partial N}{\partial x_j} = F_0(a)N + \sum_j D_j \frac{\partial^2 N}{\partial x_j^2}, \quad 0 < x_j < L_j, \quad 0 < a \leq a_{\max}, \quad 0 < t \leq t_k, \\ N(x, a, 0) = N_0(x, a), \quad 0 \leq x \leq L_j, \quad 0 \leq a \leq a_{\max}, \\ N(x, 0, t) = \int_0^{a_{\max}} B_0(\xi) N(x, \xi, t) d\xi, \quad 0 \leq x_j \leq L_j, \quad 0 \leq t \leq t_k, \\ \left. \frac{\partial N}{\partial x} - \alpha_j N \right|_{x_j=(0, L_j)}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $N = N(x, a, t)$  - численность популяции в точке  $x$ , возраста  $a$ , в момент времени  $t$ ,  $F_0 = F_0(a)$  - коэффициент смертности,  $B_0 = B(a)$  - коэффициент рождаемости,  $N_0 = N_0(x, a)$  - численность популяции в начальный момент времени. Если ввести замену предложенную в работе [5-7]:

$$a' = a, \quad t' = a + \tau, \quad \varphi(x, a, \tau) = N(x, a, a + \tau),$$

$$u(x, a, \tau) = \varphi(x, a, \tau) \exp\left(\int_0^a F_0(\xi) d\xi + \sum_j \mathcal{G}_j \frac{x_j}{2D_j} - \sum_j \frac{\mathcal{G}_j^2 a}{4D_j}\right),$$

то вместо задачи (1) получим задачу:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial a} = \sum_j D_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}, \quad 0 \leq x_j \leq L_j, \quad 0 < a \leq a_{\max}, \quad 0 < t \leq t_k \\ U(x, 0, \tau) = \int_0^{a_{\max}} B_0(\xi) u(x, \xi, \tau) d\xi, \\ \left. \frac{\partial u}{\partial x_j} \right|_{x_j=0} = 0, \\ \left. \frac{\partial u}{\partial x_j} \right|_{x_j=L_j} = 0. \end{array} \right. \quad (2)$$

Предположим, что  $D_j = D\alpha_j$ ,  $\alpha_j \in M$ , где  $M = \left\{ \alpha : \alpha_0 = (\alpha_1, \dots, \alpha_m), \sum_j \alpha_j^{\frac{n}{n-s}} = 1 \right\}$ .

Используя идею метода разделения переменных для задачи (2) сформулируем два класса возможных решений:

1. Класс простых решений

$$D_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} = c_j, \quad \frac{\partial u}{\partial a} = c.$$

2. Класс экспоненциальных решений

$$D_j \frac{\partial^2 u}{\partial_j^2} = c_j u, \quad \frac{\partial u}{\partial a} = cu,$$

где  $D$  определяется из представления

$$D_j = D\alpha_j, \quad j=1,2, \quad 0 \leq \alpha_j \leq 1.$$

**Введем следующее определение:** Популяционную “турбулентность” в рамках модели (2) (или(1)), мы назовём такое состояние популяции, в котором при некотором значении вектора  $\alpha$ ,  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m) \in M$ , величина

$$\left( \sum_{j=1}^m \alpha_j \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} \right)^s \right)^{1/s}, \quad s > 0, \quad (3)$$

принимает свое максимальное значение, т.е.

$$\frac{\partial u}{\partial a} = \max_{\alpha \in M} \sum_{j=1}^m \alpha_j \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2}. \quad (4)$$

Справедлива следующая теорема [8,9]:

**Теорема 1.** Уравнение  $Z = \max_{\alpha \in M} (\alpha, X^s)^{1/s}$  и уравнение  $Z^n = \sum_{j=1}^m X_j^n$  эквивалентны.

Рассмотрим уравнение

$$\frac{\partial u}{\partial a} = \max_{\alpha \in M} \left( \alpha \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)^s \right)^{1/s}. \quad (5)$$

**Теорема 2.** Пусть выполняются условия 1,2 тогда существует значение  $\alpha^0$  из  $M$  для которого уравнение (5) и уравнение

$$\left( \frac{\partial u}{\partial a} \right)^n = \sum_{j=1}^m \left( D \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} \right)^n \quad (6)$$

эквивалентны.

Действительно, при выполнении условий 1,2 уравнение (5) превращается в уравнение типа  $Z^n = \sum x_j^n$ , которое соответствует максимизации функционала (3). Таким образом,

уравнение (6) является уравнением “турбулентности”, т.е. на решениях которого функционал (3) принимает максимальное значение.

Решим уравнение (6) на класс возможных простых решений:

$$\frac{\partial u}{\partial a} = c, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_j^2} = c_j, \quad \sum_{j=1}^m c_j = c.$$

**Теорема 3.** Решение уравнения (6) на класс возможных простых решений представляется в виде

$$u(x, a, \tau) = u(0, a, \tau) + \sum_{i=1}^m \frac{\partial u}{\partial x_j} \Big|_{x=0} x_j + \sum_{j \neq i} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_j} \Big|_{x=0} x_i x_j + \sum_{j=i}^m c_j \frac{x^2}{2}, \quad \tau = t - a. \quad (7)$$

**Доказательство.** Для простоты доказательства проводим в случае, когда  $m=2$  и  $D=1$ .

Рассмотрим класс простых решений

$$\frac{\partial u}{\partial a} = C, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} = 0.$$

Легко видеть, что из  $\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} = 0$  вытекает

$$u(x, a, \tau) = u(0, x_2, a, \tau) + \left. \frac{\partial u}{\partial x_1} \right|_{x_1=0} x_1 + \frac{c_1 x_1^2}{2}.$$

Подставляя эту формулу в условие  $\frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} = 0$ , получим формулу (7).

Полученная формула (7) соответствует решению задачи максимизации (3) т.е. сумма вторых производных, что соответствует «популяционной турбулентности».

Теперь рассмотрим случай, когда в процессе популяционной турбулентности в какой точке области достигается максимум численности популяций.

Из  $\max_{(x_1, x_2)} u(x_1, x_2, a, \tau)$ , т.е. из формулы (7) имеем:

$$\begin{cases} \left. \frac{\partial u}{\partial x_1} = \frac{\partial u}{\partial x_1} \right|_{(x_1, x_2)=0} + \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_{(x_1, x_2)=0} x_2 + c_1 x_1 = 0 \\ \left. \frac{\partial u}{\partial x_2} = \frac{\partial u}{\partial x_2} \right|_{(x_1, x_2)=0} + \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_{(x_1, x_2)=0} x_1 + c_2 x_2 = 0 \end{cases}$$

Отсюда

$$x_1^0 = \frac{\left( \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_0 \right) - c_2 \left. \frac{\partial u}{\partial x_1} \right|_0}{c_1 c_2 - \left( \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_0 \right)^2}, \quad x_2^0 = \frac{\left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_0 \cdot \left. \frac{\partial u}{\partial x_1} \right|_0 - \left. \frac{\partial u}{\partial x_2} \right|_0 \cdot c_1}{c_1 c_2 - \left( \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_0 \right)^2}.$$

Вычислим матрицу вторых производных

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} = c_1, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_2 \partial x_1} = \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_0, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} = \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_0, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} = c_2.$$

Таким образом, если  $(c_1; c_2) > 0$ , и  $c_1 c_2 > \left( \left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \right|_0 \right)^2$ ,  $(c_1) > 0$ ,

то в точке  $(x_1^0, x_2^0)$  функция  $u = u(x_1, x_2, a, \tau)$  определяемой (7) достигает своего максимума.

**Замечание.** В представлении (7) все коэффициенты  $\left. \frac{\partial u}{\partial x_j} \right|_0$ ,  $\left. \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 x_2} \right|_0$ ,  $j = \overline{1, 2}$  зависят от  $(a, t - a)$ , т.е. фактически они являются функциями и они определяются из начальных условий  $(u|_{t=0}, u|_{a=0})$ .

Представление (7) перепишем в виде следующего полинома:

$$u = u_0 + u_1 x_1 + u_2 x_2 + u_3 x_1 x_2 + \frac{c_1}{2} x_1^2 + \frac{c_2}{2} x_2^2, \quad (7')$$

где  $u_0 = u(0, a, \tau)$ ,  $u_1 = \frac{\partial u}{\partial x_1} \Big|_0$ ,  $u_2 = \frac{\partial u}{\partial x_2} \Big|_0$ ,  $u_3 = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \Big|_0$ ,  $c_1^n + c_2^n = c^n$ ,  $n > 1$ .

Из полученного полинома следует, что в случае турбулентности поведения популяции «забываются» начальные условия.

**Теорема 4.** Пусть в представлении (7') известны величины  $u_j$ ,  $j = 0, 1, 2, 3$  и  $c_1, c_2$  являются решением уравнения  $c_1^n + c_2^n = c^n$  при некоторых  $n > 1$  и каждого  $c \geq 4u_3^{2/n}$ , тогда процесс популяционной турбулентности описываемой функции (7') терпит катастрофу только в двух точках  $(c_1^+, c_2^+)$  и  $(c_1^-, c_2^-)$ , где

$$c_1^+ = \frac{u_3^2}{c_2^+}, c_1^+ = \left( \frac{c^n + \sqrt{c^n - 4u_3^{2n}}}{2} \right)^{1/n}, c_1^- = \frac{u_3^2}{c_1^-}, c_2^- = \left( \frac{c^n - \sqrt{c^n - 4u_3^{2n}}}{2} \right)^{1/n}, u_3 = \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \Big|_0 = \frac{\partial^2 u}{\partial x_2 \partial x_1} \Big|_0. \text{Доказательство}$$

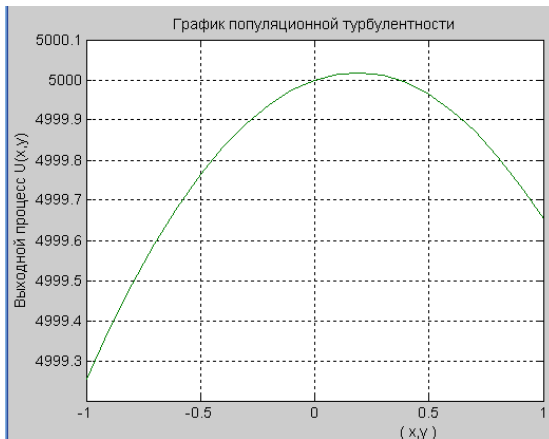
теоремы следует из определения множество катастроф[10]:

$$\frac{\partial u}{\partial x_i} = 0, \quad i = 1, 2, \quad \det K = 0,$$

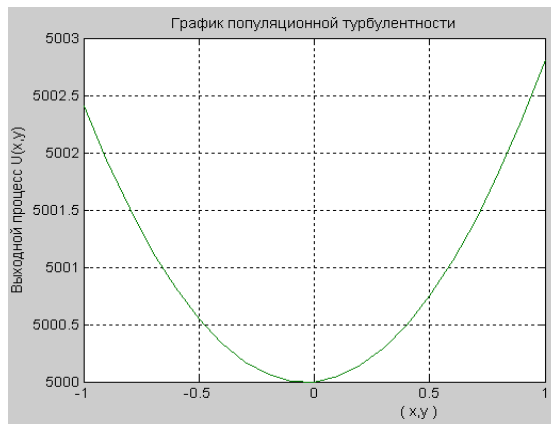
где

$$K = \begin{pmatrix} c_1 & \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} \Big|_0 \\ \frac{\partial^2 u}{\partial x_2 \partial x_1} \Big|_0 & c_2 \end{pmatrix}.$$

**u3=-0.1**



**u3=0.1;**



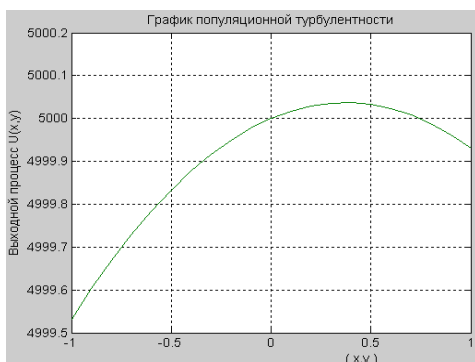
Теперь приводим некоторые компьютерные расчёты со следующими модельными данными:

$$u_0 = 5000; \quad u_1 = 0,1; \quad u_2 = 0,1; \quad u_3 = -0,1; \quad n = 2; \quad c = 1; \quad x = -1 : 1; \quad y = -1 : 1;$$

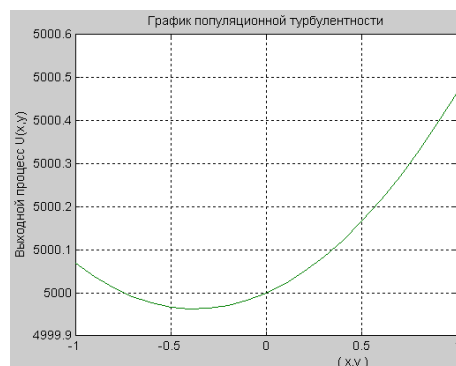
$$c_1 = \left( c^n - \sqrt{c^{2n} - 4 \cdot u_3^2} \right)^{1/n}; \quad c_1 \cdot c_2 = u_3^2; \quad c_1^n + c_2^n = c^n.$$

Для этих данных ниже приводятся некоторые результаты вычислительных экспериментов.

$u_3 = -0.000000004$ ;



$u_3 = 0.000000004$ ;



Из приведенных результатов видно, что при изменении параметров происходит «турбулентность» популяционной численности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юнуси(ов) М.К. Математический способ определения критических значений экосистем трех трофических уровней / М.К. Юнуси(ов) // Журнал общей биологии, 1982. –Т.43, -№ 6. – С. 836-841.
2. Юнуси(ов) М.К. Динамика изолированных популяций с учетом возрастного состава и пространственных распределений / М.К. Юнуси(ов) // Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования. –Ростов-на-Дону, 1988. – С. 118-119.
3. Юнуси(ов) М.К. Об одном классе нелокальных задач / М.К. Юнуси(ов). –М: ВЦ АН СССР, 1991. –С. 30.
4. Юнуси(ов) М.К. Математические модели защиты растений и охраны популяций животных / М.К. Юнуси(ов). – Душанбе, 1988. – С. 290.
5. Юнуси(ов) М.К. Некоторые математические вопросы охраны популяций животных / М.К. Юнуси(ов). // Докл. АН Тадж. ССР, 1989. –Т.32, -№ 2. – С. 87-92.
6. Юнуси(ов) М.К. Решение одного класса интегро-дифференциальных задач и его приложения в биологии / М.К. Юнуси(ов). –Душанбе, 1989. – С 53.
7. Юнуси(ов) М.К. Математические модели охраняемых популяций / М.К. Юнуси(ов). –М: ВЦ АН СССР, 1991. – С. 29.
8. Формула дерева чисел и ее применение. Вестник национального университета, спецвыпуск посв. Году образования и технических знаний, 2010. -С.21-31.
9. Дифференциальные уравнения с экстремальными свойствами, Вестник национального университета, 1/1(77), 2012. -С.3-12.
10. Чиллингуорт Д. Структурная устойчивость математических моделей: в книге: математическое моделирование / Д.Чиллингуорт. -М.: Мир, 1979. -С.249-276.

#### ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

В работе рассматриваются вопросы исследования одной модели популяционной турбулентности с учётом временно-возрастного-пространственного распределения, связанного с изменением параметров (коэффициента диффузии) в некоторой области заданным нелинейным уравнением.

**Ключевые слова:** модельная популяция, численность популяций, популяционная турбулентность, временно-возрастное- пространственное распределение.

#### ABOUT ONE MODEL OF POPULATION TURBULANCE

The Present article is considered matters of population turbulence with regard to time – age-spaces distributions on dependence of nonlinear diffusions law.

**Key words:** modeling population, population number, population turbulence, time – age-spaces distributions.

**Сведения об авторах:** *М.К. Юнуси* – д.ф.м.н., профессор кафедры информатики Таджикского национального университета. Телефон: (+992) 918219990; mail: [m@yunusi.ru](mailto:m@yunusi.ru)

*Ч.Т. Ганиев* – соискатель кафедры информатики ТНУ. Телефон: (+992) 918596164; E-mail: [chalish@mail.ru](mailto:chalish@mail.ru)

## ОБ ОДНОМ ИНТЕГРАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ ПЕРВОГО РОДА

*Х. Ниматов, М.Х. Ниматова*  
Таджикский национальный университет

Пусть  $R^3$  – трёхмерное евклидово пространство,  
 $R_+ = \{ \xi \in R^3; \xi_3 \geq 0 \}$ ,  $D = \{ \xi \in R^3; -\infty < \xi_1, \xi_2 < +\infty, a \leq \xi_3 \leq b, a \text{ и } b \text{ конечные числа} \}$  и  
 $K = \left\{ \nu \in R^3 : \nu_3 - k \sqrt{\nu_1^2 + \nu_2^2} \geq 0, 0 < k < \infty, |\nu| = 1 \right\}$ .

В пространстве  $R^3$  рассмотрим семейство поверхностей  $S$ . Предположим, что каждая поверхность  $S(x, \nu)$  семейства  $S$ , проходящая через заданную точку  $x \in D$ , имеет в этой точке нормаль  $\nu \in K$  и инвариантна к сдвигу вдоль плоскости  $\xi_3 = 0$ .

Кроме того, предположим, что уравнение поверхности  $S(x, \nu)$  разрешенное относительно переменной  $\xi_3$  может быть представлено в виде

$$\xi_3 = x_3 - \frac{\nu_1}{\nu_3}(\xi_1 - x_1) - \frac{\nu_2}{\nu_3}(\xi_2 - x_2) - \varphi(\xi_1 - x_1, \xi_2 - x_2, x_3, \nu), \quad (1)$$

где

$$\varphi \Big|_{\xi_j = x_j} = 0, \quad D_{\xi_j} \varphi \Big|_{\xi_j = x_j} = 0, \quad j = 1, 2. \quad (2)$$

Относительно функции  $u(\xi)$  рассмотрим уравнение

$$\iint_{S(x, \nu)} \rho_0(\xi - x, x_3, \nu) u(\xi) d\delta + \iiint_{R^+} \rho_2(\xi, x, \nu) u(\xi) d\xi = \mathcal{G}(x, \nu), \quad (3)$$

где  $x \in D$ ,  $\nu \in K$ ,  $d\delta$  – элемент площади поверхности  $S(x, \nu)$ ,  $\rho_0$  и  $\rho_2$  – заданные весовые функции.

**Задача.** По данной функции  $\mathcal{G}$  определить функцию  $u$ .

Уравнение (3), в случае когда семейство поверхностей  $S$  имеет вид «шляпочек», их концы опираются на плоскости  $\xi_3 = 0$ , а точка  $x \in D$  является вершиной и исследована в [1].

Для более общего класса семейство поверхностей в  $R^n$  в случае, когда нормаль  $\nu$  меняется в единичной сфере  $S_n$  с центром в точке  $x$ , уравнение (3) исследовано в [2]. В случае когда  $\rho_0 \equiv 1$  и  $\rho_2 \equiv 0$ , уравнение (3) исследовано в [4], а в случае, когда  $\varphi \equiv 0$  и  $\rho_0$  и  $\rho_2$  являются функциями общего вида, исследовано в [5]. Как показано в [3], когда нормаль  $\nu$  пробегает всю единичную сферу  $S_n$ , поставленная задача слабо некорректна, а если  $\nu \in K$ , то задача сильно некорректна.

Целью настоящей статьи является исследование уравнения (3) в случае, когда  $\nu \in K$ . Обозначим через  $U$  класс непрерывных финитных функций  $u(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$  с финитным носителем в области  $D$ .

1<sup>0</sup>. Пусть в уравнении (3)  $\rho_2 = \rho_2(\xi - x, x_3, \nu)$ . Тогда имеет место

**Теорема 1.** Пусть:

1)  $\varphi \in C_{\xi_j, x_3}^{3, 2}$  удовлетворяет условиям (2) и

$$\left| D_{\xi_j, x_3}^\alpha \varphi \right| < C_\alpha \cdot |v_1 v_2|^3, \quad \left| D_{\xi_j, x_3}^\alpha \varphi \right| < \tilde{C}_\alpha \cdot \frac{|v_1 v_2|^3}{|\xi_j - x_j|^2} \quad \text{при } |\xi_j - x_j| > N,$$

$$\left| \frac{v_3}{v_1^2 + v_2^2} \cdot \sum_{j=1}^2 v_j \frac{\partial \varphi}{\partial t_j} \right| \leq d < 1, \quad t_j = \xi_j - x_j, \quad j=1, 2, \quad \alpha=0, 1, 2, 3,$$

$C_\alpha = \text{const}$ ,  $\tilde{C}_\alpha = \text{const}$ ,  $N$  – достаточно большое положительное число.

2)  $\rho_0 = 1 + \rho_1$ ,  $\rho_1 = C_{t_j, x_3}^2$ ,  $\left| D_{t_j, x_3}^\alpha \rho_1 \right| < C_1 \cdot |v_1 v_2|^2$ ,

$$\left| D_{t_j, x_3}^\alpha \rho_1 \right| < C_2 \cdot \frac{|v_1 v_2|^2}{|t_j|^2} \quad \text{при } |t_j| > N, \quad \alpha=0, 1, 2, \quad j=1, 2,$$

$C_1 = \text{const}$ ,  $C_2 = \text{const}$ ,  $\rho_1|_{\xi=x} \neq -1$ .

3)  $\rho_2 \in C_{x_3}^2$  и  $\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |\rho_2(t_1, t_2, \xi_3 - x_3, x_3, \nu)| dt_1 dt_2 < +\infty$ .

Тогда при достаточно малом  $|b - a|$  решение  $u \in U$  уравнения (3) единственно.

Док-во. Применяя к обеим частям уравнения (3) преобразование Фурье по переменным  $x_1$  и  $x_2$ , заменой

$$\xi_3 = x_3 - \frac{v_1}{v_3} t_1 - \frac{v_2}{v_3} t_2 - \varphi(t_1, t_2, x_3, \nu), \quad \xi_4 = t_1 v_2 - t_2 v_1 \quad (4)$$

от интегрирования по переменным  $t_1$  и  $t_2$  переходим к интегрированию по переменным  $\xi_3$  и  $\xi_4$ . Затем, интегрируя полученное уравнение по области  $K$ , получаем следующее уравнение

$$\int_a^b [K_0(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3) + T_0(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3)] \tilde{u}(\lambda, \mu, \xi_3) d\xi_3 = \tilde{\mathcal{G}}_1(\lambda, \mu, x_3), \quad (5)$$

где

$$K_0(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3) = \int_K \frac{2\pi}{v_1^2 + v_2^2} \cdot \delta\left(\frac{\lambda v_2 - \mu v_1}{v_1^2 + v_2^2}\right) \cdot \ell^{-i \frac{v_3(\lambda v_1 + \mu v_2)}{v_1^2 + v_2^2} (\xi_3 - x_3)} d\omega_\nu, \quad (6)$$

$$T_0(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3) = \int_{K-\infty}^{+\infty} \left[ K(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, \xi_4, x_3, \nu) - \frac{1}{v_1^2 + v_2^2} \right] \cdot \ell^{i \frac{\lambda v_2 - \mu v_1}{v_1^2 + v_2^2} \xi_4}.$$

$$\cdot \ell^{-i \frac{\nu_3(\lambda \nu_1 + \mu \nu_2)}{\nu_1^2 + \nu_2^2} (\xi_3 - x_3)} d\xi_4 d\omega_\nu + \int_K \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho_2(t_1, t_2, \xi_3 - x_3, \xi_4, x_3, \nu) \cdot \ell^{i(\lambda t_1 + \mu t_2)} dt_1 dt_2, d\omega_\nu,$$

$$K(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, \xi_4, x_3, \nu) = \frac{1}{\nu_1^2 + \nu_2^2} \cdot \frac{(1 + \rho_1) \cdot \sqrt{1 + \sum_{j=1}^2 (2\nu_3 \nu_j D_{\xi_j} \varphi + \nu_3^2 \cdot (D_{\xi_j} \varphi)^2)}}{1 + \frac{\nu_3}{\nu_1^2 + \nu_2^2} \cdot \sum_{j=1}^2 \nu_j \cdot D_{t_j} \varphi} \cdot \ell^{i(\lambda \nu_1 + \mu \nu_2)}, \quad (6)$$

$$\tilde{\mathcal{G}}_1(\lambda, \mu, x_2) = \int_K d\omega_\nu \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \mathcal{G}(x, \nu) \ell^{-i(\lambda x_1 + \mu x_2)} dx_1 dx_2,$$

$$\tilde{u}(\lambda, \mu, \xi_3) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} u(\xi) \ell^{-i(\lambda \xi_1 + \mu \xi_2)} d\xi_1 d\xi_2,$$

$$t_1 = \frac{\xi_4 \nu_2 - (\xi_3 - x_3) \nu_1 \nu_3}{\nu_1^2 + \nu_2^2} + \gamma_1(\xi_3 - x_3, \xi_4, x_3, \nu),$$

$$t_2 = -\frac{\xi_4 \nu_1 + (\xi_3 - x_3) \nu_2 \nu_3}{\nu_1^2 + \nu_2^2} + \gamma_2(\xi_3 - x_3, \xi_4, x_3, \nu),$$

$$\gamma_j \in C_{\xi_3, \xi_4, x_2}^2, \quad \gamma_j \Big|_{\substack{\xi_3 = x_3 \\ \xi_4 = 0}} = 0, \quad \left| D_{\xi_3, \xi_4, x_2} \gamma_j \right| \leq C_1 \cdot |\nu_1 \nu_2|^2,$$

$$\left| D_{x_3}^2 \gamma_j \right| \leq C_2 \cdot |\nu_j| |\nu_1 \nu_2|, \quad \left| D_{\xi_3, \xi_4, x_2}^1 \gamma_j \right| \leq C_3 \cdot |\nu_1 \nu_2|^2 \cdot \frac{1}{|\xi_4|^2}$$

при  $|\xi_4| > N$ ,  $\alpha = 1, 2$ ,  $j = 1, 2$ ,  $C_i = const$ ,  $i = 1, 2, 3$ ,

$d\omega_\nu$  - элемент площади поверхности, получающийся пересечением сферы  $|\nu| = 1$  и конуса  $K$ ,  $\delta$  - дельта функция Дирака.

Преобразуем ядро  $K_0(\lambda, \mu, \xi_3, -x_3)$  уравнения (5). Для этого в равенстве (6) переходим к сферическим координатам  $\varphi, \Theta, |\nu|$  и воспользуемся свойством однородности  $\delta$  - функции

$$K_0(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3) = 2\pi \int_K \delta(\mu \nu_1 - \lambda \nu_2) \cdot \ell^{-i \frac{\lambda \nu_1 + \mu \nu_2}{\nu_1^2 + \nu_2^2} (\xi_3 - x_3) \nu_3} d\omega_\nu =$$



$$\begin{aligned}
&= -\frac{2\pi}{p} \int_0^\beta \cos p |\xi_3 - x_3| \operatorname{ctg} \Theta \, d\Theta = -\frac{2\pi}{p} \int_{|\xi_3 - x_3| \operatorname{ctg} \beta}^{+\infty} \frac{|\xi_3 - x_3| \cos py}{y^2 + |\xi_3 - x_3|^2} dy = \\
&= -\frac{\pi^2}{p} e^{-p|\xi_3 - x_3|} + \frac{2\pi}{p} \int_0^{\operatorname{ctg} \beta} \frac{\cos p |\xi_3 - x_3| t}{1+t^2} dt, \quad p = \sqrt{\lambda^2 + \mu^2}, \quad \beta = \operatorname{arctg} \frac{1}{k}. \quad (8)
\end{aligned}$$

Подставляя в уравнение (5) вместо  $K_0(\lambda, \mu, \xi_3, -x_3)$  его значение из (8), затем дифференцируя его правые и левые части два раза по переменной  $x_3$ , получаем уравнение

$$\tilde{u}(\lambda, \mu, x_3) - \int_a^b T(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3) \tilde{u}(\lambda, \mu, \xi_3) d\xi_3 = \frac{1}{\pi^2} \cdot D_{x_3}^2 \mathcal{G}_1(\lambda, \mu, x_3), \quad (9)$$

где  $T(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3) = p e^{-p|\xi_3 - x_3|} + \frac{2p}{\pi} \int_0^{\operatorname{ctg} \beta} \frac{t^2 \cos p |\xi_3 - x_3| t}{1+t^2} dt - \frac{1}{\pi^2} D_{x_3}^2 T_0,$

$$\begin{aligned}
D_{x_3}^2 T_0 &= \int_{K-\infty}^{+\infty} \int_{K-\infty}^{+\infty} \left[ D_{x_3}^2 K + 2i \cdot \frac{v_3(\lambda v_1 + \mu v_2)}{v_1^2 + v_2^2} \cdot D_{x_3} K - \frac{v_3^2(\lambda v_1 + \mu v_2)^2}{(v_1^2 + v_2^2)^2} \cdot \left( K - \frac{1}{v_1^2 + v_2^2} \right) \right] \cdot \\
&\cdot e^{-i \frac{v_3(\lambda v_1 + \mu v_2)}{(v_1^2 + v_2^2)} (\xi_3 - x_3)} \cdot e^{i \frac{\lambda v_2 + \mu v_1}{v_1^2 + v_2^2} \cdot \xi_4} d\omega_v d\xi_4 + D_{x_3}^2 \left( \int_{K-\infty}^{+\infty} \int_{K-\infty}^{+\infty} \int_{K-\infty}^{+\infty} \rho_2 \cdot e^{i(\lambda t_1 + \mu t_2)} dt_1 dt_2 d\omega_v \right), \quad K-
\end{aligned}$$

определяется формулой (7).

Уравнение (9) при каждом фиксированном  $\lambda$  и  $\mu$  представляет собой интегральное уравнение второго рода. Предположим, что  $\lambda \in (0, \eta_1)$  и  $\mu \in (0, \eta_2)$ , где  $\eta_1$  и  $\eta_2$  - достаточно малые числа. В силу наложенных теоремой 1 условий на функции  $\varphi$ ,  $\rho_1$  и  $\rho_2$  легко показать, что ядро  $T(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3)$  уравнения (9) при каждом фиксированном  $\lambda \in (0, \eta_1)$  и  $\mu \in (0, \eta_2)$  будет ограниченным. Известно, что при каждом фиксированном  $\lambda \in (0, \eta_1)$  и  $\mu \in (0, \eta_2)$  уравнение (9) имеет единственное решение  $\tilde{u}(\lambda, \mu, x_3)$ , если  $|b-a|$  - достаточно мало. Поскольку функция  $\tilde{u}(\lambda, \mu, x_3)$  аналитична по переменным  $\lambda$  и  $\mu$ , в силу единственности аналитического продолжения при достаточно малом  $|b-a|$  уравнение (9) имеет единственное решение  $\tilde{u}(\lambda, \mu, x_3)$  для любых  $\lambda$  и  $\mu$ .

2<sup>0</sup>. Пусть в уравнении (3)  $\rho_2 = \rho_2(\xi, x, v)$ . Имеет место

Теорема 2. Пусть:

- 1) Функции  $\varphi$  и  $\rho_1$  удовлетворяют условиям теоремы 1.

$$2) \quad \rho_2 \in C_{x_3}^2, \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |\rho_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_1, x_2, x_3, \nu)| dx_1 dx_2 d\xi_1 d\xi_2 < +\infty, \text{ и}$$

$$\tilde{\rho}_2(\lambda_1, \mu_1, \xi_3, \lambda, \mu, x_3, \nu) = 0 \text{ при } |\lambda_1| > c, \quad |\mu_1| > d,$$

где  $c$  и  $d$  - некоторые конечные числа,

$$\tilde{\rho}_2(\lambda_1, \mu_1, \xi_3, \lambda, \mu, x_3, \nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \ell^{-i(\lambda x_1 + \mu x_2)} dx_1 dx_2 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \ell^{i(\lambda x_1 + \mu x_2)} \rho_2(\xi_1, \xi_2, \xi_3, x_1, x_2, x_3, \nu) d\xi_1 d\xi_2 \quad (10)$$

$$3) \quad u \in U \text{ и } \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |\bar{u}(\lambda, \mu, x_3)| d\lambda d\mu < +\infty$$

Тогда при достаточно малом  $|b-a|$  решение уравнения (3) единственно.

Доказательство. Уравнение (3) представим в виде

$$\iint_{S(x, \nu)} \rho_0(\xi - x, x_3, \nu) u(\xi) d\mathcal{S} = \mathcal{G}_2(x, \nu), \quad (11)$$

$$\mathcal{G}_2(x, \nu) = \mathcal{G}(x, \nu) - \iiint_{R_+} \rho_2(\xi, x, \nu) \cdot u(\xi) d\xi. \quad (12)$$

Правую часть равенства (11) временно рассматриваем как известную функцию. Аналогично, как в случае  $1^0$ , применяя к обеим частям уравнения (11) оператор  $L$ :

$$(L\mathcal{G}_2)(\lambda, \mu, x_3) \equiv \frac{1}{\pi^2} D_{x_3}^2 \left( \int_{K-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \mathcal{G}_2(x, \nu) \ell^{-i(\lambda x_1 + \mu x_2)} dx_1 dx_2 d\omega_\nu \right),$$

получим уравнение

$$\bar{u}(\lambda, \mu, x_3) - \int_a^b T_1(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3) \tilde{u}(\lambda, \mu, \xi_3) d\xi_3 = (L\mathcal{G}_2)(\lambda, \mu, x_3), \quad (13)$$

где

$$T_1(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3) = p \ell^{-p|\xi_3 - x_3|} + \frac{2p}{\pi} \int_0^{\text{ctg}\beta} \frac{t^2 \cdot \cos p|\xi_3 - x_3|t}{1+t^2} dt -$$

$$- \frac{1}{\pi^2} D_{x_3}^2 T_2, \quad D_{x_3}^2 T_2 = \int_{K-\infty}^{+\infty} \left[ D_{x_3}^2 K + 2i \cdot \frac{v_3(\lambda v_1 + \mu v_2)}{v_1^2 + v_2^2} \cdot D_{x_3} K - \frac{v_3^2(\lambda v_1 + \mu v_2)^2}{(v_1^2 + v_2^2)^2} \cdot \left( K - \frac{1}{v_1^2 + v_2^2} \right) \right]$$

$$\ell^{-i \frac{v_3(\lambda v_1 + \mu v_2)}{v_1^2 + v_2^2} (\xi_3 - x_3)} \cdot \ell^{i \frac{\lambda v_2 - \mu v_1}{v_1^2 + v_2^2} \cdot \xi_4} d\xi_4 d\omega_\nu. \quad (14)$$

Как известно, ядро  $T_1(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3)$  уравнения (13) при каждом фиксированном  $\lambda \in (0, \eta_1)$  и  $\mu \in (0, \eta_2)$  ограничено. Разрешая уравнение (13), запишем

$$\tilde{u}(\lambda, \mu, x_3) = (L\mathcal{G}_2)(\lambda, \mu, x_3) + \int_a^b \Gamma(\lambda, \mu, \xi_3, x_3) (L\mathcal{G}_2)(\lambda, \mu, \xi_3) d\xi_3, \quad (15)$$

где  $\Gamma(\lambda, \mu, \xi_3, x_3)$ -резольвента уравнения (13).

Подставляя в (15) вместо  $\mathcal{G}_2(x, \nu)$  его значение из (12) и меняя порядок интегрирования, имеем

$$\tilde{u}(\lambda, \mu, x_3) = \psi(\lambda, \mu, x_3) + \int_a^b \int_{c-d}^c \int_a^d T_3(\lambda, \mu, \lambda_1, \mu_1, \xi_3, x_3) \tilde{u}(\lambda_1, \mu_1, \xi_3) \cdot d\lambda_1 d\mu_1, d\xi_3,$$

$$\psi(\lambda, \mu, x_3) = (L\mathcal{G})(\lambda, \mu, x_3) - \int_a^b \Gamma(\lambda, \mu, \xi_3, x_3) (L\mathcal{G}_2)(\lambda, \mu, \xi_3) d\xi_3,$$

$$T_3(\lambda, \mu, \lambda_1, \mu_1, \xi_3, x_3) = \frac{1}{4\pi^4} \int_K D_{x_3}^2 \tilde{\rho}_2(\lambda_1, \mu_1, \xi_3, \lambda, \mu, x_3, \nu) d\omega_\nu +$$

$$+ \frac{1}{4\pi^4} \int_a^b \Gamma(\lambda, \mu, \tilde{\xi}_3, x_3) \left[ \int_K D_{x_3}^2 \tilde{\rho}_2(\lambda_1, \mu_1, \tilde{\xi}_3, \lambda, \mu, x_3, \nu) \Big|_{x_3=\tilde{\xi}_3} \cdot d\omega_\nu \right] d\tilde{\xi}_3,$$

$\tilde{\rho}_2(\lambda_1, \lambda_2, \xi_3, \lambda, \mu, x_3, \nu)$ -определяется формулой (10).

Из выражения (14), используя условия для функции  $\rho_1$ , получаем

$$|\Gamma_1(\lambda, \mu, \xi_3 - x_3, x_3)| \leq C_1 \cdot \sqrt{\lambda^2 + \mu^2}, \quad C_1 = const, \forall \xi_3, x_3 \in [a, b].$$

Отсюда, согласно известным свойствам резольвенты,

$$|\Gamma(\lambda, \mu, \xi_3, x_3)| \leq C_2 \cdot \sqrt{\lambda^2 + \mu^2}, \quad C_2 = const, \forall \xi_3, x_3 \in [a, b].$$

Предположим, что  $\lambda \in (o, \eta_1)$  и  $\mu \in (o, \eta_2)$ . Тогда в силу известных свойств преобразования Фурье, ядро  $T_3(\lambda, \mu, \lambda_1, \mu_1, \xi_3, x_3)$  уравнения (16) ограничено. Следовательно, при достаточно малом  $|b-a|$  уравнение (16) имеет единственное решение  $\tilde{u}(\lambda, \mu, x_3)$ . Теорема доказана.

**Замечание.** Если  $\rho_2$  по переменным  $\xi_1$  и  $\xi_2$  есть целая аналитическая функция удовлетворяющая неравенству

$$|\rho_2(\xi_1 + iy_1, \xi_2 + iy_2, \xi_3, x, \nu)| < \phi(\xi_1, \xi_2) e^{c|y_1|} \cdot e^{d|y_2|},$$

где

$$\lim_{\substack{|\xi_1| \rightarrow \infty \\ |\xi_2| \rightarrow \infty}} \phi(\xi_1, \xi_2) = 0, \quad \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \phi(\xi_1, \xi_2) d\xi_1 d\xi_2 < +\infty,$$

то  $\tilde{\rho}_2(\lambda_1, \mu_1, \xi_3, \lambda, \mu, x_3, \nu) = 0$  при  $|\lambda_1| > c$  и  $|\mu_1| > d$  (см.[6]).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В.Г. Сиб: математический журнал / В.Г. Романов, 1973. -т.10, №6. -С. 1364-1374.
2. Лаврентьев М.М., Бухгейм А.Л. Функциональный анализ и его приложения / М.М. Лаврентьев, А.Л. Бухгейм, 1973. -т.7, №4. -С. 44-53.
3. Бухгейм А.Л. В сб. Вычислительная математика и программирование / А.Л. Бухгейм. -Новосибирск: Изд-во ВЦ СОАН СССР, 1975. -С. 168.
4. Ниматов Х. Докл. АН Тадж. ССР / Х. Ниматов, 1985, т. XXXVIII, №2. -С 67-70.
5. Ниматов Х., Сиб. математический журнал / Х. Ниматов, 1989, т. XXX, №1. -С. 190-193.
6. Шилов Г.Е. Математический анализ/Г.Е. Шилов. -ч.3. Функции одного переменного. -М: Наука, 1970, -351 с.

#### ОБ ОДНОМ ИНТЕГРАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ ПЕРВОГО РОДА

Рассматривается интегральное уравнение первого рода, где от искомой функции известны линейная комбинация интегралов с заданными весовыми функциями. Интегрирование производится по семейству поверхностей  $S$ , проходящих через заданную точку  $x \in R^3$ , имеющую в этой точке нормаль  $\nu \in K$  и полупространство. Здесь  $K$  конус с вершиной в точке  $x$ . Для рассматриваемого уравнения получены теоремы единственности решений.

**Ключевые слова:** интегральная геометрия, интегральные уравнения, слабо и сильно некорректные задачи, решение одного интегрального уравнения первого рода. Аналитическое продолжение.

#### ABOUT ONE INTEGRATED EQUATION OF THE FIRST TYPE

The integrated equation of the first sort is studied, where from required function are known linear combine of integrals with the given weight functions. Integration are made by the family of surfaces  $S$  taking place through the given point  $x \in R^3$  having in this point and normal  $K$  semiconductor. The theorems of uniqueness of the decisions of the equation are received.

**Key words:** the integrated geometry, integrated equations, weak also strongly incorrect tasks, decision of one integrated equation of the first type, analytical continuation.

**Сведения об авторах:** *Х. Ниматов* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики ТНУ. Телефон: **985-70-35-13**

*М.Х. Ниматова* - ассистент кафедры информатики ТНУ. Телефон: **988-29-81-81**

#### О ТЕОРЕМЕ ЛИУВИЛЛЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ

*Д.С. Сафаров, Г.М. Мисоков*

**Курган-Тюбинский государственный университет им. Носира Хусрава,  
Таджикский государственный университет коммерции**

В теории аналитических функций, классическая теорема Лиувилля утверждает, что любая аналитическая функция на плоскости  $C$  и растущая на бесконечности не быстрее  $|z|^N$ , является многочленом степени не выше  $N$ , [1]. И.Н. Векуа получено распространение теоремы Лиувилля для уравнения обобщенных аналитических функций, когда коэффициенты

принадлежат классу  $L_{p,2}(\mathbb{C}), p > 2$ , в этом случае такие функции являются обобщенным полиномом степени  $N$ , [2]. Если коэффициенты уравнения не принадлежат  $L_{p,2}(\mathbb{C})$ , то в этой форме теорема Лиувилля для таких уравнений не переносится. В.С. Виноградовым [3] было показано, что в случае постоянных коэффициентов число независимых решений над полем вещественных чисел может быть равным одному из трёх чисел:  $0, N + 1, 2(N + 1)$ . Если число уравнений больше двух, типа обобщенного голоморфного вектора, то пространство решений может быть и бесконечномерным. Также В.С. Виноградов [4] нашел необходимое и достаточное условие как конечномерности так и бесконечномерности и дал алгоритм получения решений. Дальнейшие исследования в этом направлении проведены в работах [5], [6] и др.

В данной работе дается распространение теоремы Лиувилля на решения уравнения обобщенных аналитических функций вида

$$\frac{\partial w}{\partial \bar{z}} + a(z)w(z) + b(z)w(-z) = 0, \quad (1)$$

где  $z = x + iy$ ,  $w = u + iv$ ,  $2\partial_{\bar{z}} = \partial_x + i\partial_y$ ,  $a(z), b(z)$  – заданные функции.

Регулярные во всей плоскости, то есть из класса  $C^1$ , решения уравнения (1), удовлетворяющие на бесконечности условию роста

$$|w(z)| \leq M|z|^N, \quad M - \text{постоянная}, \quad (2)$$

называются решениями степенного роста.

Уравнение (1) при  $a(z) \equiv 0$  встречается в теории нелинейных интегрируемых систем [7].

Здесь мы опишем структуру пространства решений задачи (1), (2) в случае постоянных и переменных коэффициентов, когда  $a, b \in L_{p,2}(\mathbb{C}), p > 2$ .

1. Пусть  $a, b$  постоянные.

**Теорема 1.** Пусть в уравнении (1)  $b^2 - a^2 \neq 0$ . Тогда любое решение задачи (1), (2) есть обобщенный полином степени  $N$ .

Доказательство. Пусть  $b^2 - a^2 \neq 0$  и  $k$  один из ветвей корня  $\sqrt{b^2 - a^2}$ . Решение уравнения (1) будем искать в виде

$$w(z) = \varphi(z)e^{ik\bar{z}} + \psi(z)e^{-ik\bar{z}}, \quad (3)$$

где  $\varphi(z), \psi(z)$  – неизвестные пока аналитические функции. Подставляя (3) в (1) подберем  $\varphi(z), \psi(z)$  такими чтобы функция (3) давала решение уравнения (1). После подстановки (3) в (1) получим, что  $\varphi(z)$  и  $\psi(z)$  должны быть связаны между собой в систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} (ik + a)\varphi(z) + b\psi(-z) &= 0 \\ (-ik + a)\psi(z) + b\varphi(-z) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Из этой системы выразим  $\psi(z)$  через  $\varphi(-z)$  (или  $\varphi(z)$  через  $\psi(-z)$ ). Тогда решение (1) получается в виде

$$w(z) = \varphi(z)e^{ik\bar{z}} + \frac{b}{ik - a}\varphi(-z)e^{-ik\bar{z}}, \quad (5)$$

где  $\varphi(z)$  – произвольная аналитическая функция.

Теперь в формуле (5) произвольную аналитическую функцию  $\varphi(z)$  берем в виде

$$\varphi(z) = \mu(z)e^{i\bar{k}z},$$

$\mu(z)$  – произвольная аналитическая функция. Тогда решение уравнения (1) запишется в виде

$$w(z) = \mu(z)e^{i(k\bar{z} + \bar{k}z)} + \frac{b}{ik - a}\mu(-z)e^{-i(k\bar{z} + \bar{k}z)}, \quad (6)$$

Из этой формулы легко можно получить условие роста для  $\mu(z)$ . В самом деле, подставляя в (6)  $z = -z$  получим

$$\omega(-z) = \mu(-z)e^{-i(k\bar{z}+\bar{k}z)} + \frac{b}{ik-a}\mu(z)e^{i(k\bar{z}+\bar{k}z)}, \quad (7)$$

Исключая из уравнений (6), (7)  $\mu(-z)$  получим

$$\mu(z) = A(k, a, b) \left[ \omega(z) - \omega(-z) \frac{b}{ik-a} \right] e^{-i(k\bar{z}+\bar{k}z)}, \quad (8)$$

постоянная  $A(k, a, b)$  зависит от  $k, a, b$  и при замене  $z = -z$  не меняется, то из (8), в силу условия (2), получим

$$|\mu(z)| \leq 2kA|z|^N$$

Таким образом, задачи (1), (2) сводились к теореме Лиувилля для аналитических функций. Поэтому  $\mu(z)$  – полином не выше степени  $N$

$$\mu(z) = \sum_{m=0}^N C_m z^m.$$

Подставляя  $\mu(z)$  в (6) получим решение задачи (1), (2) в виде обобщенного полинома степени  $N$

$$\omega(z) = \sum_{m=0}^N C_m (e^{i\bar{k}z+ik\bar{z}} + (-1)^m \frac{b}{ik-a} e^{-i\bar{k}z+ik\bar{z}}) z^m$$

**Теорема 2.** Пусть  $b^2 = a^2$ . Тогда любое решение задачи (1), (2) есть псевдополином степени  $N$ .

Доказательство. Пусть в уравнении (1)  $b^2 = a^2$ . Тогда любое его решение удовлетворяет уравнению Бицадзе [8]

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial \bar{z}^2} = 0.$$

Следовательно, любое решение уравнения (1) можно представить в виде

$$\omega(z) = \varphi(z)\bar{z} + \psi(z), \quad (9)$$

где  $\varphi(z), \psi(z)$  – произвольные аналитические функции. Подставляя (9) в уравнение (1) подберем  $\varphi(z)$  и  $\psi(z)$  такими, чтобы (9) давала решение (1).

Здесь возможны два случая:  $b = a$  или  $b = -a$ .

В результате получим следующее решение:

а) при  $b = a$

$$\omega(z) = \psi(z) - a\bar{z}[\psi(z) + \psi(-z)], \quad (10)$$

б) при  $b = -a$

$$\omega(z) = \psi(z) - a\bar{z}[\psi(z) - \psi(-z)], \quad (10')$$

$\psi(z)$  – произвольная аналитическая функция.

Из (10) (или (10')) нетрудно получить условие роста для  $\psi(z)$ .

Таким образом, в представлении (10) (или (10')) аналитическая функция  $\psi(z)$  должна удовлетворять условию теоремы Лиувилля. Отсюда следует, что  $\psi(z)$  – полином не выше степени  $N + 1$ . Из условия роста (2) следует, что

$$\psi(z) = \sum_{k=0}^N C_k z^k. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10) получим

$$w(z) = \sum_{k=0}^N C_k z^k - a\bar{z} \sum_{k=0}^N C_k [1 + (-1)^k] z^k.$$

Отсюда легко можно увидеть, что при четном  $N$  решение задачи (1), (2) есть псевдополином степени  $N - 1$ ; при нечетном  $N$  – полином степени  $N$ . Такие полиномы [9], названы псеполиномами.

Аналогично при  $b = -a$  подставляя (11) в (10) получим

$$w(z) = \sum_{k=0}^N C_k z^k - a\bar{z} \sum_{k=0}^N C_k [1 - (-1)^k] z^k$$

Из этой формулы заключаем: если  $b = -a$ , то при четном  $N$  решение задачи (1), (2) – псевдополином степени  $N$ ; а при нечетном  $N$  – псевдополином степени  $N - 1$ .

2. Пусть теперь в уравнении (1)  $a, b \in L_{p,2}(\mathbb{C}), p > 2$ . В этом случае, кроме тривиального случая  $b(z) = 0$ , решение уравнения (1) невозможно написать в явном виде. В общем случае решение уравнения получается из некоторого интегрального уравнения посредством интегрированного ядра Коши.

Здесь мы укажем один частный случай, условие на  $a(z)$  и  $b(z)$  при выполнении которых решение (1) пишется в явном виде.

**Лемма.** Пусть  $a(z)$  – нечетная и  $a \in L_{p,2}(\mathbb{C}), p > 2$ . Тогда: а) при четном  $b(z)$  и  $b \in L_{p,2}(\mathbb{C})$  решение уравнения (1) из класса  $U_{p,2}(\mathbb{C}), p > 2$  представляется в виде

$$w(z) = e^{-Ta} [\varphi_1(z) e^{-i Tb} + i \varphi_1(-z) e^{i Tb}], \quad (12)$$

где  $Tf$  – интегральный оператор Векуа,

$$Tf = -\frac{1}{\pi} \iint_{\mathbb{C}} \frac{f(t)}{t-z} d_t \mathbb{C}$$

$\varphi_1(z)$  – произвольная аналитическая функция,  $Ta$  – четная и  $Tb$  – нечетная.

б) при  $b(z)$  – нечетном имеет вид

$$w(z) = e^{-Ta} [\varphi(z) e^{-Tb} + \psi(z) e^{Tb}] \quad (13)$$

где  $\varphi(z), \psi(z)$  – произвольные аналитические функции причем  $\varphi(z)$  – нечетная,  $\psi(z)$  – четная.

**Доказательство.** В справедливости формулы (12), (13) непосредственно можно убедиться при подстановке в (1). Только надо учесть, что производная по  $\bar{z}$  понимается в обобщенном смысле Векуа, и

$$\frac{\partial}{\partial \bar{z}} e^{-Tf} = -f(z) \quad \text{и} \quad \frac{\partial}{\partial \bar{z}} (\Phi e^{Tf}) = \Phi f e^{Tf}$$

$\Phi(z)$  – аналитическая функция и  $Tf$  – четная, при нечетном  $f$ .

При выводе формулы (12), (13) кроме выполнения условия леммы, ради простоты, потребуем, чтобы  $a(z) \in C_\alpha(\mathbb{C}), b(z) \in C_\alpha^1(\mathbb{C}), C_\alpha(\mathbb{C})$  – класс непрерывных по Гельдеру функций с показателем  $0 < \alpha < 1, C_\alpha^1(\mathbb{C})$  – класс непрерывно дифференцируемых функций, первые производные которых принадлежат классу  $C_\alpha(\mathbb{C})$ .

Тогда, отыскивая решение (1) в виде

$$v(z) = e^{Ta} w(z),$$

$w(z)$  – решение (1) для  $v(z)$ , при нечетном  $a(z)$ , получим уравнение вида

$$v_{\bar{z}}(z) + b(z)v(-z) = 0 \quad (14)$$

При допущении условия на  $b(z)$  это уравнение сводится к уравнению второго порядка (без отклонения аргумента)

$$v_{\bar{z}\bar{z}} - \frac{b\bar{z}}{b} v_{\bar{z}} + b(z)b(-z)v = 0.$$

Это уравнение легко интегрируется, если оно имеет вид

$$v_{\bar{z}\bar{z}} - \frac{b\bar{z}}{b} v_{\bar{z}} + \varepsilon b^2(z)v = 0,$$

где  $\varepsilon = +1$  или  $\varepsilon = -1$ , когда  $b(z)$  – четная или нечетная.

Причём при четном  $b(z)$  общее решение (14) имеет вид

$$v(z) = \varphi_1(z)e^{-iTb} + \varphi_2(z)e^{iTb}, \quad (15)$$

где  $\varphi_1(z)$ ,  $\varphi_2(z)$  – произвольные аналитические функции.

Если  $b(z)$  – нечетная, то имеем

$$v(z) = \varphi(z)e^{Tb} + \psi(z)e^{-Tb} \quad (16)$$

$\varphi(z)$ ,  $\psi(z)$  – произвольные аналитические функции.

Подставляя (15) (или (16)) в (14) находим условие на  $\varphi_1(z)$  и  $\varphi_2(z)$  (или  $\varphi(z)$ ,  $\psi(z)$ ), и в результате получим формулы вида (12), (13).

Теперь устанавливаем оценки роста для  $\varphi_1(z)$ ,  $\varphi(z)$  и  $\psi(z)$  в формулах (12), (13). При этом учтем свойства интеграла  $Tf$ : если  $f \in L_{p,2}(\mathbb{C})$ , то  $Tf \in C_{\frac{p-2}{p}}(\mathbb{C})$ ,  $p > 2$ , причем вблизи

бесконечности  $Tf$  убывает как  $|z|^{\frac{2-p}{p}}$  (см. [1], стр. 61-62, теорема 1.23).

Как при доказательстве теоремы 1 приходим к следующему результату.

**Теорема 3.** Пусть в уравнении (1)  $a(z) \in L_{p,2}(\mathbb{C})$  и  $a(z)$  – нечетная. Тогда любое решение задачи (1), (2) из класса  $L_p(\mathbb{C})$ ,  $p > 2$ , при четном (или нечетном)  $b(z) \in L_{p,2}(\mathbb{C})$  является обобщенным полиномом степени  $N$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврентьев М.А. Методы теории функций комплексного переменного / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. -М.: «Наука», 1987. -688с.
2. Векуа И.Н. Обобщенные аналитические функции / И.Н. Векуа. -М.; 1959. -689с.
3. Виноградов В.С. О теореме Лиувилля для обобщенных аналитических функций / В.С. Виноградов. ДАН СССР, 1968. Т.183, №3. -С. 503-506.
4. Виноградов В.С. О решениях степенного роста для систем эллиптического типа. Комплексный анализ и его приложения / В.С. Виноградов. -М.: «Наука», 1978. -С. 120-125.
5. Сафаров Д.С. О размерности пространств решений степенного роста для одного класса эллиптических систем: дифф. уравн. / Д.С. Сафаров. 1979, Т.XV, №1. -С. 112-115.
6. Байзаев С. К теории ограниченных решений обобщенной системы Коши-Римана / С. Байзаев, Э. Мухамадиев. ДАН СССР, 1986, Т.287., №2. -С. 280-283.
7. Jaulent M.  $\bar{\partial}$ -equations in theory integrable systems / M. Jaulent, M. Manna, Alonzol Martinez. «Inverse Probe», 1988, 4, N1. -P. 123-150.
8. Бицадзе А.В. Некоторые классы уравнений в частных производных / А.В. Бицадзе. -М.; «Наука», 1981г., - 448с.
9. Балк М.Б. Полианалитические функции. komplexe analysis and ihre anwendung auf partielle oifferential gleichungen / М.Б. Балк. Teil 1., Halle (saale). 1980. 41 (M18). -P.11-47.

#### О ТЕОРЕМЕ ЛИУВИЛЛЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ

В работе дается распространение теоремы Лиувилля на решениях уравнения обобщенных аналитических функций с отклоняющимся аргументом

**Ключевые слова:** уравнение, пространство решений, аналитическая функция.

#### ON THE THEOREM LIOUVILLE FOR THE EQUATIONS OF THE GENERALIZED ANALYTIC FUNCTIONS WITH DEVIATING ARGUMENTS.

In the article given distribution theorem of Liouville for the equations of the generalized analytic functions with deviating arguments.



**Key words:** equation, the space of elucidations, analytic functions.

**Сведения об авторах:** *Д.С. Сафаров* – доктор физико-математических наук, профессор Курган-Тюбинского государственного университета им. Носира Хусрава. Телефон: **917-07-96-40**

*Г.М. Мисоков* – старший преподаватель Таджикского государственного университета коммерции. Телефон: **904-15-96-16**

## **КАЧЕСТВЕННЫЙ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЗАНЯТОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ СОДРУЖЕСТВА НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ И В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА**

*Р.К. Раджабов, Дж.З. Мухиддинова*

**Таджикский государственный университет коммерции,  
Технологический университет Таджикистана**

Занятость населения, как основная экономическая категория, свойственна всем социальным и экономическим структурам. Следовательно, занятость является главным связывающим звеном людей с их деятельностью в производстве, в сфере услуг, в распределении и потреблении продукции. Важно заметить, что занятость, характеризуя рабочий потенциал населения, представляет не только экономические интересы, а также государственные интересы в сфере труда. В связи с послекризисной ситуацией и переходом к рыночной экономике, в странах СНГ и некоторых странах ЕС, возникает необходимость в теоретическом изучении занятости.

Главная цель данной статьи заключается в определении значимых макроэкономических факторов, влияющих на занятость населения в странах СНГ и некоторых странах ЕС.

Качественный сравнительный анализ (КСА) поможет ответить на вопрос «Почему в некоторых странах ЕС уровень занятости выше, чем в странах СНГ, и от чего это зависит?». Следовательно, основное внимание будет уделяться занятости и основным факторам, которые влияют на этот процесс. Для проведения данного анализа, в качестве основного метода, был использован метод Чарльза Рагина, КСА. Основные статистические данные были собраны из различных интернет источников за 2009 год [3, 4, 7, 14].

В одной из первых публикаций, с использованием КСА в политической науке [2], были определены основные условия разрушения и выживания политико-демократической системы в межвоенной Европе.

Основная цель данной статьи заключалась в определении зависимости основных четырех социально-экономических факторов (богатство, индустриализация, образование и урбанизация) от демократии [8].

Методология КСА была предложена американским социологом Чарльзом Рагином в конце XX в. [9, 10]. Предложенная методология качественного сравнительного анализа (КСА) - это расширение качественного анализа данных, в котором отдельно изучается каждый случай, с возможностью формализации связей и построения сравнительного анализа. Происходит переход от описания отдельных случаев к более систематическому сравнению объектов в малых и средних выборках.

Наиболее широко известными и применяемыми в настоящее время являются три разновидности метода КСА: а) КСА четких множеств (КСАчм, Crisp-set QCA (csQCA)) [1, 10], предназначенный для работы только с дихотомическими признаками; б) КСА нечетких

множеств (КСА<sub>нм</sub>, Fuzzyset QCA (fsQCA)) [9, 13], отчасти решающий проблему обязательного сведения всех признаков к дихотомии; в) многозначный КСА (мзКСА, Multi-value QCA (mvQCA)) [5], предложенный в 2003 г. расширение метода, который позволяет анализировать категориальные данные с любым количеством градаций. Логическими основаниями методологии КСА являются Булева алгебра, теория множеств и теория нечетких множеств, а также каноны Милля.

Основная цель описываемых методов - найти среди всех характеристик, описывающих интересующее исследователя явление, достаточно простые сочетания этих характеристик, отражающие общие закономерности, содержащиеся в данных. Понятие «множественные причины–сочетания» (Multiple Conjunctural Causation) является центральным в методологии КСА. Причина понимается здесь как ситуация одновременного присутствия зависимой и независимой (ряда независимых) переменных (Традиционно в QCA зависимую переменную называют откликом (outcome), а независимую - условием (condition), что лучше отражает идею метода). В основном ищутся именно сложные причины, представленные как сочетания отдельных условий, так как они не рассматриваются отдельно друг от друга, а сгруппированы в комбинации.

Цель КСА занятости в выявлении комбинаций факторов, ведущих к интересующему нас результату. Применение данного метода основано на разделении всех исследуемых переменных на 2 группы:

1. Зависимая переменная (занятость в нашем случае);
2. Независимые переменные (уровень свободных рабочих мест (УСРМ), валовый внутренний продукт (ВВП) на душу населения (НД), промышленность на душу населения (НД), инвестиция на душу населения (НД), сельское хозяйство на душу населения (сельхоз НД), уровень миграции средняя заработная плата (Сред\_зар\_плата)).

В отличие от статистического анализа, вместо исследования качественных значений переменных и оценки коэффициентов, в КСА используется Булева алгебра [6].

Суть методики, основанной на принципах Булевой алгебры, состоит в дихотомизации данных, где каждый фактор сводится к бинарной переменной (1 или 0) для каждого наблюдения (страны).

В нашем случае мы имеем 15 наблюдений. Из вышеперечисленных независимых переменных, качественного сравнительного анализа необходимо оставить только 5, так как большое количество независимых переменных может привести к увеличению количества логически возможных, но не наблюдаемых случаев. Для определения значимых факторов нами был проведен корреляционный анализ. Следовательно, из-за низкой корреляционной связи относительно зависимой переменной (занятости), исключим из анализа среднюю заработную плату и инвестиции.

Таким образом, из всех вышеуказанных факторов, которые влияют на занятость, для нашего анализа мы оставили уровень свободных рабочих мест, ВВП на душу населения, промышленность, сельское хозяйство и уровень миграции. Все макроэкономические показатели за 2009 год, до дихотомизации представлены в табл.1.

Для того, чтобы использовать булеву алгебру, как основной метод КСА, необходимо преобразовать данные табл. 1 в таблицу сопряженности зависимых и независимых переменных, в “таблицу истинности”. Ее суть можно свести к оценке данных по шкале – истина (наличие) (обозначается цифрой 1) и ложь (отсутствие) (обозначается цифрой 0).

Следовательно, мы переформировали существующую табл. 1, в так называемую, таблицу “истинности”- табл. 2, путем преобразования всех существующих переменных в единицы и нолики по вышесказанному принципу. Для этого необходимо установить

пароговый показатель, который основывается как на эмпирических (практических), так и на теоретических знаниях. В нашем анализе порог дихотомизации будет выглядеть следующим образом:

**Таблица 1. Основные макроэкономические показатели, влияющие на занятость**

Страны	УСРМ	Промышленность НД (\$)	Сель_хозНД (\$)	Инвестиция НД (\$)	Сред_зар_плата (\$)	ВВП НД (\$)	Уровень миграции	Занятость
Австрия	1.40	11797	606	8403	2978	40400	1.81	95.20
Германия	2.20	10247	828	6176	2853	34500	0.54	92.30
Италия	0.60	7615	572	5839	2127	30100	4.86	92.20
Нидерланды	1.50	10035	1048	7133	2803	40300	2.33	95.20
Бельгия	1.80	8125	260	7568	2962	37100	1.22	92.10
Армения	0.09	2759	1077	1915	306	5700	-3.76	90.00
Азербайджан	0.16	6540	567	1842	361	10900	-1.14	94.00
Беларусь	1.25	6066	1278	4978	348	13600	0.38	95.00
Латвия	0.20	3168	584	2628	572	14600	-2.33	81.60
Литва	0.40	4464	544	2576	490	16000	-0.72	82.20
Украина	0.41	2251	630	1280	216	6700	-0.09	88.00
Казахстан	0.21	5436	686	3200	506	12700	-3.27	93.40
Кыргызстан	0.37	568	539	570	132	2200	-2.60	82.00
Таджикистан	0.57	460	380	412	80	2000	-1.24	80.00
Узбекистан	0.25	1023	679	620	121	3100	-2.74	80.00

- Уровень свободных рабочих мест будет равен 1
- Промышленность – 6000
- Сельское хозяйство – 600
- ВВП на душу населения – 12000
- Уровень миграции – (-0,09)
- Занятость - 91

Если значения больше порогового показателя, то обозначим 1, если ниже 0.

В данном случае в качестве зависимой переменной будет выступать занятость, все остальные переменные будут рассматриваться как независимые переменные, и будут анализироваться по отношению к зависимой.

Преобразование таблицы 1 в таблицу 2 позволит нам определить, при каких условиях получаются позитивные или негативные результаты.

Иными словами парные сравнения занятости, уровня свободных рабочих мест, Валового внутреннего продукта, промышленности, сельского хозяйства и уровня миграции позволят выявить определенные взаимосвязи и тенденции. Такие комбинации интерпретируют условия для высокого уровня занятости за счет развития промышленности. Например, исходя из табл. 2, можно проследить следующую тенденцию: там где промышленность и занятость одновременно равняются 1. Это означает, что занятость, в первую очередь зависит от промышленности.

В результате проведенного анализа было получено комплексное решение, где параметры, которые обозначаются волной (~), указывают на то, что значение переменной

равно 0. Это, в свою очередь, означает низкий уровень занятости. Значение без волны, указывает на высокий уровень занятости в стране, и отмечается 1 (например, промышленность – само по себе будет означать высокий уровень промышленности, а ~Промышленность – будет указывать на низкий уровень данного индикатора).

**Таблица 2. Дихотомизация данных в виде таблицы “истинности”**

Страны	УСРМ	Промышленность	Сель хоз	ВВП	Уровень миграции	Занятость
Австрия	1	1	1	1	1	1
Германия	1	1	1	1	1	1
Италия	0	1	0	1	1	1
Нидерланды	1	1	1	1	1	1
Бельгия	1	1	0	1	1	1
Армения	0	0	1	0	0	0
Азербайджан	0	1	0	0	0	1
Беларусь	1	1	1	1	1	1
Латвия	0	0	0	1	0	0
Литва	0	0	0	1	0	0
Украина	0	0	1	0	1	0
Казахстан	0	0	1	1	0	1
Кыргызстан	0	0	0	0	0	0
Таджикистан	0	0	0	0	0	0
Узбекистан	0	0	1	0	0	0

Таким образом, мы получили следующий результат для позитивного комплексного решения (формула 1).

Положительный результат анализа показывает, что в двух группах стран наблюдается высокий уровень занятости. В первой группе стран (Австрия, Германия, Нидерланды, Белоруссия, Италия, Бельгия и Азербайджан) высокий уровень занятости наблюдается за счет развитой промышленности, а во второй группе (Австрия, Германия, Нидерланды, Белоруссия и Казахстан) за счет развития сельского хозяйства и высокого уровня ВВП на душу населения.

**Формула 1. Положительный результат анализа**

Промышленность (Австрия, Германия, Нидерланды, Белоруссия + Италия + Бельгия + Азербайджан)		Сельхоз*GDP (Австрия, Германия, Нидерланды, Белоруссия + Казахстан)
---	--	---

Данный метод выявил положительный результат для ряда развитых стран ЕС и некоторых стран СНГ, показывая, что высокий уровень промышленности и сельского хозяйства являются главными предпосылками для роста уровня занятости в этих странах. Следовательно, во всех остальных странах не вошедших в группу с положительным результатом (Армения, Украина, Латвия, Литва, Узбекистан, Таджикистан, Кыргызстан и Азербайджан), не развиты промышленность и сельское хозяйство. Только при условии индустриализации и аграрного развития, данные страны могут добиться экономического роста. Однако, в данных странах потенциал отраслевого развития разный, поэтому в данный момент мы не можем утверждать, в какой стране, какая отрасль может стать предпосылкой

для экономического роста. Также, на данный момент речь об индустриальном и аграрном развитии в этих странах в краткосрочной перспективе идти не может.

Исходя из этого, можно утверждать, что для высокого уровня занятости, главными движущими факторами являются – промышленность и сельское хозяйство.

В качестве доказательства того, что данные 2 индикатора являются наиболее важными среди остальных, в программе КСА также осуществляется анализ необходимых условий, при помощи которого можно проследить зависимость занятости от каждого параметра в частности (табл. 3).

**Таблица 3. Анализ необходимых условий: положительный результат**

Исследуемые условия:	Consistency	Coverage
УСРМ	0.625000	1.000000
Промышленность	0.875000	1.000000
Сельхоз	0.625000	0.625000
ВВП	0.875000	0.777778
Уровень миграции	0.750000	0.857143

Условие является необходимым лишь в случае, когда для него consistency =1. Чем большее значение принимает coverage, тем более эмпирически важным является необходимое условие. Значит, выбираются только те условия, для которых consistency =1. Это – необходимые условия, а среди них самые значимые – с максимальными значениями coverage(УСРМ, Промышленность) (coverage = 1 или чуть меньше). Если coverage = 0,11111 такое необходимое явление является тривиальным и не представляет интереса [11, 12].

Анализ необходимых условий показывает, что в нашем случае ни один из анализируемых показателей на 100% не является необходимым условием высокого уровня занятости, только зависимость занятости от промышленности и ВВП на душу населения равняются 0,875000, т.е., эти показатели на 88% влияют на занятость в рассматриваемых странах. Другими словами, в некоторых странах, где наблюдается высокий уровень занятости, индекс промышленности и ВВП на душу населения не равняются единице.

Графа coverage показывает, что из совокупности положительных показателей, какой процент влияет на результат. Например, coverage уровня свободных рабочих мест и промышленности равняется 1, это означает, что во всех наблюдаемых странах, где данные показатели равны 1, занятость тоже равняется 1. Таким образом, данные показатели являются значимыми или эмпирически важным условием высокого уровня занятости.

Исследования, проведенные с помощью данного анализа, выявляют два или несколько факторов, одновременное присутствие которых приводит к результату. В нашем анализе, относительно занятости не выявлено факторов, одновременное присутствие, которых привело бы к высокому уровню занятости. Это связано с тем, что исследованные нами страны имеют разные предпосылки экономического роста. Например, в странах ЕС среди всех факторов преобладает промышленность, а странах СНГ сельское хозяйство.

В целом качественный сравнительный анализ, проведенный с помощью методологии Crisp-set (метод четких множеств), показал, что необходимым условием высокого уровня занятости является промышленность, так как индексы consistency (0.875000) и coverage (1) самые высокие среди остальных показателей, влияющих на уровень занятости в рассматриваемых странах. Таким образом, в развитых странах ЕС высокий уровень занятости наблюдается из-за высокой промышленности.

В будущих исследованиях, из-за ряда преимуществ относительно методологии Crisp-set, лучше использовать Fuzzy-set (метод нечетких множеств) [9, 13]:

- возможность оперировать нечеткими входными данными: например, непрерывно изменяющиеся во времени значения (динамические задачи), значения, которые невозможно задать однозначно (результаты статистических опросов);

- возможность проведения качественных оценок, как входных данных, так и выходных результатов: оперирование не только значениями данных, но их степенью достоверности и ее распределением;

- возможность проведения быстрого моделирования сложных динамических систем и их сравнительного анализа с заданной степенью точности: оперируя принципами поведения системы Fuzzy – методами: во-первых, не тратится много времени на выяснение точных значений переменных и составление описывающих уравнений, во-вторых, можно оценить разные варианты выходных значений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Benoit R. Crisp-Set Qualitative Comparative Analysis (CSQCA). [ed.] Charles RaginBenoit Rihoux. Configurational comparative methods: qualitative comparative analysis (QCA) and related techniques // R. Benoit, G. De Meur. Thousand Oaks: Sage, 2009, -P. 209.
2. Conditions of Democracy in Interwar Europe: A Boolean Test of Major Hypotheses / Berg-Schlosser D. [et al.] / The Journal of Comparative Politics The City University of New York, 1994. 26(3).-PP.253.
3. Central Intelligence Agency. Microeconomic indicators. [Online] 2009. [accessed: 2011.09.10] <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/sc.html>.
4. Interstate Statistical Committee of the Commonwealth of Independent States. [Online] 2009. [accessed: 2011.09.11] <http://www.cisstat.com>.
5. Cronqvist L. Using Multi-Value Logic Synthesis in Social Science, 2003 // [http://www.tosmana.net/images/downloads/ecpr\\_cronqvist.pdf](http://www.tosmana.net/images/downloads/ecpr_cronqvist.pdf).
6. A short course in discrete mathematics / A. Edward [et al.]. -California: Dover Publications, 2005. -P. 240.
7. Eurostat. 2009. EUROSTAT. [Online], 2009. [accessed: 2011.09.15] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>.
8. Lipset S.M. Some Social Requisites of Democracy / S.M. Lipset // Economic Development and Political Legitimacy. American Political Science Review JSTOR, 1959/ 53(1)/ -PP. 69-105.
9. Ragin C. Fuzzy-set social science / C. Ragin. -Chicago: University of Chicago Press, 2000. -P. 352.
10. Ragin C. The Comparative Method: Moving Beyond Qualitative and Quantitative Strategies. / C. Ragin. –Berkeley^ University of California, 1987.
11. Ragin C. Political Methodology: Qualitative Methods / C. Ragin [et al]; [ed.] Klingemann H.D. Goodin R.E. A New Handbook of Political Science. Oxford: Oxford University Press, 1996. -PP. 749-768.
12. Ragin C. Between Complexity and Parsimony / C. Ragin, J. Sonnett // Limited Diversity, Counterfactual Cases, and Comparative Analysis.: Theory and Research in Comparative Social Analysis, Compass Working Paper, UC Los Angeles, 2004/ -PP. 1-19.
13. Smithson M. Fuzzy set analysis for behavioral and social sciences / M. Smithson. -New York: Springer-Verlag, 1987. -P. 327.
14. The World bank reports. Data Catalog. [Online] 2009. [accessed: 2011.09.15] <http://data.worldbank.org/data-catalog>.

#### КАЧЕСТВЕННЫЙ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЗАНЯТОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ СОДРУЖЕСТВА НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ И В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

В статье приведены результаты качественного сравнительного анализа занятости населения в пространстве Содружества Независимых Государств и в некоторых странах Европейского Союза. На основе качественно-сравнительного анализа выявлены основные макроэкономические факторы, влияющие на занятость населения в исследуемых странах.

**Ключевые слова:** занятость населения, факторы качественного сравнительного анализа, булева алгебра, необходимые и значимые условия, повышение эффективности.

## QUALITATIVE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MAIN MACROECONOMIC FACTORS INFLUENCING EMPLOYMENT IN THE COMMONWEALTH OF INDEPENDENT STATES AND SOME EUROPEAN UNIONS' COUNTRIES

The article presents the results of a qualitative comparative analysis of the employment in the Commonwealth of Independent States and some European Countries, which is integrated into the European Union. On the basis of qualitative and comparative analysis have been revealed the main macroeconomic factors influencing employment in observable countries.

**Key words:** employment, the factors of qualitative comparative analysis, Boolean algebra, necessary and sufficient conditions, increase of effectiveness.

**Сведения об авторах:** *Р.К. Раджабов* - доктор экономических наук, профессор, проректор по науке ТГУК. Телефон: (+992 93) 444 41 07, E-mail: [drirajab@mail.ru](mailto:drirajab@mail.ru)

*Дж.З. Мухиддинова* - аспирантка Технологического университета Таджикистана, Телефон: (+992) 918 588 919, E-mail: [jonona\\_m@mail.ru](mailto:jonona_m@mail.ru)

## РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ВИБРОВАЛЬЦА С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ

*Х.Н. Курбонов, Р.Т. Баротов*

Таджикский национальный университет

Основной задачей уплотнения любого грунта, в том числе и крупнообломочного, является достижение необходимой его плотности. Для определения необходимой мощности катка для уплотнения конкретно рассматриваемых грунтов Альбертом И.У. [1] получена зависимость вида

$$N_{cp} = \frac{1}{4} (Z') a_{\infty}^2 f^2 Q_B / g, \quad (1)$$

где  $N_{cp}$  – мощность удара вибротальца,  $Z'$  – показатель, характеризующий взаимодействие вибротальца с грунтом,  $a_{\infty}$  – амплитуда колебаний вибротальца свободного от внешних связей;  $Q_B$  – вес вибротальца;  $f$  – круговая частота вибрации;  $g$  – ускорение силы тяжести ( $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ ).

Основной проблемой номографии является проблема представимости и единственности [2]. В связи с чем, рассмотрим возможности номографирования формулы (1). Для этого логарифмируя зависимость (1) имеем:

$$\lg N_{cp} = \lg Z' + 2 \lg a_{\infty} + 2 \lg f + \lg Q - 1,5938, \quad (2)$$

Если в (2) обозначить через  $f_1 = \lg Z'$ ,  $f_2 = 2 \lg a_{\infty}$ ,  $f_3 = 2 \lg f$ ,  $f_4 = \lg Q_B$ ,  $f_5 = \lg N_{cp} + 1,5938$  имеем каноническую форму

$$f_5 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4,$$

которая представима различными типами номограмм: составной номограммой из выравненных точек, циркульной, равноудаленной и т.д.

Формулу (1) представим составной номограммой из выравненных точек.

Пределы изменения переменных:  $1 \leq Z' \leq 5$ ;  $10 \leq a_{\infty} \leq 20 \text{ см}$ ;  $1 \leq Q_B \leq 10 \text{ т}$ ;  
 $1 \leq f \leq 50 \text{ 1/сек}$ ;  $2,548 \leq N_{cp} \leq 1275 \cdot 10^3$ .

Номограмма приведена на рис. 1.

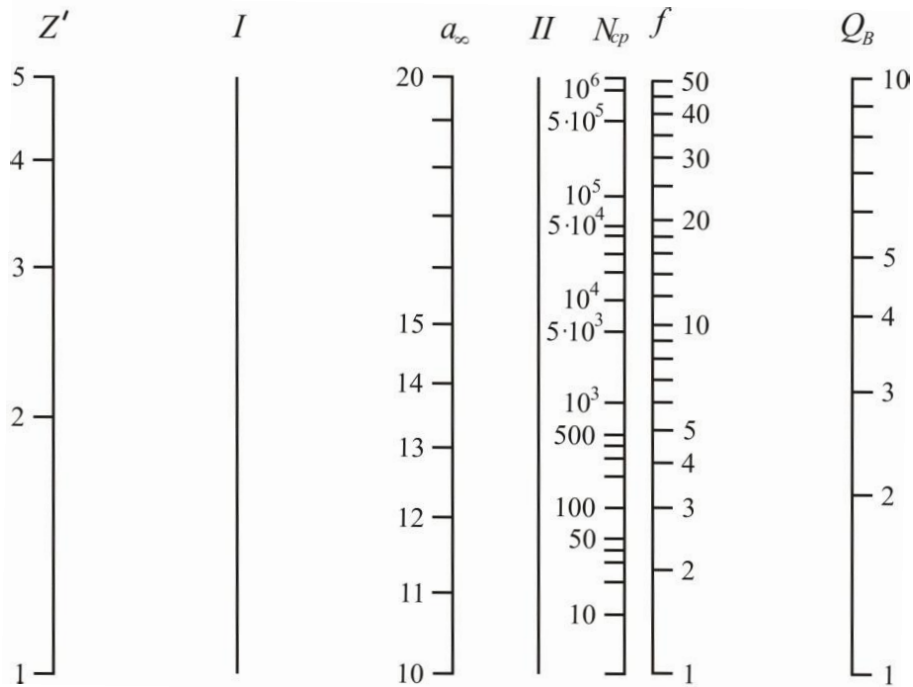


Рис. 1. Составная номограмма из выравненных точек для определения мощности удара вибровальца.

Номограмма построена по следующим уравнениям ее элементов:

шкала  $Z'$  :

$$\bar{x} = 0, \quad \bar{y} = 215 \lg Z';$$

шкала  $a_\infty$  :

$$\bar{x} = 100, \quad \bar{y} = 500(\lg a_\infty - 1);$$

немая

шкала  $I$  :

$$\bar{x} = 46,2, \quad \bar{y} = 115,59(I - 2);$$

шкала  $f$  :

$$\bar{x} = 103,8, \quad \bar{y} = 88 \lg f;$$

немая

шкала  $II$  :

$$\bar{x} = 75,2, \quad \bar{y} = 31,87(II - 2);$$

шкала  $Q_B$  :

$$\bar{x} = 124,8, \quad \bar{y} = 150 \lg Q_B;$$

шкала  $N_{cp}$  :

$$\bar{x} = 21,9, \quad \bar{y} = 26,28(\lg N_{cp} - 0,4062)$$

Ключ пользования номограммой приведен на рис. 2.



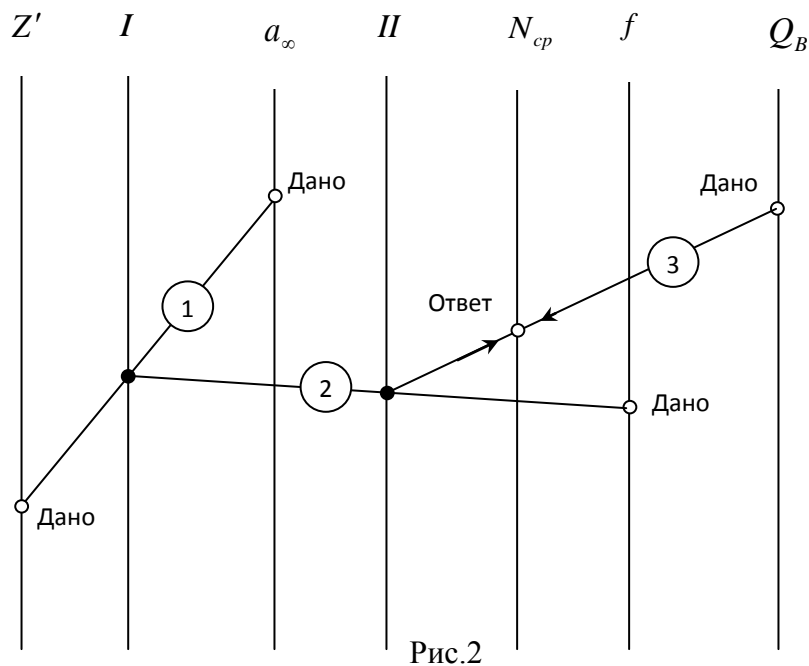


Рис.2

Из ключа пользования видно, что ответ  $N_{cp}$  находится тремя наложениями линеек по заданным значениям  $Z'$ ,  $a_\infty$ ,  $f$  и  $Q_B$ . Многократное наложение линеек приводит к накоплению ошибок, что нежелательно. В связи с этим, построим для зависимости (1) другой тип номограммы - циркульную, где для нахождения искомой величины производится всего одна операция. Для этого зависимость (2) приводим к канонической форме

$$f_1 + f_2 + f_3 = f_4 + f_5$$

$$(2 \lg a_\infty + 2 \lg f - 1,5938) + \lg Q_B = -\lg Z' + \lg N_{cp}$$

Уравнения элементов номограммы запишутся так:

поле  $(a_\infty, f)$ :

$$\begin{cases} \bar{x} = a_0 + m(2 \lg a_\infty + 2 \lg f - 1,5938), \\ \bar{y} = T_1. \end{cases}$$

поле  $(Q_B, f)$ :

$$\begin{cases} \bar{x} = a_0 + a + m(-\lg Q_B), \\ \bar{y} = T_1. \end{cases}$$

шкала  $Z'$ :

$$\bar{x} = a_0 + a' + m(-\lg Z'), \quad \bar{y} = b;$$

шкала  $N_{cp}$ :

$$\bar{x} = a_0 + a' + a + m(-\lg N_{cp}), \quad \bar{y} = b.$$

Номограмма, построенная по приведенным уравнениям при значениях параметров  $m = 50 \text{ мм}$ ,  $a_0 = -20,3 \text{ мм}$ ,  $a = 310,3 \text{ мм}$ ,  $a' = 55,3 \text{ мм}$ ,  $b = 0$  и произвольной функции  $T_1 = 50 + 20 \lg f$  приведена на рис. 3.

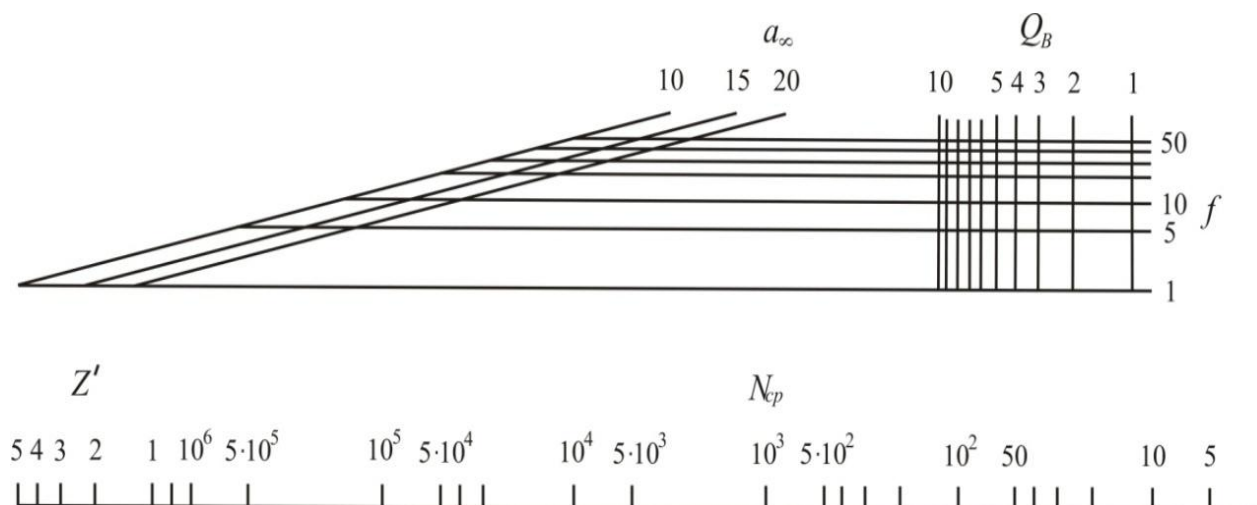


Рис. 3. Приспосабливаемая циркулярная номограмма для формулы (1).

Способ пользования. Помещаем одну ножку циркуля в заданную точку  $(a_\infty, f)$ , а другую в заданную точку  $Q_B$  на уровне заданной линии  $f$ . Не изменяя полученный раствор циркуля, перенесем циркуль на шкалы  $Z'$  и  $N_{cp}$ . Левую ножку помещаем в заданную точку шкалы  $Z'$ . Ответ  $N_{cp}$  читаем в точке пересечения другой ножки циркуля со шкалой  $N_{cp}$ .

Отметим, что вместо циркуля можно воспользоваться полоской бумаги.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Г.Н. Крупнообломочные грунты в гидротехническом строительстве / Г.Н.Петров, В.Г.Радченко, В.А.Дубиняк. – Санкт-Петербург: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1994. – 326 с.
2. Хованский Г.С. Основы номографии / Г.С.Хованский. – М.: Наука, 1976. – 352 с.

#### РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ВИБРОВАЛЬЦА С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ

В данной статье исследованы возможности номографирования одной задачи из области техники, а именно определению мощности катка для уплотнения грунта. Построены две типы номограмм: составная номограмма из выравненных точек и циркулярная номограмма.

**Ключевые слова:** мощность удара, вибротальца, грунт, вибрация, номограмма, шкала, представимость и единственность.

#### CALCULATION OF POWER OF VIBROVALTS BY THE MEANS OF NOMOGRAMS

In this article possibilities of a nomographic of one task from equipment area, namely to determination of power of a skating rink for soil consolidation are investigated. Two types of nomograms are constructed: the compound nomogram from the leveled points and the circular nomogram.

**Key words:** blow capacity, vibrovalts, soil, vibration, nomogram, scale, representability and uniqueness.

**Сведения об авторах:** *Х.Н. Курбонов* – начальник информационно-аналитического центра Таджикского национального университета. Телефон: **918-87-48-00**. E-mail: **khurshed\_k@mail.ru**

*Р.Т. Баротов* – ассистент кафедры вычислительной математики и механики Таджикского национального университета. Телефон: **988-74-74-77**

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБ В БИОПРУДАХ

*М.Х. Ниматова, С.А. Одинаева*

Таджикский национальный университет

Рассмотрим осредненную по возрастным и пространственным параметрам изолированную рыбную популяцию описываемую логистической моделью

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = \delta(t) N(t) - \varepsilon(t) N^2(t), \\ N(0) = N_0 \quad 0 \leq t \leq t_k, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\delta = \delta(t)$  коэффициент естественного роста популяции рыб,  $\varepsilon = \varepsilon(t)$  – коэффициент внутривидовой конкуренции, причем  $\varepsilon(t) \geq 0$ ,  $t_k$  – конец сезона.

Для оптимизации процесса выращивания рыбной популяции введем параметр управления в виде биокорма по закону  $u = u(t)$ :

$$u \in U = \left\{ \begin{array}{ll} u = u(t); & u_{\min} \leq u(t) \leq u_{\max} \\ \text{к.н.у.} & u_{\min} > 0, \quad 0 \leq t \leq t_k \end{array} \right\}.$$

Естественно предполагать, что введение биокорма увеличивает темп роста и тогда уравнение (1) принимает следующий вид

$$\frac{dN}{dt} = (\delta + u)N - \varepsilon N^2, \quad 0 \leq t \leq t_k.$$

Для определения оптимального закона оптимизации процесса выращивания рыбной популяции рассмотрим следующие функционалы (критерии):

$$1. \quad I(u) = \int_0^{t_k} C_1 N(t) dt + C_1^0 N(t_k) \quad - \max$$

(min)

$$2. \quad I(u) = t_k - \min,$$

$$3. \quad I(u) = \int_0^{t_k} [N(t) - N^*]^2 dt - \min.$$

Следовательно задачу оптимизации выращивания рыбной популяции можно написать в следующем виде

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = [\delta(t) + u(t)]N - \varepsilon(t)N^2 \\ N(0) = N_0, \quad 0 \leq t \leq t_k \\ I(u) - \min, \quad u \in U \end{cases} \quad (2)$$

Вместо первого и второго уравнения (2) мы будем рассматривать задачу

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = \tilde{u} N - \varepsilon N^2, \quad 0 < t \leq t_k \\ N(0) = N_0, \end{cases}$$

где  $\tilde{u} = \delta + u$ . Без ограничения общности можно предполагать, что  $\delta = 0$ , т.е.  $\tilde{u} \equiv u$ . Итак имеем уравнение  $\frac{dN}{dt} = \tilde{u}N - \varepsilon N^2$  с условием  $N(0) = N_0$ .

Введем замену  $N = \frac{1}{M}$ , и тогда  $\dot{M} = -\frac{1}{M^2} \cdot \dot{M}$ , тогда поделим обе части последнего уравнения на  $\varepsilon$  и получим уравнение

$$\dot{M} = -uM + \varepsilon, \quad M(0) = M_0.$$

Таким образом, получим линейное дифференциальное уравнение 1-го порядка с переменными коэффициентами и легко видеть, что его решение представляется в виде

$$M(t) = M_0 e^{\int_0^t u(\tau) d\tau} + \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u(\xi) d\xi} d\tau.$$

Далее принимая во внимание замену  $N = \frac{1}{M}$  получим формулу

$$N(t) = \frac{N_0 e^{\int_0^t u(\tau) d\tau}}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_0^\tau u(\xi) d\xi} d\tau}. \quad (3)$$

Полученную функцию можно графически охарактеризовать следующим образом ( $\varepsilon(\tau) \rightarrow \varepsilon, u \rightarrow u_0$ )

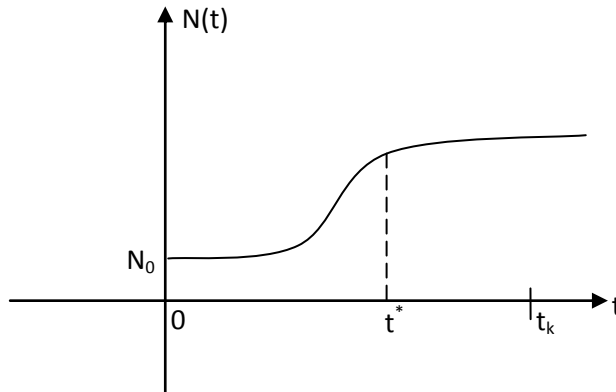


Рис.1. Общий вид функции (3) для произвольных входных данных

Из рис.1 следует, что процесс управления в рамках модельной функции (3) необходимо осуществить до момента  $t \leq t^*$ , а начиная с момента  $t > t_k$  нужно это управление сохранять, так как рыбная биомасса остается неизменной. Определим момент времени  $t^*$ . Этот момент

соответствует условию  $\frac{dN}{dt} \rightarrow 0$  и следовательно  $t^*$  определяется из формулы  $N(t^*) = \frac{u(t^*)}{\varepsilon(t^*)}$

Следовательно с учетом (3) имеем

$$u(t^*) = \frac{N_0 \varepsilon(t^*) e^{\int_0^{t^*} u(\tau) d\tau}}{1 + N_0 \int_0^{t^*} \varepsilon(\tau) e^{\int_0^\tau u d\xi} d\tau} \quad (4)$$

Для решения задачи оптимизации в рамках модели (1)

$$\begin{cases} \dot{N} = UN - \varepsilon N^2, & N(0) = N_0 \\ I(u) = \int_0^{t_k} C(t)N(\tau)d\tau, & u \in U \end{cases}$$

составим функцию Гамильтона –Понтрягина

$$H(N, \psi) = -CN + (UN - \varepsilon N^2)\psi$$

и отсюда имеем

$$\dot{\psi} = C - U\psi + 2\varepsilon N\psi, \psi(t_0) = 0,$$

т.е.

$$\psi(t) \equiv -\int_t^{t_k} C e^{+\int_t^\tau (u - 2\varepsilon N)d\xi} d\tau < 0.$$

Легко видеть, что

$$u^* = \begin{cases} u_{\min}, & \psi(t) < 0 \\ u_{\max}, & \psi(t) \geq 0 \end{cases}.$$

Если рассмотреть функционал  $I(u) = \int_0^{t_k} c N d\tau + c_0 N(t_k)$ , то  $\psi(t_k) = -c_0$  и следовательно

$$\psi(t) = -c_0 e^{\int_0^{t_k} (u - 2\varepsilon N)d\xi} - \int_0^{t_k} c e^{\int_t^\tau (u - 2\varepsilon N)d\xi} d\tau$$

и  $\psi(t) \leq 0$  для всех  $t = 0$ .

**Утверждение:** Решение задачи минимизации расходов при выращивании рыб определяется параметром  $u^* = u_{\min}$ .

Теперь рассмотрим задачу максимизации величины собираемого урожая, связанного с моделью (1). Пусть  $c = c(\tau)$  величина стоимости одной единицы биомассы выращиваемых рыб. Тогда

$$I(u) = \int_0^{t_k} c(t)N(t)dt$$

является общим доходом от реализации  $N$  – количество рыб. Рассмотрим задачу максимизации  $I(u)$  на множестве  $U$ . Так как

$$I(u) = \int_0^{t_k} c(t) \left[ N_0 e^{\int_0^t u(\tau)d\tau} + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u(\xi)d\xi} d\tau \right] dt.$$

Вычислим градиент функционала

$$\begin{aligned}
\Delta I &= I(u + \Delta u) - I(u) = \int_0^{t_k} \frac{c(t)N_0 e^{\int_0^t (u+\Delta u)d\tau}}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t (u+\Delta u)d\tau}} - \int_0^{t_k} \frac{c(\tau)N_0 e^{\int_0^\tau u d\tau}}{1 + \int_0^\tau \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u d\xi}} = \\
&= \int_0^{t_k} \left[ \frac{c(\tau)N_0 e^{\int_0^t u d\tau} \left( 1 + \int_0^\tau \Delta u d\tau + \left( \int_0^t \Delta u \right)^2 \right)}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u d\xi} \left( 1 + \int_\tau^t \Delta u d\xi + \left( \int_\tau^t \Delta u \right)^2 \right)} - \frac{c(t)N_0 e^{\int_0^t u d\tau}}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u d\xi}} \right] dt = \\
&= \int_0^{t_k} \left[ \frac{c(t)N_0 e^{\int_0^t u d\xi} \left( 1 + \int_0^t \Delta u d\tau + o(\Delta u) \right)}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} dt + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u d\xi} \cdot \int_\tau^t \Delta u d\tau + o(\Delta u)} - \frac{c(t)N_0 e^{\int_0^t u d\tau}}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u d\xi}} \right] dt = \\
&= \int_0^{t_k} \frac{c(t)N_0 e^{\int_0^t u d\xi}}{\left( 1 + N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} dt \right)} \left[ \frac{1 + \int_0^t \Delta u d\tau + o(\Delta u)}{1 + \frac{N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} \cdot \int_\tau^t \Delta u d\xi d\tau}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} d\tau}} - 1 \right] dt = \\
&= \int_0^{t_k} \frac{c(t)N_0 e^{\int_0^t u d\tau}}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\int_\tau^t u d\xi} d\tau} \cdot \frac{\int_0^t \Delta u d\tau - \frac{N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} \int_\tau^t \Delta u d\xi d\tau}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} d\tau}}{1 + \frac{N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} \cdot \int_\tau^t \Delta u d\xi d\tau}{1 + N_0 \int_0^t \varepsilon e^{\int_\tau^t u d\xi} d\tau}} dt
\end{aligned}$$

Отсюда легко определяется градиент функционала для решения оптимизационных задач и определение оптимальной политики выращивания рыб. Теперь рассмотрим численные расчеты с модельной популяцией по закону (1)-(4).

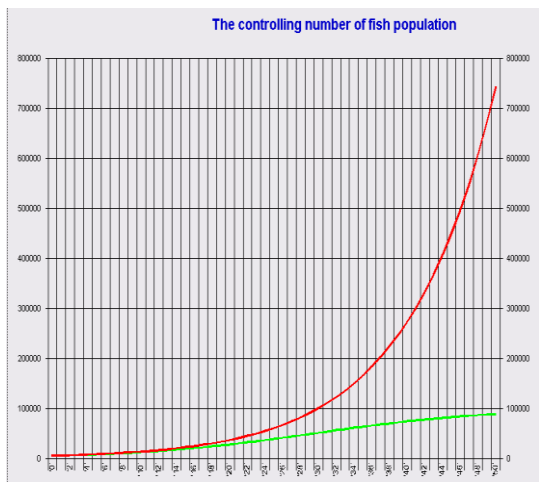


Рис.1

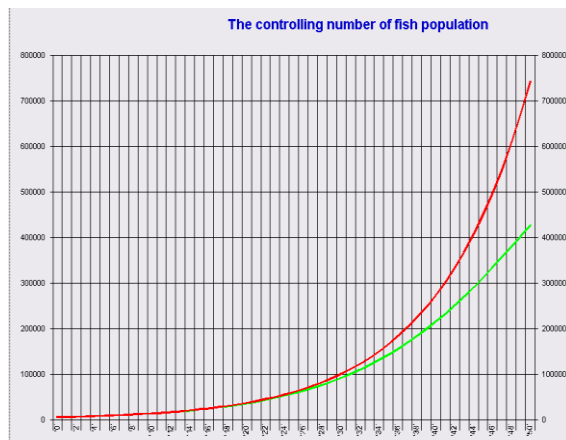


Рис.2

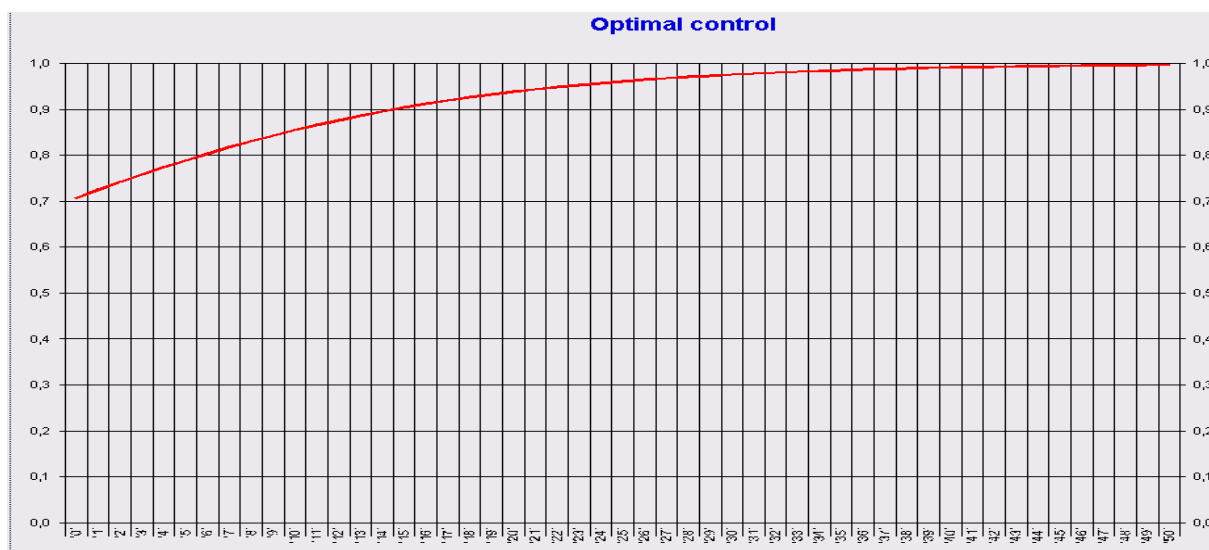


Рис.3

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБ В БИОПРУДАХ

Работа посвящена процессам оптимизации сезонной рыбной популяции в биопрудах.

**Ключевые слова:** оптимизация процесса, рыбная популяция, биомасса, рыбоводный пруд, модельная функция.

### OPTIMIZATION CULTIVATION PROCESS OF FISHES IN BIO-PONDS

The article is devoted to the processes of optimization of a seasonal fish population in bioponds.

**Keywords:** optimization of process, fish population, bioweight, fish-breeding a pond, modeling function.

**Сведения об авторах:** *М.Х. Ниматова* - ассистент кафедры информатики Таджикского национального университета. Телефон: 988-29-81-81. E-mail: [mnimatova@list.ru](mailto:mnimatova@list.ru)

*С.А. Одинаева* – старший преподаватель кафедры информатики Таджикского национального университета. Телефон: 918-85-70-83. E-mail: [safa\\_37@mail.ru](mailto:safa_37@mail.ru).

# ПЕРЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ ТРЕХ УРАВНЕНИЙ С ОДНОЙ ВНУТРЕННЕЙ И ДВУМЯ ГРАНИЧНЫМИ СВЕРХ СИНГУЛЯРНЫМИ ОБЛАСТЯМИ

*Р. Хусаинов*

Таджикский национальный университет

Обозначим через  $D$  параллелепипед  $D = \{(x, y, z); -a < x < a, 0 < y < b, 0 < z < c\}$

Далее обозначим  $D_1^- = \{(x, y, z); -a < x < 0, 0 < y < b, 0 < z < c\}$ ,

$D_1^+ = \{(x, y, z); 0 < x < a, 0 < y < b, 0 < z < c\}$ ,  $D_{11}^+ = \{x = 0, 0 < y < b, 0 < z < c\}$ ,

$D_{12}^+ = \{0 < x < a, y = 0, 0 < z < c\}$   $D_{13}^+ = \{0 < x < a, 0 < y < b, z = 0\}$ ,

$D_{11}^- = \{x = -a, 0 < y < b, 0 < z < c\}$

$D_{12}^- = \{-a < x < 0, y = 0, 0 < z < c\}$ ,  $D_{13}^- = \{-a < x < 0, 0 < y < b, z = 0\}$

$\Gamma_{11}^+ = \{0 < x < a, y = 0, z = 0\}$ ,  $\Gamma_{12}^+ = \{x = 0, 0 < y < b, z = 0\}$

$\Gamma_{13}^+ = \{x = 0, y = 0, 0 < z < c\}$ ,  $\Gamma_{11}^- = \{-a < x < 0, y = 0, z = 0\}$

В области  $D$  рассмотрим следующую систему

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{a(x, y, z)}{|x|} U = \frac{f_1(x, y, z)}{|x|}, \\ \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{b(x, y, z)}{y} U = \frac{f_2(x, y, z)}{y}, \\ \frac{\partial U}{\partial z} + \frac{c(x, y, z)}{z} U = \frac{f_3(x, y, z)}{z}, \end{cases} \quad (1.1)$$

где  $a(x, y, z), b(x, y, z), c(x, y, z), f_j(x, y, z), j = 1, 2, 3$  – заданные функции в области  $D$   
 $\alpha = \text{const} > 1, \beta = \text{const} > 1, \gamma = \text{const} > 1$

Исследованием переопределенной системы со многими сингулярными областями посвящено много работ, в частности [1]–[2].

По методу разработанному в [1] в случае, когда основным уравнением является первое уравнение, получено следующее утверждение.

**Лемма 1.** Пусть в системе (1.1)  $(x, y, z) \in D_1^-$ ,  $\alpha > 1, \beta > 1, \gamma > 1$   $f_j(x, y, z), j = 1, 2, 3$  удовлетворяют следующим условиям совместности

$$y^\beta \frac{\partial a(x, y, z)}{\partial y} = |x|^\alpha \frac{\partial b(x, y, z)}{\partial x} \quad (1.2)$$

$$z^\gamma \frac{\partial a(x, y, z)}{\partial z} = |x|^\alpha \frac{\partial b(x, y, z)}{\partial x} \quad (1.3)$$



$$\begin{aligned} & \mathbf{y}^\beta \frac{\partial}{\partial \mathbf{y}} (\mathbf{f}_1(x, y, z)) + b(x, y, z) \mathbf{f}_1(x, y, z) = \\ & = \left| \mathbf{x} \right|^\alpha \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} (\mathbf{f}_2(x, y, z)) + a(x, y, z) \mathbf{f}_2(x, y, z) \end{aligned} \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} & \mathbf{z}^\beta \frac{\partial}{\partial \mathbf{z}} (\mathbf{f}_1(x, y, z)) + c(x, y, z) \mathbf{f}_1(x, y, z) = \\ & = \left| \mathbf{x} \right|^\alpha \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} (\mathbf{f}_3(x, y, z)) + a(x, y, z) \mathbf{f}_3(x, y, z) \end{aligned} \quad (1.5)$$

Пусть существуют следующие пределы

$$\lim_{\mathbf{x} \rightarrow 0} \left| \mathbf{x} \right|^{1-\alpha} \mathbf{f}_2(x, y, z) = \mathbf{F}_2(y, z) \quad (1.6)$$

$$\lim_{\mathbf{x} \rightarrow 0} \left| \mathbf{x} \right|^{1-\alpha} \mathbf{f}_3(x, y, z) = \mathbf{F}_3(y, z) \quad (1.7)$$

$$|a(x, y, z) - a(0, 0, 0)| = o \left[ \left| \mathbf{x} \right|^{\delta_1} \right], \delta_1 \succ \alpha - 1 \text{ при } (x, y, z) \in (0, 0, 0) \quad (1.8)$$

$$|b(x, y, z) - b(0, 0, 0)| = o \left[ \mathbf{y}^{\delta_2} \right], \delta_2 \succ \beta - 1 \text{ при } (x, y, z) \in (0, 0, 0) \quad (1.9)$$

$$|c(x, y, z) - c(0, 0, 0)| = o \left[ \mathbf{z}^{\delta_3} \right], \delta_3 \succ \gamma - 1 \text{ при } (x, y, z) \in (0, 0, 0) \quad (1.10)$$

Кроме того,  $a(x, y, z), b(x, y, z), c(x, y, z)$ , удовлетворяют следующим условиям совместности

Функции  $\mathbf{f}_j(x, y, z)$ ,  $j=1, 2, 3$  для точек  $(x, y, z) \in \mathbf{D}_1^-$  удовлетворяют следующим условиям совместности.

Кроме того функции  $b(0, y, z), c(0, y, z)$  точек  $(y, z) \in \mathbf{D}_{11}^-$  удовлетворяют следующим условиям

$$\mathbf{z}^\gamma \frac{\partial b(0, y, z)}{\partial \mathbf{z}} = \mathbf{y}^\beta \frac{\partial c(0, y, z)}{\partial \mathbf{y}} \quad (1.11)$$

$\mathbf{F}_2(y, z), \mathbf{F}_3(y, z)$  удовлетворяют следующим условиям совместности

$$\mathbf{z}^\gamma \frac{\partial}{\partial \mathbf{z}} (\mathbf{F}_2(y, z)) + c(0, y, z) \mathbf{F}_2(y, z) = \mathbf{y}^\beta \frac{\partial}{\partial \mathbf{y}} (\mathbf{F}_3(y, z)) + b(0, y, z) \mathbf{F}_3(y, z) \quad (1.12)$$

Кроме того, пусть существуют следующие пределы

$$\lim_{\mathbf{y} \rightarrow 0} \mathbf{y}^{1-\beta} \mathbf{F}_3(y, z) = \mathbf{F}_3(z) \quad (1.13)$$

Пусть  $\mathbf{f}_1(x, y, z) \in C(\mathbf{D}_{11}^-)$  и если  $a(0, 0, 0) \succ 0$  тогда  $\mathbf{f}_1(0, y, z) = 0$  с асимптотическим

поведением  $\mathbf{f}_1(x, y, z) = o \left[ \left| \mathbf{x} \right|^{e_1} \right]$ ,  $e_1 \succ \alpha - 1$  при  $\mathbf{x} \rightarrow 0$  Пусть  $\mathbf{F}_2(y, z) \in C(\mathbf{D}_{11}^-)$  и при

$b(0, 0, 0) \succ 0$   $\mathbf{F}_2(0, z) = 0$  с асимптотическим поведением

$\mathbf{F}_2(y, z) = o \left[ \mathbf{y}^{e_2} \right]$ ,  $e_2 \succ \beta - 1$ ,  $\mathbf{y} \rightarrow 0$

$F_3(z) \in C(\Gamma_{13}^+)$  и при  $c(0,0,0) < 0$   $F_3(0) = 0$  с асимптотическим поведением  $F_3(z) = o\left[z^{\epsilon_3}\right]$   $\epsilon_3 > \gamma - 1$  при  $z \rightarrow 0$ ,

тогда любое решение системы (1.1) из класса  $C(\mathbf{D}_1^-)$  представимо вида

$$U(x, y, z) = \exp\left[-W_a^x(x, y, z) - a(0,0,0) \omega_{\epsilon-1}(x)\right] \left\{ \varphi(y, z) - \int_x^0 \frac{f_1(t, y, z)}{|t|^\alpha} \exp\left[W_a^x(t, y, z) + a(0,0,0) \omega_{\epsilon-1}(t)\right] dt \right\}, \quad (1.14)$$

Где  $\varphi(y, z)$  определяется при помощи

$$\varphi(y, z) = \exp\left[-W_b^y(0, y, z) + b(0,0,0) \omega_{\beta-1}(y)\right] \left\{ \Psi(z) + \int_0^y \frac{F_2(s, z)}{S^\beta} \exp\left[W_b^y(0, s, z) - b(0,0,0) \omega_{\beta-1}(s)\right] ds \right\} \quad (1.15)$$

а  $\Psi(z)$  определяется при помощи

$$\Psi(z) = \exp\left[-W_c^z(0,0, z) + c(0,0,0) \omega_{\gamma-1}(z)\right] \left\{ C_1 + \int_0^z \frac{F_3(\zeta)}{\zeta^\gamma} \exp\left[W_c^z(0,0, \zeta) - c(0,0,0) \omega_{\gamma-1}(\zeta)\right] d\zeta \right\} \quad (1.16)$$

Где  $C_1$  - произвольная постоянная.

**Лемма 2.** Пусть в системе (1.1)  $(x, y, z) \in \mathbf{D}_1^+$ ,  $\alpha > 1$ ,  $\beta > 1$ ,  $\gamma > 1$   $f_j(x, y, z)$ ,  $j=1,2,3$  удовлетворяют следующим условиям совместности

$$Y^\beta \frac{\partial a(x, y, z)}{\partial y} = X^\alpha \frac{\partial b(x, y, z)}{\partial x} \quad (1.17)$$

$$Z^\gamma \frac{\partial a(x, y, z)}{\partial z} = X^\alpha \frac{\partial b(x, y, z)}{\partial x} \quad (1.18)$$

Функции  $f_j(x, y, z)$ ,  $j=1,2,3$  для точек  $(x, y, z) \in \mathbf{D}_1^+$  удовлетворяют следующим условиям совместности

$$Y^\beta \frac{\partial}{\partial y} (f_1(x, y, z)) + b(x, y, z) f_1(x, y, z) = \quad (1.19)$$

$$= X^\alpha \frac{\partial}{\partial x} (f_2(x, y, z)) + a(x, y, z) f_2(x, y, z)$$

$$Z^\beta \frac{\partial}{\partial z} (f_1(x, y, z)) + c(x, y, z) f_1(x, y, z) = \quad (1.20)$$

$$= X^\alpha \frac{\partial}{\partial x} (f_3(x, y, z)) + a(x, y, z) f_3(x, y, z)$$

Пусть существуют следующие пределы

$$\lim_{x \rightarrow 0} x^{1-\alpha} f_2(x, y, z) = F_2(y, z) \quad (1.21)$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} x^{1-\alpha} f_3(x, y, z) = F_3(y, z) \quad (1.22)$$

Кроме того, функции  $b(0, y, z), c(0, y, z)$  точек  $(y, z) \in \bar{D}_{11}^-$  удовлетворяют следующим условиям

$$z^\gamma \frac{\partial b(0, y, z)}{\partial z} = y^\beta \frac{\partial c(0, y, z)}{\partial y} \quad (1.23)$$

$F_2(y, z), F_3(y, z)$  удовлетворяют следующим условиям совместности

$$\begin{aligned} z^\gamma \frac{\partial}{\partial z} (F_2(y, z)) + c(0, y, z) F_2(y, z) = \\ = y^\beta \frac{\partial}{\partial y} (F_3(y, z)) + b(0, y, z) F_3(y, z) \end{aligned} \quad (1.24)$$

Кроме того, пусть существуют следующие пределы

$$\lim_{y \rightarrow 0} y^{1-\beta} F_3(y, z) = F_3(z) \quad (1.25)$$

Пусть  $f_1(x, y, z) \in C(\bar{D}_{11}^+)$  и если  $a(0, 0, 0) > 0$  тогда  $f_1(0, y, z) = 0$  с асимптотическим поведением  $f_1(x, y, z) = o\left[|x|^{e_1}\right]$ ,  $e_1 > \alpha - 1$  при  $x \rightarrow 0$  Пусть

$F_2(y, z) \in C(\bar{D}_{11}^+)$  и при  $b(0, 0, 0) > 0$   $F_2(0, z) = 0$  с асимптотическим поведением  $F_2(y, z) = o\left[y^{e_2}\right]$ ,  $e_2 > \beta - 1$ ,  $y \rightarrow 0$ .

$F_3(z) \in C(\Gamma_{13}^+)$  и при  $c(0, 0, 0) < 0$   $F_3(0) = 0$  с асимптотическим поведением  $F_3(z) = o\left[z^{e_3}\right]$ ,  $e_3 > \gamma - 1$  при  $z \rightarrow 0$ , тогда любое решение системы (1.1) из класса  $C(\bar{D}_1^+)$  представимо в виде

$$\begin{aligned} U(x, y, z) = \exp\left[-W_a^x(x, y, z) + a(0, 0, 0) \omega_{\alpha-1}(x)\right] \left\{ \varphi(y, z) - \right. \\ \left. + \int_0^x \frac{f_1(t, y, z)}{t^\alpha} \exp\left[W_a^x(t, y, z) - a(0, 0, 0) \omega_{\alpha-1}(t)\right] dt \right\}, \end{aligned} \quad (1.26)$$

Где  $\varphi(y, z)$  определяется при помощи

$$\begin{aligned} \varphi(y, z) = \exp\left[-W_b^y(0, y, z) + b(0, 0, 0) \omega_{\beta-1}(y)\right] \left\{ \Psi(z) + \right. \\ \left. + \int_0^y \frac{F_2(s, z)}{s^\beta} \exp\left[W_b^y(0, s, z) - b(0, 0, 0) \omega_{\beta-1}(s)\right] ds \right\} \end{aligned} \quad (1.27)$$

а  $\Psi(z)$  определяется при помощи

$$\begin{aligned} \Psi(z) = \exp\left[-W_c^z(0, 0, z) + c(0, 0, 0) \omega_{\gamma-1}(z)\right] \left\{ C_2 + \right. \\ \left. + \int_0^z \frac{F_3(\zeta)}{\zeta^\gamma} \exp\left[W_c^z(0, 0, \zeta) - c(0, 0, 0) \omega_{\gamma-1}(\zeta)\right] d\zeta \right\} \end{aligned} \quad (1.28)$$

Где  $C_2$  -произвольная постоянная.

На основе леммы 1 и леммы 2 можно писать общее решение системе (1.1) в  $D_1^- \cup D_1^+$

**Теорема 1.** Пусть в системе (1.1) коэффициенты правой части удовлетворяют всем условиям леммы 1 и леммы 2, тогда любое решение системе (1.1) из класса  $C(D_1^- \cup D_1^+)$  представимо в виде

$$U(x, y, z) = \begin{cases} T_1^- [C_1, f_1(x, y, z), F_2(y, z), F_3(z)] & \text{когда } (x, y, z) \in D_1^- \\ T_1^+ [C_1, f_1(x, y, z), F_2(y, z), F_3(z)] & \text{когда } (x, y, z) \in D_1^+. \end{cases} \quad (1.29)$$

$$\begin{aligned} & T_1^- [C_1, f_1(x, y, z), F_2(y, z), F_3(z)] = \\ & = \exp \left[ -W_a^x(x, y, z) - W_b^y(0, y, z) - W_c^z(0, 0, z) + c(0, 0, 0) \omega_{\gamma-1}(z) + b(0, 0, 0) \omega_{\beta-1}(y) - a(0, 0, 0) \omega_{\varepsilon-1}(x) \right] \\ & (C_1 + \int_0^z \frac{F_3(\zeta)}{\zeta^\gamma} \exp [W_c^z(0, 0, \zeta) - c(0, 0, 0) \omega_{\gamma-1}(\zeta)] d\zeta) + \\ & + \int_0^y \frac{F_2(s, z)}{s^\beta} \exp [W_b^y(0, s, z) - b(0, 0, 0) \omega_{\beta-1}(s)] ds - \\ & - \int_x^0 \frac{f_1(t, y, z)}{|t|^\alpha} \exp [W_a^x(t, y, z) + a(0, 0, 0) \omega_{\varepsilon-1}(t)] dt, \end{aligned} \quad (1.30)$$

$$\begin{aligned} & T_1^+ [C_1, f_1(x, y, z), F_2(y, z), F_3(z)] = \\ & = \exp \left[ -W_a^x(x, y, z) - W_b^y(0, y, z) - W_c^z(0, 0, z) + c(0, 0, 0) \omega_{\gamma-1}(z) + b(0, 0, 0) \omega_{\beta-1}(y) - a(0, 0, 0) \omega_{\varepsilon-1}(x) \right] \\ & (C_1 + \int_0^z \frac{F_3(\zeta)}{\zeta^\gamma} \exp [W_c^z(0, 0, \zeta) - c(0, 0, 0) \omega_{\gamma-1}(\zeta)] d\zeta) + \\ & + \int_0^y \frac{F_2(s, z)}{s^\beta} \exp [W_b^y(0, s, z) - b(0, 0, 0) \omega_{\beta-1}(s)] ds + \\ & + \int_0^x \frac{f_1(t, y, z)}{t^\alpha} \exp [W_a^x(t, y, z) - a(0, 0, 0) \omega_{\varepsilon-1}(t)] dt, \end{aligned} \quad (1.31)$$

где  $C_1, C_2$  -произвольная постоянная.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Раджабов Н. Введение в теорию дифференциальных уравнений в частных производных со сверх сингулярными коэффициентами / Н. Раджабов. – Душанбе: Изд. ТГУ, 1992г.
2. Раджабов Н., Мирзоев Н. К теории одного класса линейных переопределенных систем дифференциальных уравнений первого порядка с внутренней особой линией и особой точкой / Н. Раджабов, Н. Мирзоев. // Вестник Национального университета. Серия математика №1. – Душанбе: 2004. – С. 84-101.
3. Раджабов. Н. К теории линейной переопределенной системы второго порядка с двумя сверх-сингулярными линиями / Н. Раджабов. Современные проблемы теории функций и их приложения // Тезисы докладов 14-й Саратовской зимней школы, посвященной памяти академика П.Л.Ульянова. – Саратов: 28 января-4 февраля 2008г. –С. 156-175.
4. Раджабов Н., Мохаммед эльсаэд абдель-Аал. Переопределенная линейная система второго порядка с сингулярными и сверх сингулярными линиями / Н. Раджабов, Мохаммед эльсаэд абдель-Аал. LAP LAMBERT Academic Publishing. -Germany, 2011, - 248p.

5. Раджабов Н., Хусаинов Р. К теории одного класса переопределенной системы первого порядка в трехмерном случае с граничными и внутренними сингулярными областями / Н. Раджабов, Р. Хусаинов. // Вестник Таджикского национального университета 1/1(77). – Душанбе, 2012. -С. 49-57.

#### **ПЕРЕОПРЕДЕЛЕННОЕ ЛИНЕЙНЫЙ СИСТЕМЫ ТРЕХ УРАВНЕНИЙ С ОДНОЙ ВНУТРЕННИЙ И ДВУМЯ ГРАНИЧНЫМИ СВЕРХ СИНГУЛЯРНЫМИ ОБЛАСТЯМИ**

В статье автора изучена переопределенная система первого порядка в трехмерном случае с граничными и внутренними сверх сингулярными областями.

**Ключевые слова;** трехмерный, переопределенная система, особый прямоугольник, многообразие решений.

#### **TO THEORY OF ONE CLASS OF THE REDEFINED SYSTEM OF FIRST-ORDER IN THREE DIMENSIONAL CASE WITH BORDER AND INTERNAL SUPER SINGULAR AREAS**

The author investigated first order linear overdetermined systems in parallelepiped with one interior super singular and two boundary singular rectangles. Found integral representation of the manifold solution this system.

**Key words:** three- dimensional, overdetermined system, super singular rectangle, and manifold solution.

**Сведения об авторе:** *Р. Хусаинов* – соискатель Таджикского национального университета.  
Телефон: 938-18-23-23

### **О КАЧЕСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ЭКОСИСТЕМ ЗАПОВЕДНИКА «РОМИТ»**

*А. Одинаев, М.К.Юнуси*

**Таджикский национальный университет**

В работе исследуются вопросы качественной устойчивости экологических систем и приводится концептуальная модель взаимосвязи биологических сообществ заповедника «Ромит». Животный мир заповедника представлен большим разнообразием видов. По видовому составу среди позвоночных животных наиболее многочисленной является орнитофауна, она включает 134 вида. Свыше 80 видов птиц - осёдлые, остальные являются пролётными и зимующими. В Красную Книгу Таджикистана занесено 18 видов птиц, а в Красную Книгу МСОП один вид - белокрылый дятел (*Dendrocopos leucopterus*). Характерными представителями пресмыкающиеся в заповеднике являются горная агама, длинноногий сцинк, восточный удавчик, полоз, водяной уж, гюрза, щитомордник, гологлаз и др. Млекопитающие в заповеднике представлены 32 видами. Копытных представляют сибирский козорог и кабан; хищных млекопитающих - медведь, снежный барс, туркестанская рысь, волк, лисица, барсук, среднеазиатская выдра, каменная куница, ласка, горностай; грызунов - длиннохвостый сурок, дикобраз, заяц-толай. В Красную Книгу Таджикистана включено 18 видов млекопитающих животных. Один вид - снежный барс (*Uncia uncia*) - занесён в список исчезающих видов.

В ходе исследования выделены главные доминирующие в заповеднике которые состоят из 18 видов, на их основе построена концептуальная модель взаимосвязей доминирующих видов заповедника «Ромит». Между всеми этими компонентами существует определенное взаимодействие, а также внутри и межвидовая борьба за пищу, местообитание и т.д. При изучении состояния экосистем «Ромит» первостепенную роль имеет исследование устойчивых структур биологических сообществ заповедника. Для этой цели применяются методы теории качественной устойчивости экосистем, сформулированные Р. Мэйем (May, 1973). Понятие «качественная устойчивость» означает сохранение устойчивости равновесия в

модели экосистемы при любых количественных значениях интенсивностей внутри и межвидовых взаимодействий, причем оно не требует количественных характеристик экосистемы, а опирается лишь на значение качественного характера взаимодействий между ее компонентами.

Заметим, что аналогичные исследования для конкретных экосистем хлопкового поля были выполнены в работе Д. Логофета, М.К. Юнуси (1979). Для экологических систем заповедника «Тигровая Балка» посвящены работы М. Юнуси, Г. Асимовой [3], а для заповедника «Дашти Джум» М. Юнуси, С Мирзоева [23] и М. Юнуси, С Одинаевой [22]

**Структура взаимодействия экосистемы заповедника.** Основу экосистем «Ромит» составляет растительное сообщество (фитоценоз), травоядные животные (сибирский козерог, кабан), которым питаются хищники (гиены, шакалы, волка и др.). Кроме перечисленных видов в экосистеме постоянно обитают многие виды пресмыкающихся (кобра, гюрза, эфа, удавчик, стрела-змея, уж, варан и др.); птиц (таджикский фазан, гусь, утка, баклан, змея, аист, цапля); грызунов (земляная и туркестанская крысы, дикобраз, домовая мышь, заяц-толай и др.); фауна рыб включает три вида – это маринка обыкновенная (*Schizothorax intermedius*), речная форель (*Salmo trutta morpha fario*), реже встречается туркестанский сомик; насекомоядных (ушастый ёж, землеройка); рукокрылых, паукообразных (скорпион, тарантул, каракурт, фаланга); *Земноводные и пресмыкающиеся.* (один) вид амфибий и 17 видов пресмыкающихся, из них 9 видов - змеи. Наиболее редкими видами являются слепозмейка (*Typhlops vermicularis*), среднеазиатская кобра (*Naja oxiana*) и гюрза (*Vipera libetina*); клещей, насекомых и других видов, которые играют роль в существовании экологической системы. Паукообразные, пресмыкающиеся, рыбы являются самолимитированными видами, причем паукообразные живут за счет насекомых и иногда растений, пресмыкающиеся питаются яйцами птиц, грызунами, земноводными, а некоторые насекомые являются пищей для рыб. Между остальными существует связь; насекомые служат для земноводных, птиц, насекомых, рукокрылых, грызунов; грызуны – для птиц, хищников и пресмыкающихся. Кроме травоядных животных жертвами хищников становятся грызуны, птицы и рыбы. Птицы питаются насекомыми, змеями. Многие виды живут за счет растительного сообщества экосистемы. Структура взаимодействия компонентов экосистемы приведена на рис.1. Заметим, что временные связи реализуются тогда, когда между компонентами возникают временные эффекты конкуренции за пищу, местообитание и т.д.

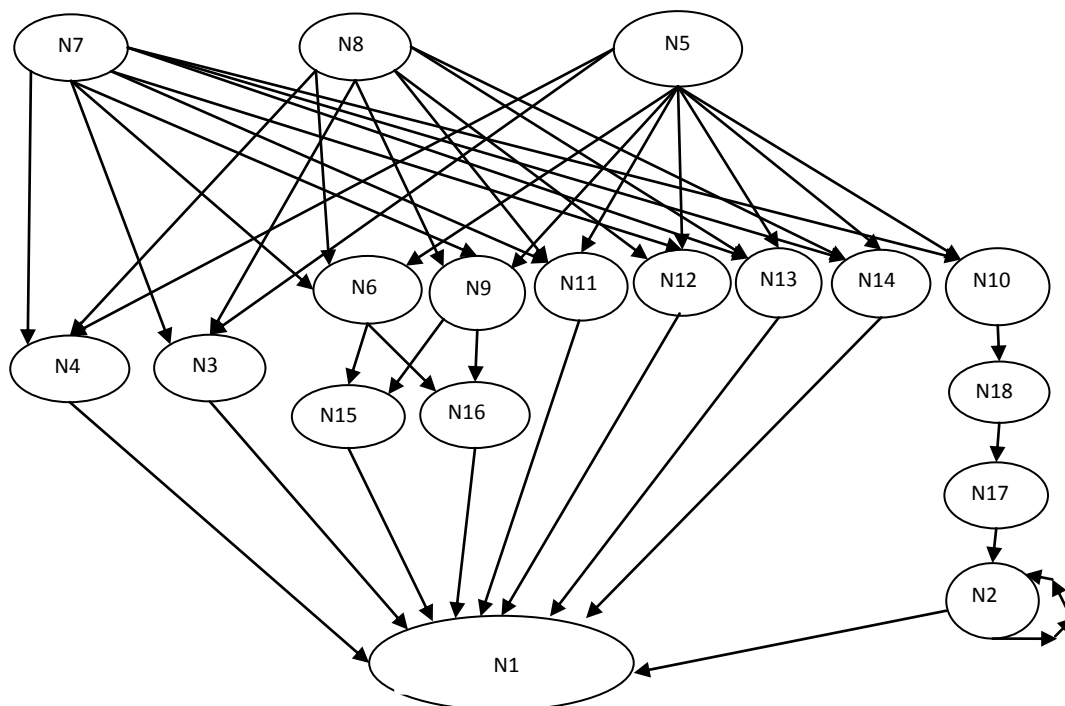


Рис. 1. Структура взаимодействия экосистемы заповедника.

Здесь  $N_1$  – биомасса растительности,  $N_2$  – биомасса насекомых,  $N_3$  – биомасса сибирского козла,  $N_4$  – биомасса кабана,  $N_5$  – биомасса снежного барса,  $N_6$  – биомасса рыси,  $N_7$  – биомасса бурого медведя,  $N_8$  – биомасса волка,  $N_9$  – биомасса лисы,  $N_{10}$  – биомасса выдры,  $N_{11}$  – биомасса куницы каменной,  $N_{12}$  – биомасса барсука,  $N_{13}$  – биомасса дикобраза,  $N_{14}$  – биомасса красного сурка,  $N_{15}$  – биомасса зайца толая,  $N_{16}$  – биомасса крысы,  $N_{17}$  – биомасса рыб,  $N_{18}$  – биомасса змеи.

#### Достаточные условия качественной устойчивости экологических систем.

Рассмотрим модель динамики биологического сообщества, в частности экосистемы заповедника «Ромит», в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{y} = f(y, u), \quad (1)$$

где  $y \in E^n$ ,  $f \in E^n$ ,  $u \in E^r$ ,  $E^m$  – евклидовы пространства размерности  $m$ ,  $m=(r,n)$ ; вектор  $y=y(t)$  характеризует численность (или биомассы) рассматриваемых компонентов системы, а вектор  $u$  характеризует состояние среды (Юнуси, 1978). Предположим, что функция  $f = f(\cdot)$ , описывающая взаимодействия внутри системы, такова, что существует положительное равновесное решение системы (1):  $y^* > 0$ . Говорят, что экологическая система, качественно устойчивая, если равновесие  $y^*$  устойчиво (по Ляпунову) при любых количественных значениях производных,  $a_{ij} = \left. \frac{\partial f_i}{\partial y_j} \right|_{y^*}$  не изменяющих лишь знаковую

структуру матрицы взаимодействия

$$A = (a_{ij}) \quad (2)$$

Следовательно, качественная устойчивость экосистемы сводится к знак - устойчивости ее матрицы взаимодействия (Логофет, 1978).

Достаточные условия знак – устойчивости матрицы (2) были сформулированы в работе Джеффриса (Jeffries, 1974) через свойства так называемого «знаково ориентировочного графа» (ЗОГ), соответствующего данной матрице А. Эти условия имеют следующее формальное содержание и экологическую интерпретацию (Логофет, Юниси, 1979).

1.  $a_{ij} \cdot a_{ji} < 0$  т.е. в сообществе отсутствует отношение симбиоза и конкуренции;  $i, j = \overline{1, n}$ .

2. Для любой последовательности более двух индексов  $i_1 \neq i_2 \neq \dots \neq i_m$  неравенства  $a_{i_2 i_1} \neq 0, \dots, a_{i_m i_{m-1}} \neq 0$  влекут  $a_{i_m i_1} = 0$ . Это значит, что в ЗОГ отсутствуют (ориентировочные) циклы длиной более 2.

3. Если в ЗОГ сообщества стереть все дуги, соответствующие отношениям аменсализма и комменсализма, то каждое из оставшихся «хищник сообществ» должно нарушать «черно-белый тест», который заключается в следующем. Каждую вершину графа хищного сообщества можно раскрасить в черный или белый цвет таким образом, что:

а) все вершины с самолимитированием – черные; б) найдется хотя бы одна белая вершина; в) каждая белая вершина связана по крайней мере с одной другой белой вершиной; г) каждая черная вершина, которая связана с какой-либо белой вершиной, связана хотя бы с одной другой белой вершиной.

4. Существует ненулевой член определителя матрицы (2). Вместе с условиями 1 и 2 это эквивалентно тому, что ЗОГ можно выделить  $k \left( 0 \leq k \leq \frac{n}{2} \right)$  пар видов хищник – жертва (т.е. циклов длины 2) таким образом, что остальные  $(n - 2k)$  виды будут обладать самолимитированием (т.е. давать циклы длины 1).

**Замечание.** В случае учета возрастной структуры матрица взаимодействия определяется следующим образом (Юниси 1991)

$$A = B_0(0) + \int_0^{\infty} e^{-\delta a} dB(\alpha),$$

где  $B(\alpha)$ - матрица выживаемости,  $B_0(0)$ -матрица рождаемости.

**Примеры качественно – устойчивых и качественно – неустойчивых структур заповедника «Ромит».** В качестве примеров из общей структуры взаимодействия компонентов экосистем заповедника выберем отдельные взаимодействия некоторых компонентов и проанализируем их устойчивость.

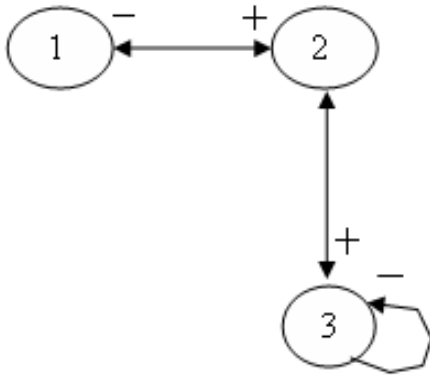
**Пример 1.** Рассмотрим следующую трехуровневую систему: растительное сообщество – травоядные животные – хищники. Матрица взаимодействия такой системы имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & -a_{12} & 0 \\ a_{21} & 0 & -a_{23} \\ 0 & a_{32} & -a_{33} \end{pmatrix} \quad (3)$$

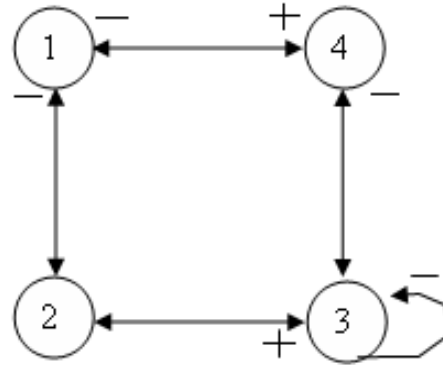
с элементами  $a > 0$ . Здесь пара элементов  $-a_{12}a_{21} < 0$  отражает характер влияния на растительное сообщество уровня травоядных животных,  $-a_{23}a_{32} < 0$  отражает характер влияния на травоядных животных уровня хищников. Элемент  $-a_{33} < 0$  соответствует явлением внутривидовой конкуренции среди хищников. Соответствующей матрице (3) ЗОГ изображен на рис 2а. Легко видеть, что выполняются все условия 1-4; условие 1 очевидно; очевидно и



условие 2, т.е. отсутствие циклов длины 2; в ЗОГ нарушается «черно-белый тест» (условие 3); выполняется также условие 4, т.е. определитель матрицы  $A$  не равен нулю ( $\det(A) \neq 0$ ). Таким образом, рассматриваемая экосистема обладает качественной устойчивостью, причем наличие качественной устойчивости принципиально зависит от внутривидовой конкуренции среди хищников ( $-a_{33} < 0$ ). Заметим, что рассмотренный пример идентичен примеру 1 из работы (Логофет, Юниси, 1979).



а)



б) Рис.2

**Пример 2.** Рассмотрим более сложную, но по прежнему агрегированную систему, стоящую из 4 уровней: растительное сообщество – травоядные животные – хищники – грызуны. Матрица взаимодействия такой системы имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & -a_{12} & 0 & -a_{14} \\ a_{21} & 0 & -a_{23} & 0 \\ 0 & a_{32} & -a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & 0 & -a_{42} & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Соответствующей матрице (4) ЗОГ изображен на рис 2б. Проверим условия 1-4. Условие 1 выполняется, т.е. в сообществе отсутствует отношение симбиоза и конкуренции. Условие 2 не выполняется, так как в ЗОГ существует цикл длиной 4. Условие 3 также не выполняется, так как «черно-белый тест» не нарушается. Условие 4 выполняется, т.е.  $\det(A) \neq 0$ . Таким образом, рассмотренная экосистема не является качественно устойчивой.

**Пример 3.** Для экосистемы «растительное сообщество – 1, травоядные животные – 2, хищники – 3, птицы – 4, рыбы – 5, пресмыкающиеся – 6, насекомые – 7, грызуны – 8, насекомоядные – 9, паукообразные – 10, земноводные – 11, рукокрылые – 12» с трофическими связями, изображенными на рис.3, также не выполняются условия качественной устойчивости.

Но если не будем учитывать «штриховые» связи между популяциями, то рассматриваемая система становится качественной и устойчивой. Поэтому, чтобы получить устойчивые структуры биологических сообществ заповедника, мы должны искусственно воздействовать на численность соответствующих популяций таким образом, чтобы исчезли штриховые связи.

Анализ качественной устойчивости экосистемы, изображенной на рис. 1, соответствующей полной схеме видовых взаимодействий в заповеднике, не дает принципиально новых видов по сравнению с примерами 2, 3. Здесь так же, как и в предыдущем примере, эффекты межвидовой конкуренции нарушают качественную

устойчивость, которая в отсутствие конкуренции принципиально зависит от расположения самолимитируемых видов в структуре экосистемы. Например, отсутствие конкуренции и наличие самолимитирования на отдельных вершинах приводят к появлению качественно-устойчивых структур.

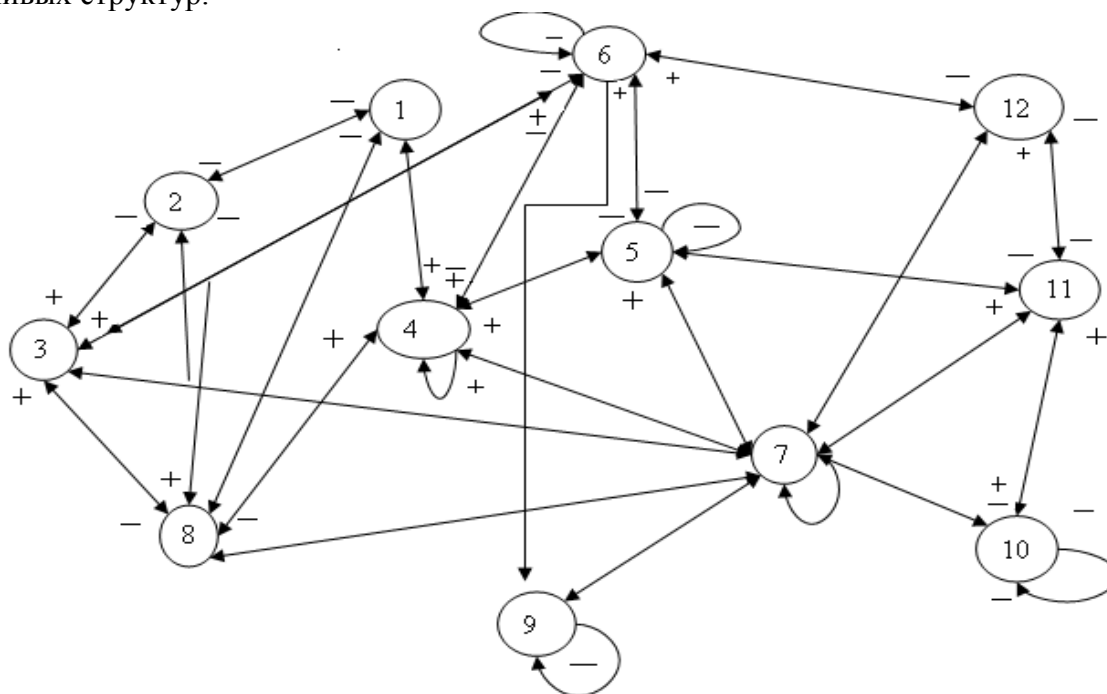


Рис.3

**Заключение.** Из рассмотренной структуры взаимодействия экосистемы заповедника «Ромит» можно сделать некоторые выводы методологического характера, которые могли бы иметь значение при определении оптимальных режимов использования экосистем заповедника. Это относится к методам регуляции численности видов (изъятие некоторых компонентов: «сбор урожая» растений и некоторых травоядных животных (например нутрий); интродукция нового вида (Юнуси, 1978, Юнуси, 1979) и т.д.), поскольку именно эти методы существенно влияют на структуру воздействий в сообществе. Эти методы должны планироваться так, чтобы вызванное ими изменение структуры взаимодействия улучшал свойства данной структуры с точки зрения условий качественной устойчивости. Например, изъятие («отстрел») некоторых видов хищников и пресмыкающихся при их высокой численности должно проводиться таким образом, чтобы их самолимитирование нарушалось и это приводило бы к нарушению «черно-белого теста». Или мы должны собирать урожай того вида, который связан с другим отношением «хищник – жертва» и это позволило бы появлению самолимитирования у второго вида, нарушающего условие теста. К примеру, «охота» (изъятие) должна проводиться таким образом, чтобы шестой вид (рис.1) потерял ба самолимитирование, а штриховые линии исчезли. С аналогичных позиций следует подходить и к анализу эффектов интродукции нового вида. Хотя нами допускается возможность изъятия отдельных компонентов экосистемы заповедника «Ромит» в случае их высокой численности, приводящей к нарушению балансового режима, не нынешнее состояние свидетельствует необходимости принятия мер по восстановлению численности некоторых других редких видов в целях создания более устойчивого равновесия.

Из полученных результатов следует, что экосистема изображенная на рис.1 не является качественно устойчивой. Этот результат, в общем, неудивителен, поскольку, с одной стороны, отсутствие качественной устойчивости не означает, что рассматриваемая система не может быть устойчивой в некоторых областях значений параметров модели, а с другой стороны, реальное поведение этой сложной системы (изменения численности различных видов и их местообитание в зависимости от многих внешних факторов) не дает оснований предполагать наличие качественной устойчивости. Но для заповедника «в целом» (максимально агрегированная система) выполняются достаточные условия К. Джифриса (Jeffries, 1974) и поэтому его экосистема является качественно устойчивой. Определение области устойчивости рассмотренных экосистем для других параметров и прогнозирование численности компонентов заповедника требуют построения имитационных моделей соответствующих экосистем, которые, являются предметом специального исследования в будущем. Одним из основных результатов данной работы также является то, что концептуальная схема взаимодействия всех экосистем региональных заповедников Таджикистана определяются по схеме определенной М.К. Юниси.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдусаломов И.А. Заповедник «Тигровая балка». в кн.: Заповедники Советского Союза / И.А. Абдусаломов. -М.: Колос, 1969. -С. 432-437.
2. Давлятов А.С. К классификации тугаев «Тигровая балка». в сб.: Ученые записки / А.С. Давлятов. Тр. кафедры ботаники ТГУ им. В.И. Ленина, т. 2, 1970. -С. 65-70.
3. Юниси(ов) М. Об анализе качественной устойчивости некоторых экосистем заповедника „Тигровая балка” / М. Юниси(ов), Г. Асимова //Известия АН Тадж. ССР, отд. биол. Наук, 1980. №4. –С. 86-92.
4. Логофет Д.О. Вопросы качественной устойчивости экосистемы лепного поля / Д.О. Логофет, М.К. Юниси(ов). Вопросы кибернетики выпуск 52.
5. Юниси(ов) М.К. О математическом моделировании экосистемы Кашка-Кум заповедника „Тигровая балка” / М.К. Юниси(ов), В. Князьков, Г. Асимова //Респуб. научно-теор. конф. молодых учёных, 1980. – С. 64.
6. Юниси(ов) М.К. Оптимальное управление в биосистеме „хищник-жертва” / М.К. Юниси(ов) //Известия АН Тадж. ССР, отд. физ.-мат. наук, 1981. №2. –С. 81-85.
7. Юниси(ов) М.К. О решении одной оптимальной задачи / М.К. Юниси(ов) // Известия АН Тадж. ССР, отд. физ.-мат. наук, 1982. № 4. – С. 106-108.
8. Юниси(ов) М.К. Математическая модель динамики насекомых-вредителей с учетом их возрастной структуры / М.К. Юниси(ов) // Известия АН Тадж. ССР, отд. физ.-мат. наук, 1982. №1. – С. 103-105.
9. Юниси(ов) М.К. Математический способ определения критических значений экосистем трех трофических уровней / М.К. Юниси(ов) //Журнал общей биологии, 1982. –Т.43, №6. –С. 836-841.
10. Юниси(ов) М.К. Исследование интегро-дифференциальных систем, связанных с биосистемой „хищник-жертва” / М.К. Юниси(ов) //Материалы республ. конф. по уравнениям матем. физики. –Душанбе: 1983. – С. 136-137.
11. Юниси(ов) М.К. Оптимальное управление экосистемой трех трофических уровней / М.К. Юниси(ов) // Докл. АН Тадж. ССР, 1987. –Т. 30, №5. – С. 277-281.
12. Юниси(ов) М.К. Динамика изолированных популяций с учетом возрастного состава и пространственных распределений / М.К. Юниси(ов) //Математическое моделирование в проблемах рационального природоиспользования. –Ростов-на-Дону, 1988. –С. 118-119.
13. Юниси(ов) М.К. Об одном классе нелокальных задач / М.К. Юниси(ов). –М: ВЦ АН СССР, 1991. – 30с.
14. Юниси(ов) М.К. Математические модели защиты растений и охраны популяций животных / М.К. Юниси(ов). –Душанбе, 1988. –290 с.
15. Юниси(ов) М.К. Некоторые математические вопросы охраны популяций животных / М.К. Юниси(ов) //Докл. АН Тадж. ССР, 1989. –Т.32, №2. –С.87-92.
16. Юниси(ов) М.К. Решение одного класса интегро-дифференциальных задач и его приложения в биологии / М.К. Юниси(ов). –Душанбе, 1989. –53 с.
17. Юниси(ов) М.К. Математические модели охраняемых популяций / М.К. Юниси(ов). –М: ВЦ АН СССР, 1991. – 29с.

18. Юнуси М.К. Математические модели борьбы с вредителями агроценозов / М.К. Юнуси(ов). – Душанбе, Дониш, 1991. – 142с.
19. Jeffries C. Qualitative stability and digraphs in model ecosystems / C. Jeffries. Ecology. №6, 1974. -P. 1415-1419.
20. May R. Qualitative stability in model ecosystems / R. May. Ecology. №3, 1973. -P. 638-641.
21. Моделирование динамики пустынных сообществ заповедника „Тигровая балка” / [З.Д. Усманов, Г.Н. Сапожников, М.А. Исмаилов и др.]. - ДАН Тадж.ССР, 1982. – Т.XXI, №10. – С.3-5.
22. Одинаева С.А. Оценка численности биологических популяций на основе принципа максимума / С.А. Одинаева, С. Мирзоев, М.К. Юнуси // Современные проблемы математического анализа и теории функций. Материалы Международной научной конференции, посвященной 60-летию академика АН Республики Таджикистан. Шабозова М.Ш. –Душанбе: 2012. –С. 116-117.
23. Мирзоев С. Математическое моделирование экосистемы заповедника «Дашти Джум» / С. Мирзоев С., Одинаева. // Вестник Таджикского национального университета №3(59). –Душанбе: Сино, 2010, -С. 12-15.

#### О КАЧЕСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ЭКОСИСТЕМ ЗАПОВЕДНИКА «РОМИТ»

На основе методов теории качественной устойчивости экосистем анализируются экосистем заповедника «Ромит». Для частных случаев исследуется состояние некоторых модельных экосистем заповедника, основными уровнями которых являются: растительные сообщества, травоядные животные, хищники, грызуны и другие доминирующие виды и выявляются устойчивые структуры заповедника.

**Ключевые слово:** Экосистема, качественная устойчивость, матрица взаимодействия, биологическое сообщество, биомасса популяции.

#### ABOUT ANALYSES OF QUALITATIVE STABILITY OF ECOSYSTEMS IN “RAMIT” NATIONAL PARK

On the basis of methods of the theory of qualitative stability of ecosystems are analyzed ecosystems of national Park "Romit". For special cases the condition of some modelling ecosystems of the national Park which basic levels are is investigated: vegetative communities, herbivores, predators, rodents and other dominating kinds also come to light steady structures of national Park.

**Key words:** ecosystem, qualitative stability, vegetative communities, herbivores, predators, rodents.

**Сведения об авторах:** А. Одинаев - ассистент кафедры информатики ТНУ. Телефон. (+992) 918 52 72 63  
 М.К. Юнуси – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информатики Таджикского национального университета. Телефон: (+992) 918-21-99-90; mail: [m@yunusi.ru](mailto:m@yunusi.ru)

#### О ФУНКЦИИ ГРИНА ОДНОЙ НЕСТАНДАРТНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ

С. К. Солиев

Таджикский национальный университет

<sup>1</sup>0. Пусть  $(b_1, b_2)$  - интервал числовой оси  $R^1$  и  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_{m-1}\}$  - некоторая упорядоченная совокупность точек из этого интервала. Обозначим  $\gamma_i = (a_{i-1}, a_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $a_0 = b_1, a_m = b_2$ ) и  $\Gamma = \bigcup_{i=1}^m \gamma_i$ . Рассмотрим на  $b_1, b_2$  следующую краевую задачу: на  $\Gamma$  задано дифференциальное уравнение.

$$(p(x)y''')' - (q(x)y')' = f(x) \quad (x \in \Gamma), \quad (1)$$

в точках множества  $A$  заданы условия связи

$$y''(a_i - 0) = y''(a_i + 0) = 0, \quad (2)$$

$$D_3 y(a_i - 0) - D_3 y(a_i + 0) - k(a_i)y(a_i) = 0 \quad (a_i \in A), \quad (3)$$

а в точках  $b_1$  и  $b_2$  – граничные условия типа Штурма

$$\alpha_0 y(b_1) + \alpha_3 D_3 y(b_1) = 0, \quad \beta_0 y(b_2) - \beta_3 D_3 y(b_2) = 0, \quad (4)$$

$$\alpha_1 y'(b_1) - \alpha_2 y''(b_1) = 0, \quad \beta_1 y'(b_2) + \beta_2 y''(b_2) = 0. \quad (5)$$

Здесь через  $D_3 y(\cdot)$  обозначена третья квазипроизводная  $(p(\cdot)y''''''''''''''')' - q(\cdot)y'$ .

Задача (1) – (5) моделирует целый ряд физических явлений. Например (см. [1]), она возникает при описании малых упругих колебаний натянутой цепочки шарнирно сочлененных стержней при воздействии внешней силы. При этом, коэффициенты  $p(\cdot)$  и  $q(\cdot)$  характеризуют, соответственно, жесткость и натяжение стержней, а  $f(\cdot)$  – интенсивность внешней нагрузки. Условие (2) означает шарнирное промежуточное закрепление, (3) – равновесие сил, приложенных к упругому шарниру, где  $k(\cdot)$  – коэффициент упругости пружины, подпирающей соответствующий шарнир. Краевые условия (4), (5) определяют виды закрепления концов цепочки.

В случае, когда цепочка не растянута ( $q(x) \equiv 0$  на  $\Gamma$ ), уравнение деформации на звеньях  $\gamma_i$  примет вид

$$(p(x)y'')' = f(x) \quad (x \in \Gamma). \quad (6)$$

Отметим, что уравнение (6), расшифровываемое в каждой точке  $a_i \in A$  как система условий (2), (3), не является частным случаем уравнения (1) на  $\Gamma$ , т.е.  $q(a_i)$  в (3) не считается предельным значением  $q(x)$  при  $x \rightarrow a_i$ . Здесь класс дифференциальных уравнений на  $\gamma_i$  сужается, а класс условий связи в точках  $a_i$  расширяется и, тем самым, центр тяжести анализа краевой задачи смещается с отрезков  $\gamma_i$  на узловых точках  $a_i$ .

В настоящей работе исследуется нестандартная краевая задача (1) – (5). Для этой задачи сначала устанавливается условие невырожденности (однозначной разрешимости), затем вводится понятие функции Грина (отличное от аксиоматического определения), доказывается существование этой функции и определяются основные её свойства.

Отметим, что задача (1) – (5) для случая общего графа  $\Gamma$  изучена в монографии [2], а также в работах [3,4]. Здесь же эту задачу мы рассматриваем для случая одномерного графа, при граничных условиях более общего вида.

Решение задачи (1) – (5) будем искать в классе  $C_{[b_1, b_2]}$  непрерывных на  $[b_1, b_2]$  функций  $y(x)$ , сужение которых на  $\Gamma$  принадлежат классу  $C^3(\Gamma)$ .

Относительно коэффициентов уравнения (1) и условий (2) – (5) будем предполагать выполнения следующих условий (далее называемых *условиями знакорегулярности* коэффициентов):

- $p(x) \in C^{(2)}(\Gamma)$ ,  $q(x) \in C^{(1)}(\Gamma)$ ,  $f(x) \in C(\Gamma)$ ;  $p(x) > 0$ ,  $q(x) \geq 0$  на  $\Gamma$ ;
- $q(a_i) \geq 0$ ,  $k(a_i) \geq 0$  при  $a_i \in A$ ;
- $\alpha_i \geq 0$ ,  $\beta_i \geq 0$  ( $i = 0, 1, 2, 3$ ), причем  $\alpha_i + \alpha_j > 0$ ,  $\beta_i + \beta_j > 0$  при  $i + j = 3$ .

Отметим, что условия знакорегулярности коэффициентов определяются физическим смыслом задачи, которые означают регулярность дифференциальных выражений на множествах  $\Gamma$  и  $A$ , а также невырожденность краевых условий в граничных точках  $b_1$  и  $b_2$ .

**Определение 1.** Краевая задача (1) – (5) называется *невырожденной*, если она однозначно разрешима для любой правой части  $f(x)$ .

Вопрос о невырожденности нестандартной краевой задачи (1) – (5) можно свести к вопросу о невырожденности обычной краевой задачи для систем дифференциальных уравнений, заданных на  $\gamma_i$ . Этот переход очевиден: уравнение (1) адекватно системе из  $m$  уравнений на отрезках  $\gamma_i = (a_{i-1}, a_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), а условий (2), (3), вместе с условием непрерывности на  $A$  и условий (4), (5) в граничных точках  $b_1$ ,  $b_2$ , примут вид нераспадающихся (вообще говоря) краевых условий. Нетрудно убедиться, что количество получающихся при таком переходе краевых условий равно  $4m$ , т.е. равно порядку системы. Отсюда следует

**Теорема 1.** Краевая задача (1) – (5) невырождена тогда и только тогда, когда соответствующая однородная задача ( $f(x) \equiv 0$ ) имеет только тривиальное (нулевое) решение.

Отметим, что теорема 1 не обосновывает невырожденности задачи, а сводит её к исследованию однородной задачи, которая оказывается зачастую существенно легче, чем исследование неоднородной задачи.

2<sup>0</sup>. Приведем сначала одно утверждение о свойствах решения  $y(x)$  однородного уравнения

$$(p(x)y'')' - (q(x)y')' = 0 \quad (x \in \Gamma), \quad (7)$$

на отрезке  $(a, b)$  при граничных условиях

$$\alpha_1 y'(a) - \alpha_2 y''(a) = 0, \quad \beta_1 y'(b) + \beta_2 y''(b) = 0, \quad (8)$$

где коэффициенты  $\alpha_1, \alpha_2$  и  $\beta_1, \beta_2$  - неотрицательны и  $\alpha_1 + \alpha_2 > 0, \beta_1 + \beta_2 > 0$ .

Обозначим  $(p(x)y''')' - q(x)y' \equiv c \quad (c = const)$ . Справедливо утверждение (см. [3]):

**Лемма 1.** Пусть коэффициенты уравнения (7) и граничных условий (8) обладают свойством знакорегулярности. Тогда, если  $c \neq 0$ , то решение  $y(x) \not\equiv const$  является строго монотонной на  $(a, b)$  функцией, причем возрастающей, если  $c < 0$  и убывающей, если  $c > 0$ , а если  $c = 0$ , то  $y(x) \equiv const$  на  $(a, b)$ .

Отметим, что утверждение леммы 1 остаётся справедливым, если  $q(x) \equiv 0$  на  $(a, b)$ . В этом случае направление монотонности решения  $y(x)$  уравнения

$$(p(x)y'')'' = 0 \quad (x \in \Gamma), \quad (9)$$

определяется знаком числа  $c_0 \equiv (p(x)y'')'$ . В случае  $c_0 = 0$   $y(x)$  является линейной функцией, если в условиях (8) коэффициенты  $\alpha_1 = \beta_1 = 0$  и  $y(x) \equiv const$ , если  $\alpha_1 + \beta_1 > 0$ .

Рассмотрим теперь однородное уравнение (7) на множестве  $\Gamma$  и установим для решения этого уравнения аналог принципа максимума, который в дальнейшем будет использован при доказательстве невырожденности задачи (1) – (5).

Пусть  $y(x) \not\equiv const$  является решением уравнения (7) на  $\Gamma$ , удовлетворяющим в точках  $a_i \in A$  условиям (2) и (3), а в граничных точках  $b_1$  и  $b_2$  только двум условиям (5). В силу леммы 1  $y(x)$  является монотонной функцией на каждом интервале  $\gamma_i$  множества  $\Gamma$ . Поведение решения  $y(x)$  в точках  $a_i$  множества  $A$  определяет утверждение (см. [3]):

**Лемма 2.** Пусть задача (1) – (5) обладает свойством знакорегулярности, причем  $q(x) \not\equiv 0$  на  $\Gamma$ . Тогда решение  $y(x) \not\equiv const$  уравнения (7), удовлетворяющее условиям (2), (3) в точках  $a_i \in A$  и граничным условиям (5) в точках  $b_1, b_2$  не имеет экстремума в тех точках  $a_i \in A$ , где  $k(a_i) = 0$ , а в тех точках  $a_i \in A$ , где  $k(a_i) \neq 0$  может иметь только отрицательный максимум или положительный минимум.

Аналогично, для уравнения (9) имеет место (см. [3]):

**Лемма 3.** Пусть в условиях леммы 2 коэффициент  $q(x) \equiv 0$  при  $x \in \Gamma$ , но  $q(a_i) \neq 0$  при всех  $a_i \in A$ . Тогда решение  $y(x) \not\equiv const$  уравнения (9), удовлетворяющее условиям (2), (3) в точках  $a_i \in A$  и граничным условиям (5) в точках  $b_1, b_2$  не имеет экстремума в точках  $a_i \in A$  при  $k(a_i) = 0$  и может иметь только отрицательный максимум или положительный минимум в этих точках, если  $k(a_i) \neq 0$ .

Если в условии связи (3) коэффициенты  $q(a_i) = 0$  при  $a_i \in A$ , то это условие примет вид

$$(py''')''(a_i - 0) - (py''')''(a_i + 0) - k(a_i)y(a_i) = 0 \quad (a_i \in A). \quad (10)$$

Для решения  $y(x) \neq \text{const}$  уравнения (9), удовлетворяющего условия связи (2) и (10) в точках  $a_i \in A$  и граничным условиям (5) в точках  $b_1$  и  $b_2$  имеет место (см. [3]):

**Лемма 4.** Пусть коэффициенты уравнения (9) и условий (2), (10) и (5) обладают свойством знакорегулярности. Тогда  $y(x)$  не имеет экстремума в точках  $a_i \in A$ , если в условии (10) коэффициент  $k(a_i) \neq 0$ .

**Замечание.** Если в условиях леммы 4 допустить  $k(a_i) = 0$  для всех  $a_i \in A$ , то решение  $y(x)$  может иметь экстремум в точках  $a_i$  при  $i = 2, \dots, m - 2$ , а в точках  $a_1$  и  $a_{m-1}$  только в том случае, тогда в граничных условиях (5) коэффициент  $\alpha_1 = 0$  и, соответственно,  $\beta_1 = 0$ .

3<sup>0</sup>. Перейдем теперь к исследованию вопроса о невырожденности краевой задачи (1) – (5).

Итак, рассмотрим задачу: на множестве  $\Gamma$  задано дифференциальное уравнение (1), в точках множества  $A$  заданы условия связи (2), (3), а в точках  $b_1, b_2$  - краевые условия (4), (5). Справедливо утверждение

**Теорема 2.** Пусть коэффициенты краевой задачи (1) – (5) обладают свойством знакорегулярности, причем  $q(x) \neq 0$  на  $\Gamma$  и  $\alpha_0 + \beta_0 > 0$ . Тогда задача (1) – (5) является невырожденной.

**Доказательство.** В силу теоремы 1 нам достаточно показать, что соответствующая однородная задача ( $f(x) \neq 0$ ) имеет в  $\Gamma$  только нулевое решение.

Предположим противное, т.е. пусть  $y(x)$  - ненулевое решение уравнения (7), удовлетворяющее условиям (2), (3) на множестве  $A$  и краевым условиям (4), (5) в точках  $b_1, b_2$ . В силу леммы 1 и 2,  $y(x)$  либо не имеет экстремума во внутренних точках промежутка  $(b_1, b_2)$ , либо имеет только отрицательный максимум или положительный минимум в точках  $a_i \in A$ , где  $k(a_i) \neq 0$ , либо же  $y(x) \neq \text{const}$  на всем промежутке  $(b_1, b_2)$ . С другой стороны, в силу условий (4) имеем, что  $y(x)$  имеет в граничных точках  $b_1, b_2$  либо отрицательный максимум, либо положительный минимум. Полученное противоречие означает, что  $y(x) \equiv \text{const}$  на всем промежутке  $(b_1, b_2)$ . Тогда из условий (4) следует, что  $\alpha_0 y(b_1) = 0$  и  $\beta_0 y(b_2) = 0$ . Отсюда, если  $\alpha_0 + \beta_0 > 0$ , то либо  $y(b_1) = 0$ , либо  $y(b_2) = 0$ . Следовательно,  $y(x) \equiv 0$  на всем  $(b_1, b_2)$ . Теорема 2 доказана.

Рассмотрим теперь случай, когда  $q(x) \equiv 0$  на  $\Gamma$ . Пусть на множестве  $\Gamma$  задано дифференциальное уравнение (6), в точках множества  $A$  заданы условия (2), (3), а в граничных точках  $b_1, b_2$  - краевые условия (4), (5). Имеет место утверждение.

**Теорема 3.** Пусть коэффициенты краевой задачи (6), (2) – (5) обладают свойством знакорегулярности, причем  $q(a_i) \neq 0$  для всех  $a_i \in A$  и  $\alpha_0 + \beta_0 > 0$ . Тогда задача (6), (2) – (5) является невырожденной.

**Доказательство.** Здесь также, в силу теоремы 1, нам достаточно показать, что однородное уравнение (9) при условиях (2) – (5) имеет только нулевое решение.

Каждое решение  $y(x)$  однородной задачи (9), (2) – (5), в силу леммы 1 и 3, либо не имеет экстремума во внутренних точках промежутка  $(b_1, b_2)$ , либо может иметь только отрицательный максимум или положительный минимум в точках  $a_i \in A$ , где  $k(a_i) \neq 0$ , либо  $y(x) \equiv \text{const}$  на всем промежутке  $(b_1, b_2)$ . Однако, из условий (4) следует, что  $y(x)$  имеет в граничных точках  $b_1, b_2$  либо отрицательный максимум, либо положительный минимум. Поэтому  $y(x) \equiv \text{const}$  на всем промежутке  $(b_1, b_2)$ . Тогда опять из условий (4), в силу  $\alpha_0 + \beta_0 > 0$  следует, что  $y(b_1) = y(b_2) = 0$ , следовательно,  $y(x) \equiv 0$  на всем промежутке  $(b_1, b_2)$ . Теорема 3 доказана.

В условиях теоремы 3 предполагалась строгая положительность коэффициентов  $q(a_i)$  для всех  $a_i \in A$  в условии связи (3). Если это условие не имеет места, то аналогично теореме 3, используя лемму 4, доказывается.

**Теорема 4.** Пусть коэффициенты уравнения (6), условий связи (2), (10) и краевых условий (4), (5) обладают свойством знакорегулярности, причем  $k(a_i) \neq 0$  ( $a_i \in A$ ) и  $\alpha_0 + \beta_0 > 0$ . Тогда краевая задача (6) – (2), (10) – (4), (5) является невырожденной.

Заметим, что если в условиях теоремы 4 коэффициент  $k(a_i) = 0$  в какой-то точке  $a_i$  ( $i = 2, \dots, m-2$ ), то в силу замечания к лемме 4, имеем, что  $y(x)$  может иметь ненулевой экстремум в этой точке  $a_i$ . Поэтому любая линейная на примыкающих к  $a_i$  интервалах  $\gamma_i$  и  $\gamma_{i+1}$  функция и принимающая в самой точке  $a_i$  любое ненулевое значение может быть решением однородной задачи (9) – (2), (10) – (4), (5). Это означает, что в случае  $k(a_i) = 0$ , задачи (6) – (2), (10) – (4), (5) является вырожденной, если  $m > 3$ .

Если же  $m \leq 3$ , то опять в силу замечания к лемме 4, имеем, что задача (6) – (2), (10) – (4), (5) является вырожденной, когда в граничных условиях (5) коэффициенты  $\alpha_1 \cdot \beta_1 > 0$ .

Таким образом, справедливо следующее замечание к теореме 4.

**Замечание.** Пусть в условиях теоремы 4 коэффициент  $k(a_i) = 0$  для всех  $a_i \in A$ . Если в краевых условиях (5)  $\alpha_1 = \beta_1 = 0$ , то задача (6) – (2), (10) – (4), (5) является вырожденной и размерность пространства ее решений равна  $m-1$ . Если же  $\alpha_1 \neq 0$ ,  $\beta_1 \neq 0$ , то рассматриваемая задача является невырожденной лишь в случае  $m \leq 3$ .

4<sup>0</sup>. В настоящем пункте изучается функция Грина краевой задачи (1) – (5). Строится явный вид функции Грина этой краевой задачи, определяются важнейшие её свойства. Отметим, что аналогичная задача для случая общему графа была рассмотрена ранее в [2, 4]. Всюду ниже предполагается, что краевая задача (1) – (5) является невырожденной, т.е. выполнены условия теорем 2-4.

Как известно (см., напр., [5]), функция Грина краевой задачи на отрезке определяется при помощи набора аксиом, которые определяют основные свойства этой функции. Однако, такой подход едва реализуем к описанию функции Грина краевой задачи (1) – (5), поскольку наличие множества узловых точек  $A$  делает неясной аксиоматику. Здесь оказывается более эффективным иной подход, конструктивный (см. [2]).

Рассмотрим на множества  $\Gamma$  систему уравнений

$$(p_i y_i'')' - (q_i y_i')' = f_i, \quad (11)$$

которая представляет собой набор скалярных уравнений на соответствующих отрезках  $\gamma_i = (i = 1, 2, \dots, m)$ , считая теперь все условия (2) – (5) краевыми. Запишем все эти условия в виде набора равенств

$$l_i(y) = 0 \quad (12)$$

при произвольной нумерации функционалов  $l_i$ . На каждом отрезке  $\gamma_i$  система (11) – (12) представляет собой обычную двухточечную краевую задачу, которая является, в силу теоремы 1, невырожденной. Её функцию Грина обозначим через  $Q_i(x, s)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).

Функция

$$K(x, s) = \begin{cases} Q_i(x, s), & \text{при } (x, s) \in \gamma_i \times \gamma_i, \\ 0, & \text{при } (x, s) \in \gamma_i \times \gamma_j \quad (i \neq j). \end{cases}$$

является фундаментальным решением [2] уравнения (7).

Пусть  $\{\varphi_i(x)\}_1^{4m}$ - фундаментальная система решений однородно уравнения (7), которая получена из фундаментальных решений систем скалярных уравнений (11) ( $f_i \equiv 0$ ) на отрезках  $\gamma_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), склеиванием в точках  $a_i \in A$  условиями (2), (3).



**Определение 2.** *Функцией Грина* краевой задачи (1) – (5) называется функция двух переменных  $G(x, s)$ , заданная на  $[b_1, b_2] \times \Gamma$  и такая, что для каждой непрерывной на  $[b_1, b_2]$  функции  $f(\cdot)$ , решение  $y(\cdot)$  задачи (1) – (5) может быть представлено в виде

$$y(x) = \int_{\Gamma} G(x, s) f(s) ds.$$

В силу невырожденности краевой задачи (1) – (5), мы можем выбрать такую фундаментальную систему решений  $\{\varphi_i(x)\}_1^{4m}$ , для которой  $l_i(\varphi_j) = \delta_{ij}$ , где  $\delta_{ij}$ - символ Кронекера. Тогда функция

$$G(x, s) = K(x, s) - \sum_{j=1}^k l_j(K(\cdot, s)) \varphi_j(x) \quad (13)$$

является функцией Грина краевой задачи (1) – (5).

Более того, имеет место утверждение

**Теорема 5.** *Пусть выполнены условия теорем п.3<sup>0</sup>, обеспечивающих невырожденность краевой задачи (1) – (5). Тогда функция  $G(x, s)$ , определенная равенством (13), является функцией Грина краевой задачи (1) – (5), которая является единственной в классе непрерывных на  $[b_1, b_2] \times \Gamma$  функций.*

С помощью представления (13) для функции Грина  $G(x, s)$  краевой задачи (1) – (5) на  $\Gamma$ , можно получить все её основные свойства, аналогичные свойствам функции Грина скалярной задачи на отрезке.

**Теорема 6.** *Пусть выполнены условия теоремы 5. Тогда функция Грина  $G(x, s)$  краевой задачи (1) – (5) обладает следующими свойствами:*

1) *при  $s_0 \in \Gamma$  функция  $g(x) = G(x, s_0)$  удовлетворяет однородному уравнению (7) на  $\Gamma \setminus \{s_0\}$ , условиям связи (2), (3) в точках  $a_i \in A$ , краевым условиям (4), (5) в точках  $b_1$  и  $b_2$ , а при  $x = s_0 \in \gamma_i$  – условию*

$$[(py'')' - qy'](s_0 + 0) - [(py'')' - qy'](s_0 - 0) = 1;$$

2) *если  $s_0 = a_i$  при каком-то  $a_i \in A$ , то функция  $g^i(x) = \lim_{s \rightarrow s_0} G(x, s)$  при  $x \neq s_0$*

*удовлетворяет однородному уравнению (7) на  $\Gamma \setminus \{s_0\}$ , краевым условиям (4), (5) в точках  $b_1, b_2$ , условиям (2) – (3) в точках  $a_i \in A, a_i \neq s_0$ , а в точке  $x = s_0$  выполняется (2) и, вместо (3), условие*

$$\begin{aligned} & \left\{ [p(g^i)'''] - q(g^i) \right\} (a_i + 0) - \left\{ [p(g^i)'''] - q(g^i) \right\} (a_i - 0) + \\ & + kg^i(a_i) = 1. \end{aligned}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гантмахер Ф.Р. Осцилляционные матрицы и ядра и малые колебания механических систем / Ф.Р. Гантмахер, М.Г. Крейн. –М.-Л.: Гостехиздат, 1950. -360с.
2. Покорный Ю.В. Дифференциальные уравнения на геометрических графах / Ю.В. Покорный и др.. –М.: Физматлит, 2004. - 272с.
3. Мустафокулов Р. // Вестник Таджикского национального университета, серия математ., №1(19) / Р. Мустафокулов, 2004. -С. 68-81.
4. Мустафокулов Р. // Докл. АН РТ, т. 38, №1-2. 1995. -С 59-65.
5. Курант Р. Методы математической физики. т.1 / Р. Курант, Д. Гильберт. –М. –Л.: Гостехиздат, 1951.

## О ФУНКЦИИ ГРИНА ОДНОЙ НЕСТАНДАРТНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ

В статье рассматривается краевая задача типа Штурма для одного дифференциального уравнения 4-го порядка на объединении прямолинейных взаимно непересекающихся отрезков, в точках соединения которых заданы специальные условия согласования. Приводятся условия невырожденности этой задачи, строится явный вид функции Грина, при помощи которой даётся интегральное представление решения данной краевой задачи.

**Ключевые слова:** краевая задача, невырожденность, функция Коши, функция Грина, фундаментальная система решений.

## ABOUT THE GREEN'S FUNCTION OF ONE NONSTANDARD BOUNDARY – VALUE PROBLEM

In this article the boundary – value problem of the Sturm's type for one differential equation the 4<sup>th</sup> order in the union of the rectilinear mutually disjoint intervals are considered. The special conditions of reconciliation assign in the combined points. Conditions nondegeneracy of this value problem are reduced, explicit form of the Green's function are constructed and integral presentation the solutions of this value problem was given.

**Key words:** boundary – value problem, nondegeneracy, Cauchy's function, Green's function, fundamental system of solutions.

**Сведения об авторе:** *С.К. Солиев* – аспирант кафедры функционального анализа и дифференциальных уравнений Таджикского национального университета. Телефон: (+992) 98-578-08-96

## НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЕКТОРЫ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ПРАВЫМИ ЧАСТЯМИ

*К.С. Шакарбеков*

Таджикский национальный университет

Рассматривается система дифференциальных уравнений  $m$  –го порядка

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X + F(t, X), \quad F(t, 0) \equiv 0. \quad (1)$$

Пусть проекции вектор – функции  $F(t, X)$  являются голоморфными функциями от переменных  $x_1, x_2, \dots, x_m$  –проекций вектора  $X$  и непрерывными функциями  $t$  в области  $D$ :

$$\|X\| \leq \rho, \quad \|X\| \equiv \max_j |x_j|, \quad -\infty < t < \infty \quad (j = 1, 2, \dots, m), \quad (2)$$

и пусть в области  $D$  выполняются условия Липшица

$$\|F(t, X_1) - F(t, X_2)\| \leq \beta \|X_1 - X_2\|, \quad \|X_j\| \leq \rho \quad (j = 1, 2). \quad (3)$$

Пусть, кроме того, система линейных дифференциальных уравнений

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X, \quad -\infty < t < \infty \quad (4)$$

с интегрируемыми коэффициентами является экспоненциально дохотомичной [2] на оси  $t$  и её матрица Грина  $G(t, \tau)$  удовлетворяет условию

$$\|G(t, \tau)\| \leq ce^{-\lambda|t-\tau|}, \quad \lambda > 0, c \geq 1. \quad (5)$$

Согласно [3], нелинейный оператор Грина  $H(t, \tau, X)$  определяется как ограниченное на всей оси решение системы нелинейных дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial H(t, \tau, X)}{\partial t} = A(t)H(t, \tau, X) + F(t, H(t, \tau, X)) + X\delta(t - \tau), \quad (6)$$

где  $\delta(t) - \delta$  – функция Дирака.

Систему уравнений (6) можно заменить уравнениями

$$\frac{\partial H(t, \tau, X)}{\partial t} = A(t)H(t, \tau, X) + F(t, H(t, \tau, X)), \quad (7)$$

$$H(\tau + 0, \tau, X) - H(\tau - 0, \tau, X) = X \quad (8)$$

с дополнительным условием

$$\lim_{|t-\tau| \rightarrow \infty} H(t, \tau, X) = 0. \quad (9)$$

Из уравнения (7) вытекает, что при  $t \neq \tau$  нелинейный оператор Грина совпадает решением в форме Коши с начальным значением  $X(\tau) = X_1$  при  $t > \tau$  и начальным значением  $X(\tau) = X_2$  при  $t < \tau$ , где

$$X_1 = H(\tau + 0, \tau, X), \quad X_2 = H(\tau - 0, \tau, X); \quad X = X_2 - X_1. \quad (10)$$

Нелинейный оператор Грина  $H(t, \tau, X)$  является вектором, нелинейно зависящим от  $X$  и имеющим разрыв при  $t = \tau$ .

Представляет интерес построение голоморфных в области своего определения нелинейных операторов Грина. Доказана следующая теорема [4].

**Теорема 1.** Если для системы дифференциальных уравнений (1) выполнены условия (3), (5) и условие

$$\beta < \frac{\lambda^2 - \nu^2}{2\lambda c(c+1)}, \quad 0 < \nu < \lambda, \quad (11)$$

то в области  $D_1$ :

$$\|X\| < \frac{\rho}{1+c}, \quad -\infty < t < \infty, \quad \rho > 0, \quad (12)$$

существует нелинейный оператор Грина  $H(t, \tau, X)$ , являющийся ограниченным при  $-\infty < t, \tau < \infty$ , решением системы нелинейных интегральных уравнений

$$H(t, \tau, X) = G(t, \tau)X + \int_{-\infty}^{\infty} G(t, s)F(s, H(s, \tau, X))ds. \quad (13)$$

Это решение может быть найдено методом последовательных приближений

$$H_{n+1}(t, \tau, X) = G(t, \tau)X + \int_{-\infty}^{\infty} G(t, s)F(s, H_n(s, \tau, X))ds, \quad (14)$$

$$H_0(t, \tau, X) \equiv 0, \quad H(t, \tau, X) = \lim_{n \rightarrow \infty} H_n(t, \tau, X), \quad (n = 0, 1, 2, \dots).$$

При этом нелинейный оператор Грина  $H(t, \tau, X)$  удовлетворяет в области (12) условию

$$\|H(t, \tau, X)\| \leq (1+c)\|X\| \exp\{-\nu|t-\tau|\} \quad (15)$$

и является голоморфным в этой области.

**Доказательство.** Введем банахово пространство  $B$  непрерывных, ограниченных по  $t, \tau, X$  вектор – функций  $Z(t, \tau, X)$  с нормой

$$\|Z(t, \tau, X)\|_0 = \sup_{t, \tau} \|Z(t, \tau, X)\| e^{\nu|t-\tau|}, \quad 0 \leq \nu < \lambda. \quad (16)$$

Полагая в системе уравнений (13)

$$Z(t, \tau, X) = H(t, \tau, X) - G(t, \tau)X,$$

перейдём к системе интегральных уравнений

$$Z(t, \tau, X) = \int_{-\infty}^{\infty} G(t, s) \left( F(s, G(s, \tau)X + Z(s, \tau, X)) \right) ds. \quad (17)$$

Решение по методу последовательных приближений сходится в пространстве  $B$ , если нелинейный оператор  $R$

$$RZ(t, \tau, X) \equiv \int_{-\infty}^{\infty} G(t, s)F(s, G(s, \tau)X + Z(s, \tau, X))ds. \quad (18)$$

является оператором сжатия. Произведя в области  $D_1$  соответствующие оценки, получим

$$\|RZ_1(t, \tau, X) - RZ_2(t, \tau, X)\|_0 \leq q \|Z_1(t, \tau, X) - Z_2(t, \tau, X)\|, \quad (19)$$

где обозначено

$$\begin{aligned} q &= \sup_{t, \tau} e^{\nu|t-\tau|} \int_{-\infty}^{\infty} c\beta e^{-\lambda|t-s|} e^{-\nu|s-\tau|} ds = \\ &= c\beta \sup_{\tau \geq 0} e^{\nu\tau} \left( \int_{-\infty}^0 e^{(\lambda+\nu)s-\nu\tau} ds + \int_0^{\tau} e^{(\nu-\lambda)s-\nu\tau} ds + \int_{\tau}^{\infty} e^{-(\lambda+\nu)s+\nu\tau} ds \right) = \\ &= c\beta \sup_{\tau \geq 0} \left( \frac{2\lambda}{\lambda^2 - \nu^2} - \frac{2\nu}{\lambda^2 - \nu^2} e^{-(\lambda-\nu)\tau} \right) = \frac{2c\beta\lambda}{\lambda^2 - \nu^2}. \end{aligned}$$

При выводе неравенства полагаем  $t = 0$ ,  $\tau \geq 0$ . Условие  $q < 1$  будет выполнено при выполнении условия (11).

Из теоремы Банаха[4], используя первое приближение для решения системы интегральных уравнений (17) следует, что выполнена оценка

$$\begin{aligned} \|H(t, \tau, X)\|_0 &\leq \|H_1(t, \tau, X)\|_0 \frac{1}{1-q} = \\ &= \sup_{t, \tau} \|G(t, s)X\| e^{(\nu-\lambda)|t-\tau|} \frac{1}{1-q} \leq \frac{c}{1-q} \|X\|, \end{aligned}$$

из которой вытекает справедливость неравенства (15), так как в силу условия (11), будет выполнено неравенство

$$\frac{c}{1-q} = \frac{c(\lambda^2 - \nu^2)}{\lambda^2 - \nu^2 - 2c\beta\lambda} < 1 + c.$$

Из условий (12) и (15) следует, что

$$\|H_n(t, \tau, X)\| < \rho \quad (n = 1, 2, \dots), \quad \|H(t, \tau, X)\| < \rho.$$

**З а м е ч а н и е.** При выполнении условия

$$\beta < \frac{\lambda}{2c(1+c)}$$

всегда найдется  $\nu > 0$  такое, что будет также выполнено условие (11) и, кроме того, из условия (15) следует, что

$$\lim_{|t-\tau| \rightarrow \infty} H(t, \tau, X) = 0 \quad (20)$$

и

$$\|H_n(t, \tau, X)\| < (1+c)\|X\| \exp\{-\nu|t-\tau|\} \quad (n = 1, 2, \dots), \quad (21)$$

Из равномерной сходимости  $t, \tau, X$  интегралов в правой части равенства

$$\begin{aligned} H_{n+1}(t, \tau, X) &= G(t, s)X + \int_{\tau}^{\tau} G(t, s)F(s, H_n(s, \tau, X))ds + \\ &+ \int_{\tau}^t G(t, s)F(s, H_n(s, \tau, X))ds + \int_t^{-\infty} G(t, s)F(s, H_n(s, \tau, X))ds, \quad (22) \end{aligned}$$

а также из оценки (21) следует голоморфная зависимость от  $X$  в области (12) векторов  $H_n(t, \tau, X)$  при  $t \neq \tau$ .

Последовательность  $H_n(t, \tau, X)$  сходится равномерно по  $t, \tau, X$  к вектор – функции  $H(t, \tau, X)$ . Следовательно, по теореме Вейерштрасса [5] в области (12) вектор – функция  $H(t, \tau, X)$  будет голоморфно зависеть от  $X$  при любых  $t \neq \tau$ . Это окончательно доказывает справедливость теоремы 1.

Из теоремы 1 вытекает, что при выполнении условий (11) решение системы дифференциальных уравнений

$$\frac{dX(t)}{dt} = A(t)X(t) + F(t, X(t)), \quad F(t, 0) \equiv 0, \quad (23)$$

представимое формулой  $X_1(t) = H(t, \tau, X)(t > \tau)$ , равномерно экспоненциально стремится к нулю при  $t \rightarrow +\infty$ , а решение, представимое формулой  $X_2(t) = H(t, \tau, X)(t < \tau)$ , равномерно экспоненциально стремится к нулю при  $t \rightarrow -\infty$ .

Введем нелинейные операторы

$$P_1(t, X) = H(t + 0, t, X), \quad P_2(t, X) = -H(t - 0, t, X), \quad (24)$$

которые будем называть нелинейными проекторами.

Из формулы (7) и (8) вытекает следующее тождество

$$P_1(t, X) + P_2(t, X) \equiv X. \quad (25)$$

Векторные уравнения

$$X_1 = P_1(t, X), \quad X_2 = -P_2(t, X) \quad (26)$$

можно рассматривать как параметрические уравнения интегральных многообразий  $G_1, G_2$  решений с различным асимптотическим поведением при  $t \rightarrow \pm\infty$ .

Из разложения (25) видно, что  $X \in G_1$ , если выполнено равенство

$$X = P_1(t, X), \quad \text{или } P_2(t, X) = 0 \quad (27)$$

и  $-X \in G_2$ , если выполнено равенство

$$X = P_2(t, X), \quad \text{или } P_1(t, X) = 0. \quad (28)$$

Из равенств (27), (28) и аналитичности нелинейного оператора Грина в области  $D_1$  (12) вытекают следующие аналитические свойства нелинейных проекторов в этой области

$$P_k(t, P_s(t, X)) = \delta_{ks} P_k(t, X), \quad \delta_{ks} = 0 \quad (k \neq s), \quad \delta_{kk} = 1 \quad (k, s = 1, 2), \quad (29)$$

где  $\delta_{ks}$  – символ Кронекера.

Если система дифференциальных уравнений (23) является линейной, то эти свойства превращаются в известные свойства линейных проекторов [2,3].

При каждом значении  $X$  разложение (10), где  $X_1 \in G_1$ ,  $X_2 \in G_2$ , единственно в силу теоремы 1. Поэтому вектор  $X$  единственным образом представляется в виде (25), где

$$P_1(t, X) \in G_1, \quad -P_2(t, X) \in G_2. \quad (30)$$

Уравнения, определяющие многообразия  $G_1$ , будут иметь вид

$$X = P_1(t, X), \quad (31)$$

а уравнения, определяющие многообразия  $G_2$ , будут иметь вид

$$X = -P_2(t, X). \quad (32)$$

Интегральные многообразия  $G_1, G_2$  могут пересекаться лишь по решению  $X = 0$ . Из (26) вытекает, что если  $X_1(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow +\infty$ , то  $X_1(t) \in G_1$  и  $X_2(t) \in G_2$ , если  $X_2(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow -\infty$ .

Окончательный вывод сформулируем в виде теоремы.

**Т е о р е м а 2.** Пусть выполнены все условия теоремы 1. Тогда в области (12) существуют нелинейные проекторы  $P_k(t, X)$  ( $k = 1, 2$ ), определяемые по формулам (24), голоморфно зависят от  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – проекции вектора  $X$  и удовлетворяют условию

$$\|P_k(t, X)\| \leq (1 + c)\|X\|. \quad (33)$$

Последнее неравенство следует из формулы (15) при  $t = \tau$ .

Пусть у системы уравнений

$$\frac{dX}{dt} = A(t)X, \quad -\infty < t < \infty \quad (34)$$

существует интегральное многообразие размерности  $q$  решений, стремящихся к нулю при  $t \rightarrow +\infty$ , и интегральное многообразие размерности  $p = m - q$  решений, экспоненциально стремящихся к нулю при  $t \rightarrow -\infty$ . Тогда и система нелинейных уравнений (23) будет иметь интегральное многообразие  $G_1$  решений, стремящихся к нулю при  $t \rightarrow +\infty$ , имеющее размерность  $q$ , а также интегральное многообразие  $G_2$  решений, стремящихся к нулю при  $t \rightarrow -\infty$ , имеющее размерность  $p$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Валеев К.Г. О некоторых аналитических свойствах нелинейных проекторов / К.Г. Валеев, С.З. Курбаншоев. // Докл. АН Тадж. ССР, 1982, 25, №5. –С. 259-263.
2. Далецкий Ю.Л. Устойчивость решений дифференциальных уравнений в банаховом пространстве / Ю.Л. Далецкий, М.Г. Крейн. -М.: Наука, 1970. - 535 с.
3. Валеев К.Г., Финин К.С. Построение функция Ляпунова / К.Г. Валеев, К.С. Финин. – Киев: Наук.думка, 1981.
4. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. - М.- Л.: Гостехиздат, 1950. - 471 с.
5. Гурса Э. Курс математического анализа / Э. Гурса. Т. II, ч.2. Т. III, ч.1, - М.: Гостехиздат, 1933.

#### НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЕКТОРЫ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ПРАВЫМИ ЧАСТЯМИ

В работе строятся нелинейные проекторы решений с помощью нелинейного оператора Грина [1]. Изучаются их аналитические свойства, находится область их сходимости.

**Ключевые слова:** оператор Грина, нелинейный проектор, интегральное многообразие.

#### THE SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUIVALENCE'S SOLUTION OF NONLINEAR PROJECTORS WITH THE ANALYTICAL OF RIGHT PARTS

In the article the solution of nonlinear projectors are brought through the Green's nonlinear mechanism. The property of their analytical features were studied and found their convergence.

**Key words:** Green's nonlinear mechanism, nonlinear projector, integral manifold.

**Сведения об авторе:** *К.С. Шакарбеков* – соискатель Таджикского национального университета.  
Телефон: (+992) 93-527-83-58

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОТЕНЦИАЛА ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ОБРАЗОВАННОСТИ

*М.К. Юнуси, М.А. Югай*  
Таджикский национальный университет

Несоответствие кадровых потребностей работодателей и профессиональных возможностей лиц, претендующих на работу, новые требования со стороны работодателей к профессиональному образованию и переподготовке кадров – всё это является одной из проблем характерной состоянию экономики современной Республики Таджикистан. В стране предпринимаются разнообразные меры по уменьшению негативных явлений в сфере образования и на рынке труда. Построение и обоснование математической модели потенциальной функции трудовых ресурсов и величины потенциала трудовых ресурсов с учетом не только возрастного и пространственного распределения, а также с учетом образованности, позволяющей оценить стабильность трудовых ресурсов – является одним из решений проблемы.

Рассмотрим следующую модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial a} + g(t, u, \xi) \frac{\partial N}{\partial \xi} = -D_0(a)N \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} = g(\xi, u, a), \quad |u| \leq 1; \quad g(\xi, u, a) = \alpha \xi + \beta a + \gamma u, \quad \text{где } \alpha, \beta, \gamma = \text{const} \geq 0 \\ \xi(0) = \xi_0 \\ N|_{t=0} = N_0(a) \\ N(0, t) = \left( \int_0^{a_{\max}} B(a) + N(\xi, a, t) d\xi \right)^{\frac{1}{p}} \end{array} \right.$$

Введем

$$L(t) = \left( \int_0^{a_{\max}} \varphi(a) N^p(\xi, a, t) d\xi \right)^{\frac{1}{p}}$$

Так как

$$\frac{1}{p} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{p} \frac{\partial N}{\partial a} + \frac{1}{p} g \frac{\partial N^p}{\partial \xi} = -D_0(a) N^p \quad \text{то}$$

$$\int_t^{t+\Delta t} \int_0^{\bar{\xi}} \int_0^{a_{\max}} \varphi(a, \xi, t) \left[ \frac{\partial}{\partial t} N^p + \frac{\partial}{\partial a} N^p + g \frac{\partial}{\partial \xi} N^p \right] da d\xi dt = 0$$

и в силу того, что

$$\begin{aligned} & \int \int \varphi N^p \Big|_t^{t+\Delta t} da d\xi - \int_t^{t+\Delta t} \int N^p \frac{\partial \varphi}{\partial t} dt d\xi da \\ & \int \int \int \varphi \frac{\partial N^p}{\partial a} da dt d\xi = \int_t^{t+\Delta t} \int_0^{\bar{\xi}} \varphi N^p \Big|_0^{a_{\max}} dt d\xi - \int \int \int N^p \frac{\partial \varphi}{\partial a} dt d\xi da = \\ & = \int_t^{t+\Delta t} \int_0^{\bar{\xi}_{\max}} \varphi N^p \Big|_{a_{\max}} dt d\xi - \int \int \int N^p \left[ \frac{\partial \varphi}{\partial a} + B_0(a) \varphi(0, \xi, t) \right] d\xi dt \\ & \int \int \int g \frac{\partial}{\partial \xi} N^p \varphi d\xi da dt = \int \int g N^p \varphi \Big|_0^{\bar{\xi}_{\max}} da dt - \int \int \int N^p \frac{\partial}{\partial \xi} (g \varphi) d\xi da dt \end{aligned}$$

то получим

$$- \int_t^{t+\Delta t} \int_0^{\bar{\xi}_{\max}} \int_0^{\bar{\xi}} \left[ \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial \varphi}{\partial a} + \frac{\partial}{\partial \xi} (g \varphi) + B_0(a) \varphi(0, \xi, t) \pm \delta \varphi \right] N^p da d\xi dt +$$

$$+ \int_0^{a_{\max}} \int_0^{\bar{\xi}} \varphi N^p \Big|_t^{t+\Delta t} da d\xi - \int_t^{t+\Delta t} \int_0^{\bar{\xi}} \varphi N^p \Big|_{a=a_{\max}}^0 d\xi dt + \int_t^{t+\Delta t} \int_0^{a_{\max}} g N^p \varphi \Big|_0^{\bar{\xi}} da dt = 0$$

Потребуем, что

$$\varphi \Big|_{a=a_{\max}} = 0, \quad \varphi \Big|_{\xi=0} = 0, \quad N^p \Big|_{\xi=\bar{\xi}} = 0$$

Тогда для определения модели потенциала трудовых ресурсов имеем:

$$\begin{cases} \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial \varphi}{\partial a} + \frac{\partial}{\partial \xi} (g\varphi) = -[\delta - pD_0(a)]\varphi - B_0(a)\varphi(0, \xi, t) \\ \varphi \Big|_{a_{\max}} = 0, \quad \varphi \Big|_{\xi=0} = 0, \quad \varphi \Big|_{t=t+\Delta t} = 0 \end{cases}$$

$$\frac{dL^p}{dt} = \delta L^p, \quad L^p(t) = \int_0^{a_{\max}} \int_0^{\bar{\xi}} \varphi N^p da d\xi$$

Теперь рассмотрим пример.

$$\frac{\partial \varphi}{\partial a} + g \frac{\partial \varphi}{\partial \xi} = -(\delta - pD_0(a))\varphi - B_0(a)\varphi(0, \xi), \quad \text{легко видеть, что}$$

$$\varphi(a, \xi) = \int_a^{a_{\max}} B_0(\xi) e^{-p \int_{\xi}^{\bar{\xi}} D_0(\eta') d\eta' - \delta(\xi - (a - \eta))g} \varphi\left(0, a - \frac{1}{g}\xi + \eta\right) d\eta$$

где  $\int_0^{\infty} B(a) e^{-\delta a} da = 1$ ,  $\varphi \neq 0$  и  $\frac{d\xi}{dt} = u$ ,  $|u| \leq 1$  Из модели для определения потенциала получим

$$\int \varphi^2(a, \xi) \Big|_0^{a_{\max}} d\xi + \int g \varphi^2 \Big|_0^{\bar{\xi}} da + 2 \int \int (\delta - pD_0(a)) \varphi^2 d\xi da = -2 \int \int B_0(a) \varphi(a, \xi) \varphi(0, \xi) d\xi da$$

Так как  $\int_0^{\infty} B(a) da = 1$ ,  $\delta_{\max} = 0$ ,  $u = \begin{cases} 1, & t = 1.. \\ 0, & t \neq 1 \end{cases}$  то

$$0 \leq \int_0^{a_{\max}} g \varphi^2 \Big|_{\xi} da = 2p \int_0^{a_{\max}} \int_0^{\bar{\xi}} D_0(a) \varphi^2 da d\xi - 2 \int \int B_0(a) \varphi(a, \xi) \varphi(0, \xi) da d\xi$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Юнуси М. Введение в модельную экономику / М. Юнуси. – Душанбе: ТГНУ, 2001. –С.37.
2. Yunusi M. Tajikistan by 2000 and some integration question, modeling of global economy: the book: Globalization of Economy / M. Yunusi. // The 8-th International Congress of PWPA Seoul, Korea, February 10-14, 2000, p.136 – 139. See also: Preprint of the some title, Seoul, 2000. -P.15.
3. М. Yunusi. On the general economic model with regard to workers age. кн. проблемы компьютеризации учебного процесса / М. Yunusi. -Душанбе:, 1997. -С. 19.



4. M. Yunusi. Workers potential function and its applications: the book abstracts, edinburgh./ M. Yunusi. –Scotland: July 5-9, 1999, (ICIAM 2000), -С.330

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОТЕНЦИАЛА ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ  
ФАКТОРА ОБРАЗОВАННОСТИ**

Работа посвящена построению модели потенциала трудовых ресурсов с учетом фактора образованности.

**Ключевые слова:** трудовые ресурсы, модель потенциала трудовых ресурсов, кадровые потребности работодателей, профессиональное образование, переподготовка кадров, фактор образованности.

**INVESTIGATE MODEL OF LABOR RESOURCE POTENTIAL, TAKING INTO ACCOUNT  
THE FACTOR OF EDUCATION**

The Present work is devoted to the construction model of the potential of manpower, taking into account the factor of education.

**Key words:** human resources, model of manpower potential staffing needs of employers, professional education, retraining of personnel, the factor of education.

**Сведения об авторах:** *М.К. Юнуси* – д.ф.м.н., профессор кафедры информатики Таджикского национального университета. Телефон: (+992) 918-21-99-90; mail: [m@yunusi.ru](mailto:m@yunusi.ru)

*М.А. Югай* – кандидат экономических наук, доцент кафедры информатики ТНУ. Телефон: (+992) 918-44-33-56

## ФИЗИКА ВА ТЕХНИКА

### НЕКОТОРЫЕ КОЛЛЕКТИВНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ

*Х.О. Абдуллоев, Х.Р. Шарипов, Ф.К.Рахимов*  
Таджикский национальный университет

Как известно, молекулярные кристаллы содержат обширный класс твердых тел, у которых энергия внутримолекулярных связей существенно больше энергии межмолекулярных взаимодействий. Отсюда и молекулы в молекулярных кристаллах характеризуются некоторой особенностью.

Молекулярные кристаллы образуют почти все органические соединения, за исключением солей органических оснований, к молекулярным кристаллам относятся кристаллы, образованные из атомов инертных газов [1-4].

Следует отметить, что в кристалле, в отличие от газа, молекулы расположены в определенном порядке близко друг от друга.

Среди молекулярных кристаллов особое место занимают кристаллы, образованные ароматическими анизотропными молекулами бензола, нафталина, антрацена и другие.

Для простоты рассмотрим модель идеального кристалла, содержащую по одной молекуле в элементарной ячейке, и учтем только одну нижайшую экситонную зону, соответствующую изолированному внутримолекулярному возбуждению молекул. Эта модель позволит исследовать основные особенности взаимодействия экситонов с фононами колебаний решетки.

В нулевом приближении гамильтониан кристалла можно записать в виде

$$H(r) = H_{ex}(r) + U(r) \quad (1),$$

где  $V(r)$  – оператор потенциальной энергии взаимодействия являющейся функцией от  $r$  в основном электронном состоянии.

В нижайшем уровне, когда  $r=r_0$ ,  $V(r)$  в виде ряда имеет вид:

$$U_{n_0}(r) = U_{n_0}(r_0) + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 U_{n_0}(r)}{\partial r^2} \right) (r - r_0)^2 + \dots \quad (2)$$

При переходе электронов в возбужденное состояние  $r_1$

$$U_{n_1}(r) = U_{n_1}(r_1) + \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial^2 U_{n_1}(r_1)}{\partial r^2} \right] (r - r_1)^2 + \dots \quad (3)$$

Что касается  $H_{ex}(r)$  - оператор энергии внутримолекулярных возбуждений в кристалле.

В узелном представлении оператор возбуждения кристалла, соответствующий изолированному внутримолекулярному возбуждению с энергией  $\Delta\varepsilon$ , можем написать в виде

$$H_{ex}(r) = \sum_i (\Delta\varepsilon + d_i(r)) b_i^+ b_i + \sum_{i,j} J_{ij}(r) b_i^+ b_j \quad (4)$$

где  $d_i(r)$  - характеризует изменение энергии взаимодействия молекулы  $i$  с окружающими ее молекулами при ее возбуждении.

Однако, чем больше  $d_i(r)$ , тем больше склонность к деформации решетки в области возбуждений молекулы. Если решетки в кристалле жесткие, то в кристалле образуются

экситонные состояния без деформации решетки. В таком случае следует отметить два приближенных случая.

Первый – слабое взаимодействие экситонов с фононами. В этом случае кристалл переходит в возбужденное состояние без изменения равновесных положений молекул. Рождаются и поглощаются фононы колебаний решетки, практически как кристаллы без экситонов.

Второй – сильное взаимодействие экситонов с фононами. В этом случае кристалл переходит в возбужденное состояние с деформацией всей решетки. В данном случае существенную роль играют многофононные процессы. В отдельных кристаллах при повышении температуры можно перейти от первого случая ко второму.

В случае электронного возбуждения кристалла, где не нарушаются условия симметричности кристалла, изменяется потенциальная энергия взаимодействия между молекулами, что может приводить к смещению равновесных положений. Что касается смещения равновесных положений молекул, оно изменяет электронное состояние. Отсюда следует найти самосогласованное состояние между коллективным электронным возбуждением и смещением равновесных положений кристалла, что приводит к описанию только с помощью нелинейных уравнений [4,5].

Гамильтониан электронного возбуждения в узлах кристаллической решетки можно написать в следующем виде:

$$H_{ex}(r) = \sum_i [\Delta\varepsilon + d_i(r)] b_i^+ b_i + \sum_{i,j} J_{ij}(\vec{r}_i - \vec{r}_j) b_i^+ b_j \quad (5)$$

где  $\Delta\varepsilon$  - энергия электронного возбуждения молекулы,  $J_{ij}$  – интеграл взаимодействия или изменение энергии статистического взаимодействия молекул кристалла,  $b_i^+, b_j$  - операторы рождения и уничтожения электронного возбуждения молекул.

Движение молекул массы  $m$  вдоль кристалла будем рассматривать классически. Кинетическая энергия

$$T = \frac{m}{2} \sum_i \left( \frac{dr_i}{dt} \right)^2 \quad (6)$$

Потенциальная энергия в приближении ближайших узлов кристаллической решетки имеет вид:

$$U = \sum_i U(r_i) \quad (7)$$

где  $r_i = |r_{i+1} - r_i|$  – расстояния между ближайшими молекулами взаимодействия.

В основном состоянии  $|0\rangle$  условия минимума потенциальной энергии определяются

$$\left( \frac{\partial U(r_i)}{\partial r_i} \right)_{r_i=0} = 0$$

При наличии внутримолекулярного взаимодействия  $|\psi\rangle$  межмолекулярные расстояния  $r_i$  отличаются от  $a$ , т.е. от постоянной решетки на величину  $\rho_i$ :

$$r_i = a - \rho_i, \quad |\rho_i| < a \quad (8)$$

Потенциальная энергия (7) изменяется в следующем виде:

$$\Delta U = \sum_i [U(r_i) - U(a)] = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 U(r_i)}{\partial r_i^2} \Big|_{r_i=a} \cdot \sum_i \rho_i^2 \quad (9)$$

Соответственно, можем написать кинетическую энергию (6) в переменных  $\rho_i$  в следующем виде:

$$T = \frac{m}{2} \sum_i (\dot{\rho}_i)^2 \quad (10)$$

Аналогичным образом можем написать гамильтониан электронного возбуждения (5) в приближении ближайших соседей от переменной  $\rho_i$  в виде выражения:

$$H_{ex}(\rho_i) = \sum_i [\Delta\varepsilon - (1 + S \cdot \rho_i(a)d)] b_i^+ b_i + J_0 [b_i^+ b_{i+1} + b_{i+1}^+ b_i] \quad (11)$$

Здесь мы использовали разложение и ограничивались нижней степенью  $d$ .

$$d_{i-1}(r_{i-1}) + d_{i+1}(r_i) = - \left(1 + \frac{S \cdot \rho_i}{a}\right) d \quad (12)$$

Рассмотрим состояние кристаллов, описываемых функцией

$$\Psi(t) = \sum_i a_i(t) b_i^+ |0\rangle, \quad \sum_i |a_i(t)|^2 = 1 \quad (13)$$

где,  $a_i(t)$  - определяет вероятность распределения возбуждения в кристалле.

Усредняя гамильтониан (11) по функциям (13), в некоторый фиксированный момент имеем:

$$\langle \Psi(t) | \hat{H}_{ex} | \Psi(t) \rangle = \sum_i \{ [\Delta\varepsilon - (1 + S\rho_i(a)d)] a_i^+(t) a_i(t) - J_{i,i+1} [a_i^+(t) a_{i+1}(t) + a_{i+1}^+(t) a_i(t)] \} \quad (14)$$

Однако, для нахождения  $a_i(t)$ , определяющей состояние электронов, нужно решить уравнение Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi \quad (15)$$

$$\hat{H} = \hat{H}_{el} = \hat{H}_{вз} \quad (16)$$

где

$$\hat{H}_{el}(\rho_i^{(0)}) = \sum_i \{ [\Delta\varepsilon - d - g|a_i(t)|^2] a_i^+ a_i - J_{i,i+1} (a_i^+ a_{i+1} + a_{i+1}^+ a_i) \}$$

и дополнительный член появляющийся за счет энергетического взаимодействия в электронном возбуждении

$$\hat{H}_{вз} = U(\rho_i^{(0)}) + T(\rho_i^{(0)}) = \frac{1}{2} \sum_i \left\{ f \left[ \sum_i \frac{d}{dt} |a_i(t)|^2 \right]^2 + g |a_i(t)|^4 \right\} = E \quad (17)$$

где

$$g = \frac{S^2 d^2}{2\kappa a^2}, \quad f = \frac{mg}{2\kappa}$$

$\kappa$  - это жесткость решетки, и при увеличении жесткости  $\kappa \rightarrow \infty$  обе величины  $g$  и  $f$  обращаются в нуль.

После постановки значений выражений (16) и (17) в соотношении (15) получим уравнение:

$$\sum_i \left\{ -i\hbar \frac{\partial}{\partial t} a_i(t) + [\Delta\varepsilon - d - E] a_i(t) - J_0 [a_{i+1}(t) + a_{i-1}(t)] - g |a_i(t)|^2 a_i(t) \right\} b_i^+ |0\rangle = 0$$

В случае ортогональности системы и независимости от  $b_i^+ |0\rangle$  из этого уравнения, следует выражение для определения  $a_i(t)$  [6]:

$$i\hbar \frac{\partial a_i(t)}{\partial t} + J_0[a_{i+1}(t) + a_{i-1}(t)] - [\Delta\varepsilon - d - E]a_i(t) + g|a_i(t)|^2 a_i(t) = 0 \quad (18)$$

Вводим безразмерные переменные  $\xi = \frac{r}{a}$ , и разлагая функцию  $\varphi$  по степеням  $\xi$ :

$$a_i(t) = \varphi(\xi, t); \quad \varphi(\xi + 1, t) = \varphi(\xi, t) + \frac{\partial \varphi(\xi, t)}{\partial \xi} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \varphi(\xi, t)}{\partial \xi^2} + \dots$$

или

$$\varphi(\xi + 1, t) + \varphi(\xi - 1, t) = 2\varphi(\xi, t) + \frac{\partial^2 \varphi(\xi, t)}{\partial \xi^2}$$

Тогда уравнение (18) преобразуется к нелинейному уравнению вида

$$i\hbar \frac{\partial \varphi}{\partial t} + J_0 \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \xi^2} - \lambda \varphi + g|\varphi|^2 \cdot \varphi = 0 \quad (19)$$

где коэффициенты  $J_0$  и  $g$  определены ранее в тексте, что касается  $\lambda$  оно равно

$$\lambda = \Delta\varepsilon - d + 2J_0 + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ f \left[ \int_{-\infty}^{\infty} d\xi \frac{\partial}{\partial t} |\varphi(\xi, t)|^2 \right]^2 + g \cdot \varphi(\xi, t) \right\} \quad (20)$$

Решая уравнение (19), мы получим его солитонное решение для значения  $\xi_0$  и отличности от нуля скорости  $V \geq 0$  в виде:

$$\varphi(\xi, t) = \frac{\sqrt{\frac{\mu}{2}} \exp \left\{ i \left[ \frac{\hbar v}{2J_0} (\xi - \xi_0) - \Omega t \right] \right\}}{ch[\mu(\xi - \xi_0 - v \cdot t)]} \quad (21)$$

$$\text{Где } \mu = \frac{g}{4J_0} = \frac{s^2 d}{8\kappa a^2 J_0},$$

$$\hbar\Omega = \Delta\varepsilon - d - 2J_0 - \frac{g}{48J_0} + \frac{M^* a^2 V^2}{2} \quad (22)$$

$$M^* = m_0^* + m_\alpha^* = \frac{\hbar^2 + gf/6}{2J_0 a^2}$$

Это и есть эффективная масса возбуждения движущегося в кристалле со скоростью  $V = av$ ,  $m_0^* = \hbar/2J_0 a^2$ . Эффективная масса возбуждения в кристалле с жестко закрепленными молекулами,  $m_\alpha^* = mg^2/24J_0 a^2$  – дополнительная эффективная масса, обусловленная деформацией кристалла в области возбуждения. Настоящая масса прямо пропорциональна массе молекул ( $m$ ) и обратно пропорциональна резонансному взаимодействию ( $J_0$ ) и кубу коэффициента жесткости кристалла ( $\kappa$ ). При увеличении жесткости  $\kappa \rightarrow \infty$  дополнительная эффективная масса стремится к нулю.

Каждому значению скорости движения  $v$  соответствует энергия возбуждения  $\Omega$  определяемая в (22). Если в (22) положить

$$\frac{g}{48J_0} < \frac{M^* a^2 v^2}{2}$$

Отсюда можно определить скорость возбуждения, т.е.:

$$a \cdot v < \sqrt{g^2/(24M^*J_0)}$$

Используя характерное положение равновесия молекул в кристалле

$$\rho_i(t) = \frac{Sd}{2\kappa a} \cdot |a_i(t)|^2$$

мы найдем, что в данной области возбуждения равновесия расстояния между молекулами уменьшаются на величину

$$\rho(\xi, t) = \frac{\mu\sqrt{g/2\kappa}}{2ch^2[\mu(\xi - \xi_0 - v \cdot t)]} \quad (23)$$

где  $\mu$  - определено выражением (22).

Возбуждения одномерных кристаллов, определяемые функциями (21) не расплываются, а сохраняют свою форму с течением времени. Поэтому такие возбуждения в одномерных кристаллах можно назвать частицеподобными экситонами или солитонами.

Локальная деформация одномерного кристалла, перемещающаяся вдоль кристалла вместе с возбуждением, играет существенную роль в некоторых биологических процессах. Белковые молекулы, входящие в состав живых организмов, часто имеют очень длинные  $\alpha$ -спиральные белковые участки, в которых повторяются пептидные группы атомов. Внутримолекулярные возбуждения пептидных групп обладают значительным электрическим моментом перехода. Поэтому соответствующие им молекулярные возбуждения должны иметь характер солитонов, перемещающиеся вдоль молекулы вместе с локальной деформацией.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов А.С. Теория молекулярных экситонов / А.С. Давыдов. - М.: «Наука», 1968. – 287с.
2. Ахиезер А.И. Спиновые волны / А.И. Ахиезер [и др.]. -М.: «Наука», 1967. -388с.
3. Силин В.П. Колебания вырожденной электронной жидкости / В.П. Силин. ЖЭТФ, 1958. 35, 1243.
4. Абдуллоев Х.О. Солитоноподобные решения уравнений описывающих экситоны в одномерных молекулярных кристаллах / Х.О. Абдуллоев, Х.Р. Шарипов // Вестник ТНУ, 2008. –С.63-67.
5. Абдуллоев Х.О. Уравнения движения солитонных возбуждений и одномерные модели поляронных кристаллов / Х.О. Абдуллоев, Х.Р. Шарипов // Вестник ТНУ, 2011. –С. 47-50.
6. Абдуллоев Х.О. К вопросу о построении нелинейного уравнения с самосогласованным потенциалом / Х.О. Абдуллоев, Х.Р. Шарипов // Вестник ТНУ. Серия естественных наук, №1, 2009. –С.98-103.

#### НЕКОТОРЫЕ КОЛЛЕКТИВНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ

В настоящей работе для модели простого молекулярного кристалла, предлагаются основные особенности взаимодействия экситонов с фононами. Показано, что возбуждение в одномерных молекулярных кристаллах можно назвать частицеподобными или солитонами.

**Ключевые слова:** молекулярные кристаллы, элементарная ячейка, взаимодействие экситонов с фононами, внутримолекулярные, возбуждение молекул.

#### SOME COLLECTIVE INTERACTION IN MOLECULAR CRYSTALS

In the Present work a simple model of a molecular crystal, offers the basic features of exciton-phonon interaction. It is shown that the excitation in one-dimensional molecular crystals can be called a particle-or solitons.

**Key words:** molecular crystals, the elementary cell, the interaction of excitons with phonons, intramolecular, excitation of the molecules.

**Сведения об авторах:** *Х.О. Абдуллоев* – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики ТНУ. Телефоны: (992) 987 142019, 2606271

*Х.Р. Шарипов* – системный администратор ТНУ.; E-mail: [fitrat@inbox.ru](mailto:fitrat@inbox.ru)

*Ф.К.Рахимов*- доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики ТНУ. Телефон: 907-50-90-52

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ В ВОДАХ НЕКОТОРЫХ ЛЕЧЕБНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТАДЖИКИСТАНА

*С. Шухиев, Б.И. Махсудов*  
Таджикский национальный университет

Естественные радиоактивные ядра по их происхождению подразделяются на три группы.

1. Ядра возникновение которых связано с их синтезом при образовании Солнечной системы составляют первую группу [1]. К ним относятся уран-238, уран-235, торий-232, калий-40, рубидий-87, лантан-138, самарий-147, лютеций-176 и некоторые редкоземельные элементы.

2. Продукты самопроизвольного распада или деления ядер первой группы, по общности их генезиса, могут быть выделены во вторую группу радиоактивных ядер. Число радиоактивных изотопов этой группы достигает нескольких десятков.

3. Третью группу образуют радиоактивные ядра, которые возникают за счет внешних воздействий. К ним относятся продукты взаимодействия ядерно-активных частиц с атмосферой, водами и горными породами, (триций, бериллий-7, углерод-14, хлор-17, возникающие при взаимодействии с космическими лучами высокой энергии).

Уран при разрушении горных пород транспортируется либо с частицами обломочного материала, либо переходит под действием поверхностных и грунтовых вод в растворы и в форме преимущественно карбонатных соединений мигрирует в бассейн осадконакопления. В последнем случае ураном обогащаются глубоководные отложения.

Концентрация урана и тория в водах в  $10^3$ - $10^4$  раз меньше, чем в горных породах и почвах. Внутри радиоактивных рядов имеется резкий сдвиг равновесия между материнскими и дочерними продуктами. Часто уран преобладает над радием и в континентальных водах наблюдается значительный избыток радона по сравнению с радием [2,3]. В замкнутых водоёмах, при дефиците атмосферных осадков, концентрация урана может возрасти до  $10^{-6}$ - $10^{-5}\%$  [4].

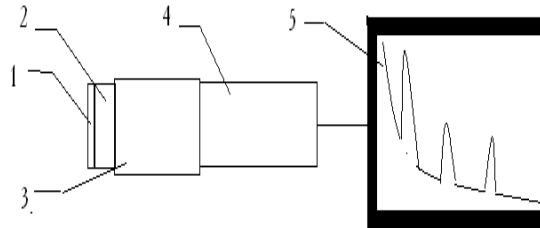
Содержание радиоактивных элементов в морской воде изменяется по глубине. Концентрация радия в поверхностных слоях колеблется в пределах  $(0,5 \div 0,9) \cdot 10^{-14}\%$  ( $0,5$ - $0,9$ ) $\cdot 10^{-13}$  кг/м<sup>3</sup>, спадает до  $(0,1-0,2) \cdot 10^{-14}\%$  ( $0,1-0,2$ ) $\cdot 10^{-13}$  кг/м<sup>3</sup> на глубине 500 м. и затем вновь увеличивается, достигая в придонном слое значений  $(1 \div 1,8) \cdot 10^{-14}\%$  ( $1-1,8$ ) $\cdot 10^{-13}$  кг/м<sup>3</sup> [5]. Как видно количество радиоактивных изотопов в континентальных водах преобладает над морскими. Логично предполагать, что в подземных водах и горных реках количество радиоактивных изотопов должно быть ещё больше.

Настоящая работа посвящена определению состава и концентрации радиоактивных изотопов вод лечебных источников Чилучорчашма и Шаамбары методом гамма-спектрометрии.

Как известно, многие радиоактивные изотопы испускают гамма-излучение. Ядра при переходе из возбужденного в основное состояние, в зависимости от энергии перехода, излучают монохроматические электромагнитные волны различной длины. В таких случаях энергетические линии могут находиться близко и для их разрешения необходимо иметь гамма спектрометр с хорошей разрешающей способностью. Поэтому для определения состава радиоактивных изотопов лечебных вод нами был использован

высококчувствительный сцинтиляционный гамма-спектрометр (рис.1) энергетическое разрешение которого на линии Cs-137 составляет 7%, а число каналов равно 2048.

Схема спектрометра изображена на рис.1.



Блок-схема спектрометра: 1-образец, 2-кристалл NaI(Tl); 4-электронный блок и кодировщик 5 компьютер

Рис.1. Схема сцинтиляционного гамма спектрометра. 1-образец 2-сцинтилятор: 3-ФЭУ: 4-электронный блок: 5-компьютер.

Для измерения энергетического спектра производили калибровку спектрометра, измеряли естественный фон, энергетический спектр и активность пробы. Автоматизированная система проводит обработку спектра, в процессе которого вычитает фон из общего спектра и выдает спектр того нуклида, который согласно алгоритму обрабатывается. При каждом измерении можно определить удельную активность 3 изучаемого нуклида.

На рис.2 показан аппаратурный спектр воды источника Чилучорчашма. Как видно, она состоит из 12 пиков, принадлежащих дочерним продуктам семейства урана в очень малых количествах. При сравнении аппаратурного гамма-спектра со справочными данными установлено, что в составе вод Чилучорчашма имеются свинец -214 и висмут-214. Из которых 4 первых пика принадлежат свинцу-214 и остальные 8 пиков висмуту 214.

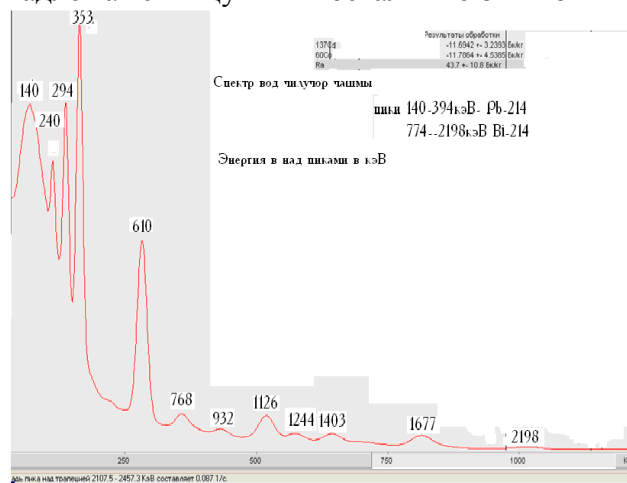


Рис. 2. Гамма- спектр воды источника Чилучорчашма

Из анализа результатов была определена удельная активность изотопов вод Чилучорчашмы, которая составляла: свинец-214 22+- 2,5бк/литр, висмут-214 3+-0,2б/литр.

Если известна активность изотопа (А) в Кюри, то массу нуклида можно определять по формуле [6],



$$m_{\mu} = 8.88 \cdot 10^{-14} \text{ м.Т.А.} \quad 1$$

где  $\mu$ - молярная масса в граммах; T-период полураспада (с);

Если активность измерена в Беккерелях, то коэффициент в (1) будет другой

$$m_{\mu} = 2,3976 \cdot 10^{-24} \text{ м.Т.А.} \quad 2$$

Концентрация радионуклидов в воде определяется по следующему соотношению

$$C = (m_{\mu}/m) \cdot 100\% \quad 3$$

где m- масса образца.

По данным активности определяли массу и концентрацию изотопов в одном литре воды, которые составляют для вод Чилучорчашмы:.

$$\text{Свинец-214} \quad m_{\text{чч}} = 1,818 \cdot 10^{-17} \text{ г/л} \quad C_{\text{чч}} = 1,818 \cdot 10^{-18}\%$$

$$\text{Висмут-214} \quad m_{\text{чч}} = 1,213 \cdot 10^{-18} \text{ г/л} \quad C_{\text{чч}} = 1,213 \cdot 10^{-19}\%$$

Масса и концентрация этих же изотопов, обнаружена в водах лечебного источника Шаамбары, (Рис.3) они имеют следующие значения:

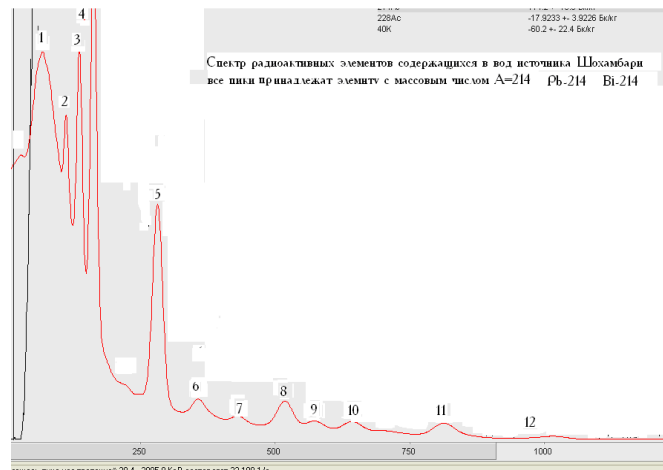


Рис. 3 Гамма-спектр воды лечебного источника «Шаамбары».

$$\text{Свинец-214} \quad m_{\text{ш}} = 3,053 \cdot 10^{-17} \text{ г/л} \quad m_{\text{ш}} = 3,053 \cdot 10^{-18}\%$$

$$\text{Висмут-214} \quad m_{\text{ш}} = 2,1226 \cdot 10^{-18} \text{ г/л} \quad m_{\text{ш}} = 2,12 \cdot 10^{-19}\%$$

Анализ полученных данных показывает, что состав радиоактивных изотопов обоих источников одинаков, однако, концентрация этих изотопов в источнике «Чилучорчашма» меньше, чем в источнике «Шаамбары». Приведённые концентрации радиоактивных элементов указанных источников имеют существенно низкие предельно - допустимые концентрации радиоактивных элементов в составе воды [7].

**Таблица 1. Предельно допустимая концентрация радиоактивных веществ в окружающей среде**

№ п/п	Бета и гамма излучатели	Концентрации Кюри / л	
		вода	Воздух рабочих помещений
1	$^3\text{H}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-8}$
2	$^{14}\text{C}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-9}$
3	$^{24}\text{Na}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-10}$
4	$^{32}\text{P}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-10}$
5	$^{45}\text{Ca}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-11}$
6	$^{60}\text{Co}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-11}$
7	$^{89}\text{Sr}$	$5 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-11}$

8	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	$5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-12}$
9	$^{91}\text{Y}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-11}$
10	$^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-10}$
11	$^{131}\text{J}$	$5 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-12}$
12	$^{137}\text{Cs} + ^{137}\text{Ba}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-10}$
13	$^{198}\text{Au}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-10}$
14	$^{234}\text{Th} + ^{234}\text{Pa}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-11}$
15	Осколочные бета и гамма смеси неизвестного состава	$5 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-12}$
16	$^{210}\text{Po}$	$5 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-14}$
17	$^{232}\text{Rh}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-11}$
19	$^{234}\text{Ra}$	$5 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-14}$
19	Th естественный	$1 \cdot 10^{-11}$	$5 \cdot 10^{-15}$
20	U естественный	$5 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-14}$

Результаты проведенных измерений показывают, что ядерно-спектрометрический метод может успешно применяться при определении малых концентраций нуклидов в воде. Весьма перспективным является применение этой методики с использованием автоматизированных систем для определения состава и концентрации радиоактивных изотопов горных пород, почвы и снежного покрова.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коган Р.М. Основы гамма-спектрометрии природных сред / Р.М. Коган, И.М. Назаров и др. -М.: Атомиздат, 1969. -46с.
2. Баранов В.И. Радиометрия / В.И. Баранов. -М.: Издательство АН СССР, 1966.
3. Адамс Дж. Ядерная геофизика / Дж. Адамс. -М.: Мир, 1964.
4. Виноградов А.П. Геохимия / А.П. Виноградов, 1962 №7, -555с.
5. Руководство по эксплуатации и обработке спектра и определение изотопного состава пищевых продуктов. - М.: 2007.
6. Карякин Н.И. Краткий справочник по физике / Н.И. Карякин [и др.]. -Москва: Высшая школа, 1962. -С. 457.
7. Атомная энергия. Краткая энциклопедия. -Москва: 1958г. -С. 192.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ В ВОДАХ НЕКОТОРЫХ ЛЕЧЕБНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТАДЖИКИСТАНА

Измерение радиации вод и определение их радионуклидного состава выполняют разными методами. Одним из самых распространенных является гамма спектрометрия. В этой работе были исследованы нуклидный состав и их концентрация в водах двух лечебных источников «Чилучор чашма» и «Шаамбары».

Результаты исследования показали, что оба источника содержат радионуклиды висмут -214 и свинец-214 в незначительном количестве намного меньше, чем предельно допустимые концентрации радио нуклидов в составе вод. Результаты приведены на рис: 2-3. Преимущество данной методики состоит в том, что по этой методике удастся определить очень малое количество радиации, концентрации и энергии нуклидов по их энергетическому спектру.

**Ключевые слова:** вода спектр, нуклид, спектрометр, активность, радиация, гамма, Чилучор чашма, Шаамбари.

#### DETERMINATION OF THE RADIOACTIVE ISOTOPE, MASS AND CONCENTRATIONS OF WATER OF SOME MEDICAL SOURCES TADZHIKISTANA

The Measurement radiation water and determination her(its) radio nucleus composition execute the different methods. One of the most wide-spread is a gamma spectrometers. In this work were explored nucleus composition and their concentration in water two medical sources "CHiluchor chashma" and "SHAambari".

The research's results have shown that both sources to contain radio nucleus bismuth -214 and svinec-214 in scant fews on much less than at most possible concentration radio nucler in composition of water. The Results are brought on pictures 2-3. The Advantage given methodses consists in that that on this methods manages to define very small amount to radiation, concentrations and energy nucler upon their energy spectrum.

**Key words:** water, spectrum, nucler, spectrometer, activity, radiation, gamma, CHiluchor chashma, SHambari.

**Сведения об авторах:** *С. Шухиев* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры ядерной физики Таджикского национального университета. Телефон: **904-45-16-29**

*Б.И. Махсудов* - кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра ядерной физики Таджикского национального университета. Телефон: **907-74-33-83**

## НЕЛИНЕЙНЫЙ ФОТОАКУСТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК В ДВУХСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦАХ С ОБЪЕМНЫМ ПОГЛОЩЕНИЕМ ОБОИХ СЛОЕВ: II. ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ФОТОАКУСТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

*Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев, Ф.Х.Хакимов, Ф.К.Рахимов*

**Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета**

В [1] была предложена математическая модель описания нелинейного фотоакустического (ФА) отклика двухслойными твердотельными образцами с объемным поглощением, обусловленного температурной зависимостью теплофизических и оптических параметров среды. Как правило, первым шагом для решения сформулированной проблемы является исследование особенностей формирования стационарного поля температуры в ФА-камере, что и является целью настоящей работы.

Исходим из следующей системы дифференциальных уравнений для поля температуры в буферном газе (g), первом слое (s1), втором слое (s2) и подложке (b):

$$\frac{d}{dx}(\kappa_g(T_g) \frac{dT_g}{dx}) = 0, \quad 0 \leq x \leq l_g, \quad (1)$$

$$\frac{d}{dx}[k_{s(1)}(T) \frac{dT_{s(1)}}{dx}] + 0.5I_0\beta_1 A_{s(1)}(T)e^{\beta_1 x} = 0, \quad -l_{s(1)} \leq x \leq 0, \quad (2)$$

$$\frac{d}{dx}[k_{s(2)}(T) \frac{dT_{s(2)}}{dx}] + 0.5I_0\beta_2 A_{s(2)}(T)(1 - R_{s(1)}(T))E_{01}e^{\beta_1(x+l_1)}, \quad -(l_{s(1)} + l_{s(2)}) \leq x \leq -l_{s(1)}, \quad (3)$$

$$\frac{d}{dx}(\kappa_b(T_b) \frac{dT_b}{dx}) = 0, \quad -(l_b + l_{s(1)} + l_{s(2)}) \leq x \leq -l_{s(1)} - l_{s(2)}, \quad (4)$$

где  $E_{01} = \exp(-\beta_1 l_1)$ . Как и ранее [2-7], температурную зависимость коэффициента теплопроводности  $\kappa_{pi}(T_i)$ , поглощательную способность  $A_{s(i)}(T)$  и коэффициент отражения луча от соответствующих слоев  $R_{s(i)}(T)$  примем в следующем виде:  $\kappa_i = \kappa_i^{(0)}(1 + \delta_{2i}T_i)$ ,  $A_{s(i)}(T) = A_{s(i)}^{(0)}(1 + \delta_{3s(i)}T_i)$ ,  $(1 - R_{1s(1)}) = (1 - R_{1s(1)})^{(0)}(1 + \delta_{4(1)}T_{s(1)})$ , где  $\kappa_i^{(0)} = \kappa(T_0)$ ,  $A^{(0)} = A(T_0)$ ,  $(1 - R_{1s(1)})^{(0)}$  - начальные значения, а  $\delta_{2i} = (1/\kappa_i^{(0)})(\partial\kappa_i/\partial T)$ ,  $\delta_3 = (1/A^{(0)})(\partial A/\partial T)$ ,  $\delta_4 = (1/(1 - R_{1s(1)})^{(0)})(\partial(1 - R_{1s(1)})/\partial T)$  - термические коэффициенты этих параметров. В дальнейшем пренебрегаем величиной  $\delta_4$ , поскольку она на несколько порядков меньше по сравнению с  $\delta_2$  и  $\delta_3$ . Тогда подставляя  $T_i(x) = T_0 + T_{0i}(x)$  в (1)-(4), где  $T_0$  - начальное значение температуры ФА-камеры, для возмущения температуры  $T_{0i}(x)$  в соответствующих слоях получим следующую систему:

$$\frac{d}{dx} \left[ \frac{dT_{0g}(x)}{dx} + 0.5\delta_{2g} \frac{dT_{0g}^2(x)}{dx} \right] = 0, \quad (5)$$

$$k_{S(1)}^{(0)} \frac{d}{dx} \left[ \frac{dT_{0S(1)}(x)}{dx} + 0.5\delta_{2S(1)} \frac{dT_{0S(1)}^2(x)}{dx} \right] + 0.5I_0 A_{S(1)}^{(0)} \beta_1 (1 + \Theta_0 \delta_{3S(1)}) e^{x\beta_1} = 0, \quad (6)$$

$$k_{S(2)}^{(0)} \frac{d}{dx} \left[ \frac{dT_{0S(2)}(x)}{dx} + 0.5\delta_{2S(2)} \frac{dT_{0S(2)}^2(x)}{dx} \right] + 0.5I_0 A_{S(2)}^{(0)} \beta_2 (1 + W_{01} \delta_{3S(2)}) (1 - R_{S(1)})^{(0)} E_{01} e^{\beta_1(x+l_1)} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{d}{dx} \left[ \frac{dT_{0b}(x)}{dx} + 0.5\delta_{2b} \frac{dT_{0b}^2(x)}{dx} \right] = 0, \quad (8)$$

где  $\Theta_0$  и  $W_{01}$  -приращения температур на границах между буферным газом и первым слоем.

Для рассматриваемого случая восемь граничных условий - условия непрерывности температур и потоков тепла на границах газ-первый слой образца ( $x = 0$ ), первый слой - второй слой ( $x = -l_{S(1)}$ ), второй слой- подложка ( $x = -(l_{S1} + l_{S2})$ ) и отсутствие нагрева на торцах ФА - камеры имеют вид

$$T_{0g}(l_g) = 0; \quad T_{0b}[-(l_b + l_{S(1)} + l_{S(2)})] = 0; \quad T_{0g}(0) = T_{0S(1)}(0) = \Theta_0; \quad (9)$$

$$T_{0S(1)}(-l_{S(1)}) = T_{0S(2)}(-l_{S(1)}) = W_{01}; \quad T_{0S(2)}(-l_{S(1)} - l_{S(2)}) = T_{0b}(-l_{S(1)} - l_{S(2)}) = W_{02}; \quad (10)$$

$$[k_{S(1)}(T_{S(1)}) \frac{dT_{0S(1)}}{dx}]_{x=0} = [k_g(T_g) \frac{dT_{0g}}{dx}]_{x=0}; \quad (11)$$

$$[k_{S(1)}(T_{S(1)}) \frac{dT_{0S(1)}}{dx}]_{x=-l_{S(1)}} = [k_{S(2)}(T_{S(2)}) \frac{dT_{0S(2)}}{dx}]_{x=-l_{S(1)}}; \quad (12)$$

$$[k_{S(2)}(T_{S(2)}) \frac{dT_{0S(2)}}{dx}]_{x=-(l_{S(1)}+l_{S(2)})} = [k_b(T'_b) \frac{dT_{0b}}{dx}]_{x=-(l_{S(1)}+l_{S(2)})}. \quad (13)$$

Используя обозначение  $T_i(x) = \delta_{2i}^{-1} g_i(x)$ , решения вышеприведенных дифференциальных уравнений, подчиняющихся граничным условиям (9)-(10), можно написать в виде

$$g_g(x) = [1 + \delta_{2g} \Theta_0 (2 + \delta_{2g} \Theta_0) (1 - \frac{x}{l_g})^{\frac{1}{2}} - 1, \quad (14)$$

$$g_{S(1)}(x) = [1 + \delta_{2S(1)} \{ (2\Theta_0 + \delta_{2S(1)} \Theta_0^2) (\frac{x}{l_1} + 1) - \frac{x}{l_1} (2W_{01} + \delta_{2S(1)} W_{01}^2) + 2F_1 [1 + \frac{x}{l_1} - (e^{\beta_1^{(0)} x} + \frac{x}{l_1} E_{01})] \}]^{\frac{1}{2}} - 1, \quad (15)$$

$$g_{S(2)}(x) = \left[ \begin{aligned} &1 - 2\delta_{2S(2)} \{ F_2 [(E_{02} - \frac{l_1 + l_2}{l_1}) \frac{l_1}{l_2} - \frac{x}{l_2} (1 - E_{02}) + e^{\beta_2^{(0)}(x+l_1)}] - \\ &-\frac{1}{l_2} [(W_{01} + 0.5\delta_{2S(2)} W_{01}^2)(x + l_1 + l_2) - (W_{02} + 0.5\delta_{2S(2)} W_{02}^2)(x + l_1)] \} \end{aligned} \right]^{\frac{1}{2}} - 1, \quad (16)$$

$$g_b = [1 + W_{02} \delta_{2b} (2 + \delta_{2b} W_{02}) (1 + \frac{x + l_1 + l_2}{l_b})^{\frac{1}{2}} - 1. \quad (17)$$

В вышеприведенных выражениях  $W_{02}$  -температура на границе между вторым слоем и подложкой,  $E_{02} = \exp(-\beta_2 l_2)$ ,

$$F_1 = \frac{I_0 A_{S(1)}^{(0)} (1 + \Theta_0 \delta_{3S(1)})}{2k_{S(1)}^{(0)} \beta_1}, \quad F_2 = \frac{I_0 A_{S(2)}^{(0)} (1 + W_{01} \delta_{3S(2)}) (1 - R_{S(1)})^{(0)} E_{01}}{2k_{S(2)}^{(0)} \beta_2}.$$

Используя условия непрерывности потоков тепла - условия (11)-(13) на межслойных границах, получим следующую систему алгебраических уравнений для определения  $\Theta_0$ ,  $W_{01}$  и  $W_{02}$ :

$$\Theta_0^2 a_{11} + \Theta_0 a_{12} + W_{01}^2 a_{13} + W_{01} a_{14} + 2G = 0, \quad (18)$$

$$b_{11} \Theta_0^2 + \Theta_0 b_{12} + W_{01}^2 b_{13} + W_{01} b_{14} + W_{02}^2 b_{15} + W_{02} b_{16} + D = 0, \quad (19)$$

$$W_{01}^2 c_{11} + W_{01} c_{12} + W_{02}^2 c_{13} + W_{02} c_{14} + H_1 = 0. \quad (20)$$

Здесь использованы следующие обозначения:

$$a_{11} = (\delta_{2S(1)} + a_1 \delta_{2g}), \quad a_{12} = 2(1 + a_1 + G \delta_{3S(1)}), \quad a_{13} = -\delta_{2S(1)}, \quad a_{14} = -2, \quad b_{11} = \delta_{2S(1)},$$

$$b_{12} = 2 + a_2 D_1 \delta_{3S(1)}, \quad b_{13} = -(\delta_{2S(1)} + 0.5 a_2 \delta_{2S(2)}), \quad b_{14} = -(2 + a_2 + a_2 D_2 \delta_{3S(2)}), \quad b_{15} = 0.5 a_2 \delta_{2S(2)},$$

$$b_{16} = a_2, \quad c_{11} = \delta_{2S(2)}, \quad c_{12} = (a_3 H_1 \delta_{3S(2)} + 2), \quad c_{13} = -(\delta_{2S(2)} + a_3 \delta_{2b}), \quad c_{14} = -2(1 + a_3), \quad D = D_1 - D_2,$$

$$G = \frac{I_0 A_{S(1)}^{(0)}}{2k_{S(1)}^{(0)} \beta_1} [1 - \beta_1 l_1 - E_{01}], \quad a_1 = \frac{k_g^{(0)} l_1}{k_{S(1)}^{(0)} l_g}, \quad a_2 = \frac{k_{S(2)}^{(0)} l_1}{k_{S(1)}^{(0)} l_2}, \quad a_3 = \frac{k_b^{(0)} l_2}{k_{S(2)}^{(0)} l_b}, \quad D_1 = \frac{I_0 A_{S(1)}^{(0)} [1 - E_{01} (\beta_1 l_1 + 1)]}{k_{S(1)}^{(0)} \beta_1},$$

$$D_2 = \frac{I_0 A_{S(2)}^{(0)} a_2 (1 - R_{S(1)})^{(0)} [1 - E_{02} - \beta_2 l_2] E_{01}}{2k_{S(2)}^{(0)} \beta_2},$$

$$H_1 = \frac{I_0 A_{S(2)}^{(0)} (1 - R_{S(1)})^{(0)} [1 - E_{02} (1 + \beta_2 l_2)] E_{01}}{k_{S(2)}^{(0)} \beta_2}.$$

Очевидно, что нелинейная система уравнений (14)-(16) может быть решена только численно. Нами выполнено такое решение для случая, когда двухслойный твердотельный образец состоит из кварцевого стекла( $s_1$ )-сапфир( $s_2$ ), а подложкой является нержавеющая сталь. Теплофизические и геометрические параметры, необходимые для расчёта имеют следующие значения:  $k_{S(1)}^{(0)} = 1.36 \frac{Bm}{MK}$ ,  $k_{S(2)}^{(0)} = 46 \frac{Bm}{MK}$ ,  $k_b^{(0)} = 46 \frac{Bm}{MK}$ ,  $\delta_{2S(1)} = 0.5698 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ ,  $\delta_{2S(2)} = -1.102 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ ,  $\delta_{2b} = 0.94 \cdot 10^{-3} K^{-1}$  [8-9],  $A_{S(1)}^{(0)} = 0.87$ ,  $A_{S(2)}^{(0)} = 0.79$  (интегральные значения),  $\delta_{3S(1)} = -0.577 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ ,  $\delta_{3S(2)} = -0.411 \cdot 10^{-3} K^{-1}$  [10-11],  $l_g = 5 \cdot 10^{-3} m$ ,  $l_{s(1)} = 1 \cdot 10^{-3} m$ ,  $l_{s(2)} = 1 \cdot 10^{-3} m$ ,  $l_b = 2 \cdot 10^{-3} m$ . Результаты расчёта иллюстрированы на рисунках 1-3.

Из этих рисунков видно, что при малых значениях  $\beta_i$  прирост температуры мал, а характер её зависимости от интенсивности является линейным. С ростом  $\beta_i$  и постепенным переходом от условия  $\beta_i l < 1$  к условию  $\beta_i l \geq 1$  существенно возрастает нагрев, а зависимость температуры от  $I_0$  переходит от линейного к степенной.

Отметим, что причина отклонения кривых от линейной зависимости в сторону степенной обусловлена отрицательным знаком величин  $\delta_{3S(1)}$ ,  $\delta_{3S(2)}$ , что приводит к уменьшению значения  $A_{S(1)}$ ,  $A_{S(2)}$  с ростом температуры. Кроме того видно, что имеет место рост значений  $W_{01}$  и  $W_{02}$  с ростом коэффициентов поглощения как в первом слое, так и во втором слое, что и следовало ожидать,

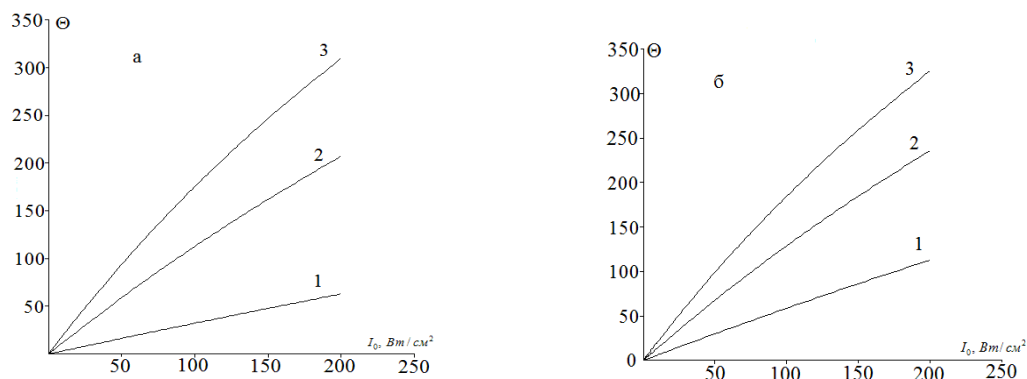


Рис.1. Зависимость температуры поверхности кварцевого стекла - первого облучаемого слоя, контактирующего с сапфиром (второй слой) в ФА – камере от интенсивности падающего луча при значениях  $\beta_1 = 1,5,10\text{см}^{-1}$  (кривые 1–3, соответственно) и  $\beta_2 = 1\text{см}^{-1}$  (а),  $\beta_2 = 10\text{см}^{-1}$  (б)

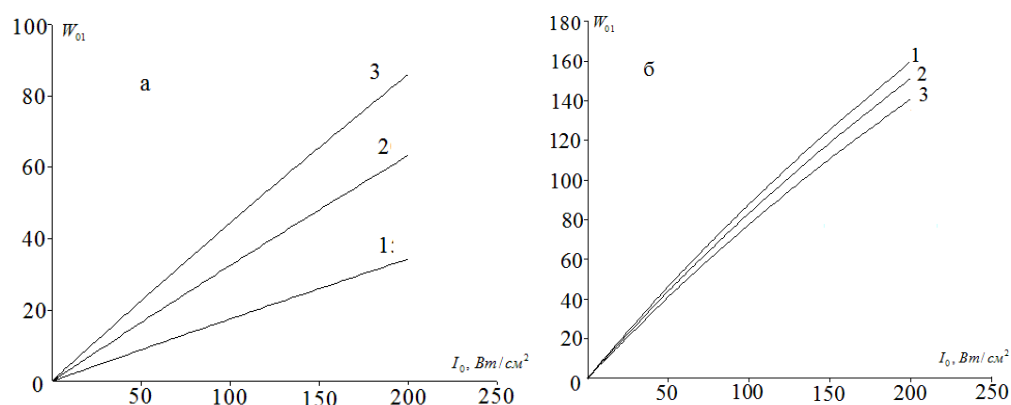


Рис.2. Зависимость температуры поверхности сапфира – второго облучаемого слоя, тыловая сторона которого контактирует с нержавеющей сталью, от интенсивности падающего луча при значениях  $\beta_2 = 1\text{см}^{-1}, 5\text{см}^{-1}, 10\text{см}^{-1}$  и  $\beta_1 = 1\text{см}^{-1}$  (а),  $\beta_1 = 10\text{см}^{-1}$  (б)

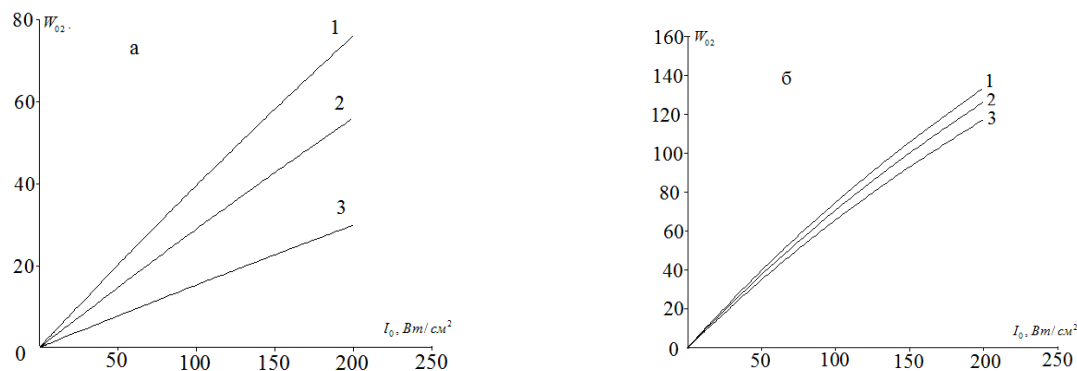


Рис.3. Зависимость температуры поверхности нержавеющей стали, контактирующей со вторым слоем образца, от интенсивности падающего луча при значениях  $\beta_1 = 1,5,10\text{см}^{-1}$  (кривые 1–3 соответственно) и  $\beta_2 = 1\text{см}^{-1}$  (а),  $\beta_2 = 10\text{см}^{-1}$  (б)

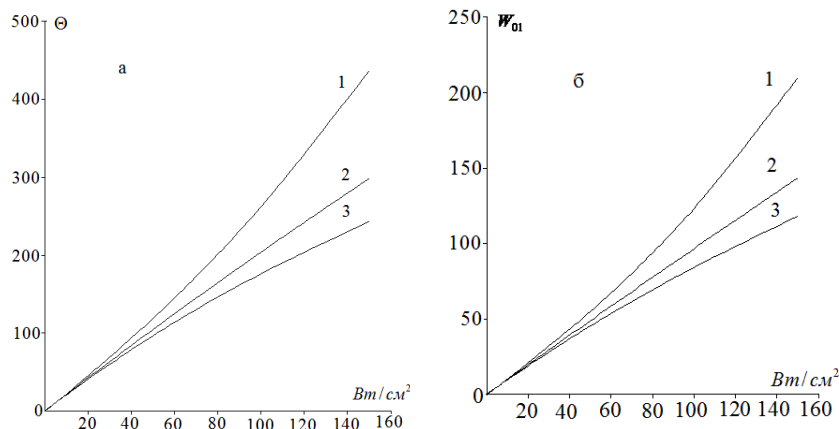


Рис.4. Зависимость температуры поверхности первого и второго слоев от интенсивности падающего луча при значениях  $\delta_{3S(1)} = 0, \delta_{3S(1)} = -0.86 \cdot 10^{-1} K^{-1}, \delta_{3S(1)} = 1.2355 \cdot 10^{-1} K^{-1}$  и значениях  $\beta_1 = 1,5, 10 \text{ см}^{-1}$  (кривые 1–3, соответственно) и  $\beta_2 = 1 \text{ см}^{-1}$  (а),  $\beta_2 = 10 \text{ см}^{-1}$  (б)

Очевидно, что при вариации значений  $\delta_{3S(1)}$  и  $\delta_{3S(2)}$  от отрицательных к положительным должен изменяться и характер зависимости опорных температур от интенсивности падающего луча. Для проверки этого утверждения находилось численное решение системы уравнений (18)-(20) для модельных значений  $\delta_{3S(1)} = 0, \delta_{3S(1)} = -0.86 \cdot 10^{-1} K^{-1}, \delta_{3S(1)} = 1.2355 \cdot 10^{-1} K^{-1}$ , результаты которого показаны на рис.4 и 5. Из этих рисунков обнаруживается, что при  $\delta_{3S(1)} > 0$  и значениях  $I_0 \approx 10 \text{ Вт/см}^2$  характер зависимости величин  $\Theta_0, W_{01}$  и  $W_{02}$  от  $I_0$  плавно переходит от линейного к квадратичному.

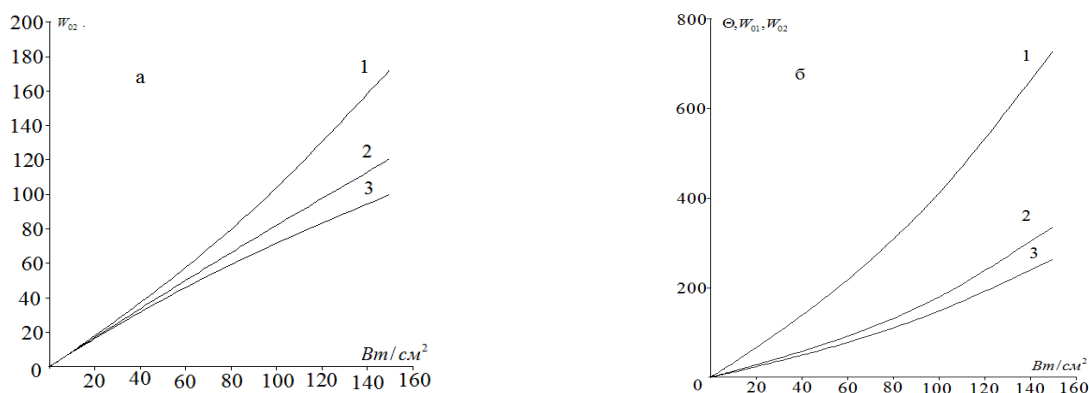


Рис.5. а: Зависимость температуры поверхности подложки, контактирующей со вторым слоем, от интенсивности луча при трех различных ТН поглощательной способности первого слоя. Параметры аналогичны рис.4.

б: Зависимости величин  $\Theta_0, W_{01}$  и  $W_{02}$  от интенсивности луча при значениях  $\delta_{3S(1)} = 1.2355 \cdot 10^{-1} K^{-1}, \delta_{3S(2)} = 0.193 \cdot 10^{-1} K^{-1}$  и  $\beta_1 = \beta_2 = 10 \text{ см}^{-1}$ .

Результаты полученных решений для другого модельного случая, когда  $\delta_{3S(1)} = 1.2355 \cdot 10^{-1} K^{-1}$  и  $\delta_{3S(2)} = 0.193 \cdot 10^{-1} K^{-1}$ , иллюстрированы на рис.5(б), из которого видно полное подтверждение вышеописанного вывода.

Таким образом, можно утверждать, что в рамках данной работы удалось определить все особенности температурного поля в двухслойных образцах, когда оба слоя обладают объемным поглощением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Салихов Т.Х. Нелинейный фотоакустический отклик в двухслойных образцах с объемным поглощением обоих слоев: I. математическая модель / Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев // Вестник ТНУ, 2013 –№1/1. –С.98-102.
2. Салихов Т.Х. Влияние температурной зависимости оптических и теплофизических величин на температурное поле двухслойных образцов с поверхностным поглощением первого слоя в фотоакустической камере/ Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев // ДАН РТ, 2010, – т.53, –№11. – С. 839– 845.
3. Салихов Т.Х. Теория генерации второй гармоники нелинейного фотоакустического сигнала двухслойными твердотельными образцами с оптически непрозрачным первым слоем / Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев //–ДАН РТ, 2011, – т.54, –№9, – С.737-745.
4. Салихов Т.Х. Теория генерации основной гармоники нелинейного фотоакустического сигнала двухслойными твердотельными образцами с оптически непрозрачным первым слоем/ Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев // – ДАН РТ, 2012, –N.55, –№2. – С. 132– 140.
5. Салихов Т.Х. Влияние температурной зависимости оптических и теплофизических параметров на температурное поле двухслойных образцов с поверхностным поглощением второго слоя в фотоакустической камере/ Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев // Вестник ТНУ, 2011.– № 4(68). – С.7-12.
6. Салихов Т.Х. Математическая модель описания нелинейного фотоакустического отклика в двухслойных образцах с поверхностным поглощением первого слоя / Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев // Вестник ТНУ, 2011.– № 6(70). – С.21– 26.
7. Салихов Т.Х. Нелинейный фотоакустический отклик двухслойных образцов с поверхностным поглощением второго слоя: I. Основная гармоника / Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев // Вестник ТНУ, 2012.–№1(70). – С.69–77.
8. Nag P.K. Heat transfer./ Nag P.K. // Tata – McGraw-Hill Publishing Company Limited., New Delhi, 2002. – P. 729.
9. Физические величины. Справ /Под.ред. Григорьева И.С. Мейлихова Е.З. –М.: Энергоатомизат, 1991.–С.1232.
10. Латыев Л.Н., Излучательные свойства твердых тел./ [Л.Н. Латыев, В.А. Петров, В.Я. Чеховский и др.] //Справочник. –М: Энергия, 1974. –С. 472.
11. Петров В.А. Радиационные характеристики кварцевых стёкол. Интегральная излучательная способность/ В.А. Петров, С.В. Степанов // ТВТ, 1975. –Т.13. –№ 6. –С. 1178–1187.

#### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ДВУХСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦОВ С ОБЪЕМНЫМ ПОГЛОЩЕНИЕМ ОБОИХ СЛОЕВ В ФОТОАКУСТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

Исходя из системы нелинейных уравнений теплопроводности для стационарных температур газового слоя, подложки и первого и второго слоев образцов, обладающих объемным оптическим коэффициентом поглощения, исследованы особенности формирования температурного поля в ФА – камере. Проведен численный расчет температурного поля для наиболее важных случаев.

**Ключевые слова:** фотоакустика, тепловая нелинейность, двухслойные системы, нелинейный фотоакустический сигнал, объемное оптическое поглощение.

#### THE INFLUENCE OF THE OPTICAL AND THERMAL PARAMETERS' TEMPERATURE DEPENDENCY ON THE TEMPERATURE FIELD OF TWO-LAYER SAMPLES WITH VOLUME ABSORPTION OF BOTH LAYERS IN PHOTOACOUSTIC CELL

On the basis of a system of nonlinear heat conduction equations for steady-state temperature of the gas layer, substrate and the first and second layers of samples having the bulk optical absorption coefficient. The features of formation of the temperature field in the PA – cell are investigated. Numerical calculation of the temperature field for important case have been done.

**Key words:** photoacoustic, thermal nonlinearity, two layer systems, nonlinear photoacoustic response, bulk optical absorption.

**Сведения об авторах:** *Т.Х.Салихов* - д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник отдела «Физика конденсированного состояния» НИИ Таджикского национального университета. E-mail: *t\_salikhov@rambler.ru*



**Ю.П.Ходжаев** - аспирант отдела «Физика конденсированного состояния» НИИ Таджикского национального университета. Телефон: (+992) 918-24-03-50

**Ф.Х.Хахимов** – член-корр. АН РТ, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики ТНУ. Телефон: (+992) 917-30-49-24

**Ф.К.Рахимов**- доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики ТНУ. Телефон: (+992) 907-50-90-52

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

*Ш. Туйчиев, А. Мухамад, Ш. Акназарова, Л. Туйчиев, Д. Рашидов*

**Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета**

В работах [1-5] исследованы влияние наноуглеродных материалов (фуллереновой сажи, фуллеренов  $C_{60}$  и  $C_{70}$ , многослойных нанотрубок, наноалмазов) на структуру, механические, трибологические и тепловые свойства аморфных и кристаллических полимеров. Показано, что при малых долях добавок НУМ наблюдается улучшение, а при больших концентрациях НУМ происходит ухудшение механических и тепловых свойств полимеров; наблюдаемые изменения механических и тепловых свойств полимеров объяснены изменением физического состояния аморфных участков полимеров при допировании их НУМ. Однако, изменения тепловых свойств структурных элементов матричного полимера при допировании НУМ не были изучены.

Цель работы заключается в исследовании поведения структурных элементов полимеров при тепловом воздействии в циклах нагревания и охлаждения.

В качестве объектов исследования были использованы полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) ГОСТ 16337-77 с  $M=6 \cdot 10^4$  фуллерен  $C_{60}$  и наноалмазы (НА). Пленочные образцы нанокompозита ПЭНП+ $C_{60}$  получали как из растворов в растворителях толуола и бромбензола, так и из расплава полимеров, методики приготовления образцов описаны в [1-5]. Концентрации НУМ в ПЭНП меняли в пределах  $C=0-10\%$ . Тепловые испытания в цикле нагревание и охлаждение проводили в термокамере в воздушной среде в интервале температур  $T=20^0-100^0-20^0C$ , скорость нагрева и охлаждения составляла 2град./мин. Тепловые испытания с одновременными рентгенографическими исследованиями проводили на стандартных установках ДРОН-2 и КРМ-1, использовали медное излучение фильтрованное никелем. По температурному смещению рефлексов ПЭНП+ $C_{60}$  (110) и (200), т.е.  $\varepsilon=\Delta 2\theta/2\theta=f(T)$  оценивали величину термического коэффициента линейного расширения кристаллитов матрицы (ПЭНП) в направлении нормалей к плоскостям (110) и (200). Съемку БР образцов проводили через каждые  $\Delta T=10^0$ .

На рис.1. представлены картины БР ПЭНП при температурных испытаниях, а на рис.2. зависимости  $\varepsilon=f(T)$  для исходного ПЭНП и композита ПЭНП=10% $C_{60}$ .

Отметим, что согласно [1,5], исходная структура ПЭНП, композитов ПЭНП+НА и ПЭНП+ $C_{60}$  характеризуются наличием сферолитов размерами в 1-5мкм. Внедренные частицы  $C_{60}$  располагаются больше всего в межлучевых и межсферолитных аморфных участках полимера и не влияют на структуру матрицы, размеры кристаллитов которого составляют 5-6нм.

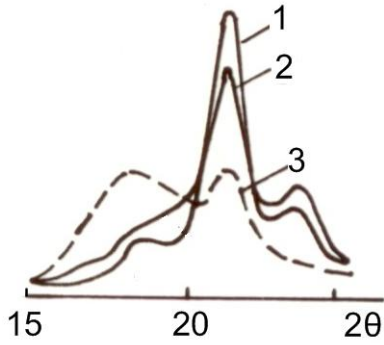


Рис.1.

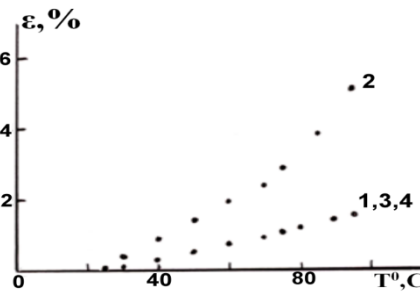


Рис.2.

Рис.1. Температурные изменения БР исходного ПЭНП. 1-T=20; 2-80; 3-100°C.

Рис.2. Температурные изменения  $\varepsilon=f(T)$  образцов ПЭНП+ $C_{60}$ . 1–рефлекс 110; 2 – рефлекс 200 исходного ПЭНП; 3 – рефлекс 110; 4 – рефлекс 200 ПЭНП+10%  $C_{60}$ .

Из рисунков видно, что при температурных испытаниях величина ТКЛР кристаллической решетки матрицы в направлении нормали к плоскости (110) с ростом концентрации  $C_{60}$  в интервале  $C=0-10\%$  не изменяется и составляет  $\alpha_{110}=(1,3\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ , а в направлении нормали к кристаллографической плоскости (200) изменяется довольно сильно. Для исходного образца ПЭНП  $\alpha_{200}=(6,4\pm 0,2)10^{-4}K^{-1}$ , и с ростом концентрации  $C_{60}$  в интервале  $C=0-10\%$ , т.е. ПЭНП+1% $C_{60}$   $\alpha_{200}=(6,4\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ ; ПЭНП+3% $C_{60}$   $\alpha_{200}=(4,9\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ ; ПЭНП+5% $C_{60}$   $\alpha_{200}=(4,2\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ ; ПЭНП+10% $C_{60}$   $\alpha_{200}=(2,5\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ .

Аналогичные опыты были проведены для композита ПЭНП+НА. Опыты показали, что в интервале концентраций  $C=0-10\%$  величины ТКЛР кристаллической решетки ПЭНП+НА  $\alpha_{110}=(0,8\pm 1,0)10^{-4}K^{-1}=\text{const}$ ; наибольшие изменения наблюдаются для ТКЛР  $\alpha_{200}$ : для исходного ПЭНП  $\alpha_{200}=(6,4\pm 0,2)10^{-4}K^{-1}$ ; ПЭНП+1%НА  $\alpha_{200}=(6,4\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ ; ПЭНП+3%НА  $\alpha_{200}=(4,9\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ ; ПЭНП+5%НА  $\alpha_{200}=(4,2\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ ; ПЭНП+10%НА  $\alpha_{200}=(3,5\pm 0,1)10^{-4}K^{-1}$ . Из сравнения полученных данных для образцов ПЭНП+ $C_{60}$  и ПЭНП+НА следует, что с ростом концентрации добавок НУМ наблюдаются практически идентичные изменения ТКЛР решетки матрицы ПЭНП. Анализ полученных данных показывает, что для объяснения тепловых эффектов более подходящей является модель НМС полимерного композита, согласно которой кристаллиты вкраплены в модифицированную  $C_{60}$  и НА матрицу, которые играют экранирующую роль и способствуют диссипации тепла, обуславливают изменение ТКЛР кристаллической решетки самой матрицы. Полученные рентгенографические данные находятся в хорошем согласии с результатами dilatометрических исследований этих же образцов.

Таким образом, макро-и микроскопические тепловые константы линейного расширения нанокомпозитов с ростом концентрации добавок НУМ резко уменьшаются, учет которых очень важен при их эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Туйчиев Ш. Влияние фуллерена  $C_{60}$  на структуру и механические свойства тонких пленок из полиметилметакрилата и других карбоцепных полимеров винилового ряда: технологический аспект / [Ш. Туйчиев, Б.М. Гинзбург, Д. Рашидов и др.]. // Высокомолек.соед, 2012, сер А, -т.54, №8. -С.1283-1296.
2. Туйчиев Ш. Исследование влияния нанокристаллических материалов на структуру и некоторые физические свойства полимеров / [Ш. Туйчиев, Б.М. Гинзбург, Д. Рашидов и др.] // Доклады АН РТ, 2012, -Т.55. -№4. -С.311-316.
3. Туйчиев Ш. Исследование влияния фуллерена  $C_{60}$  на структуру и свойства полиэтилена / [Ш. Туйчиев, Б.М. Гинзбург, Д. Рашидов и др.] // Доклады АН РТ, 2012, -Т.55. -№2. -С.150-155.

4. Туйчиев Ш. Влияние нанокремниевых материалов на структуру и некоторые физические свойства полимеров / [Ш. Туйчиев, Б.М. Гинзбург, Д. Рашидов и др.]. // Вестник ТНУ, 2012, 1/1(77), -С.89-94.
5. Туйчиев Ш. Влияние фуллерена  $C_{60}$  на структуру и механические свойства полиэтилена: технологический аспект / [Ш. Туйчиев, Б.М. Гинзбург, Д. Рашидов и др.]. // Высокомолек.соедин., серия А, 2011, -Т.53, №6. - С.883-896.

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ**

Методами рентгенографии с одновременным воздействием тепла в цикле нагревания и охлаждения исследованы тепловые свойства структурных элементов нанокомпозитов ПЭНП+ $C_{60}$  и ПЭНП+НА. Показано, что увеличение концентрации добавок фуллерена  $C_{60}$  и нанодIAMAZОВ (НА) сопровождается изменением тепловых свойств элементов структуры нанокомпозитов.

**Ключевые слова:** нанокремниевый материал, нанодIAMAZ, фуллерен.

#### **STUDING THE THERMAL PROPERTIES OF THE STRUCTURAL ELEMENTS OF POLYMER NANOCOMPOSITES**

By X-ray diffraction with the simultaneous exposure to heat in the heating and cooling cycle, the thermal properties structural elements of nanocomposites LDPE+ $C_{60}$  and LDPE+ND were studied. It is shown that increasing the concentration of additives  $C_{60}$  and nanodiamonds (ND) is accompanied by a change in the thermal properties of the elements of the structure of nanocomposites.

**Keywords:** nanocarbon material, nanodiamond, fullerene.

**Сведения об авторах:** *Ш. Туйчиев* – д.ф.м.н., профессор кафедры физики твердого тела Таджикского национального университета. Телефон: **221-79-31 (раб)**

*Мухамад Атиф* – аспирант отдела «Физика конденсированного состояния» НИИ ТНУ. Телефон: **221-79-31 (раб)**

*Ш. Акназарова* - научный сотрудник отдела «Физика конденсированного состояния» НИИ Таджикского национального университета. Телефон: **221-79-31 (раб)**

*Л. Туйчиев* – старший научный сотрудник отдела «Физика конденсированного состояния» НИИ Таджикского национального университета. Телефон: **221-79-31 (раб)**

*Д. Рашидов* – ведущий научный сотрудник отдела «Физика конденсированного состояния» НИИ Таджикского национального университета. Телефон: **221-79-31 (раб)**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛЕНОК CdTe ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНЫМ НАПЫЛЕНИЕМ В КВАЗИЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДЛОЖКАХ**

*Н. Султонов, А.Т. Акобиров, Р.Б. Хамрокулов, С.Ш. Ахмедов*

**Таджикский национальный университет  
Физико-технический институт им С. Умарова АН РТ**

Пленки CdTe получены методом термического испарения в вакууме и последующей конденсацией на монокристаллических подложках из CdTe, GaAs и Si [1]. При конденсации на подложки (110) GaAs преимущественную ориентацию в пленках CdTe имеют плоскости (100) и (111), параллельные плоскости подложки. В случае использования в качестве подложки (111) Si получили пленки (111) CdTe.

Анализ данных по электрическим свойствам пленок CdTe, полученных на низкоомных подложках из Si, GaAs, CdTe, показал, что удельное сопротивление активных пленок на несколько порядков выше, чем низкоомных подложек. Одной из причин такого резкого отличия удельных сопротивлений можно считать изменение в кристаллической структуре пленок.

Исследования тонких пленок теллурида кадмия, проведенных методом рентгеноструктурного анализа, показали, что микроструктура пленок зависит от температуры

подложки, и при этом возможно образование аморфной гексагональной и кубической модификаций.

В данной работе приводятся результаты рентгенографических исследований полученных нами пленок на подложках из GaAs, Si и CdTe методом вакуумного напыления в КЗО.

Толщина активной пленки теллурида кадмия варьировалась от 30 до ~500 мкм.

На рис. 1 представлена дифрактограмма (дифракционный спектр, угловое распределение интенсивности) пленок CdTe различной толщины на подложке из GaAs. В дальнейшем эту серию образцов обозначим CdTe-GaAs. Как видно на дифрактограммах образцов разной толщины (30, 60 и 80 мкм) наблюдается от 5 до 8 четких дифракционных максимумов.

Микроструктура пленок теллурида кадмия зависит от температуры подложки: при 493 К образуется кубическая объемноцентрированная, а при 620 К – гексагональная [2].

Все образцы (рис. 1) являются поликристаллическими, о чем свидетельствует заметная полуширина дифракционных максимумов. Интенсивность рассеяния в поликристаллических телах зависит от следующих факторов: размера кристаллитов, их числа в единице объема, ориентации кристаллитов, а также от степени искажения кристаллитов.

Расширение дифракционных максимумов наблюдается не только для поликристаллических тел, но оно имеет место и в случае монокристаллов. Действительно, хотя условия дифракции соблюдаются очень строго, но все же отражение (речь идет о селективном отражении, подчиняющемся уравнению Брэгга -  $2\alpha \sin 2\theta = n\lambda$ ) рентгеновских лучей происходит не при каком-то единственном значении  $\theta$ , а в небольшом угловом интервале около значения  $\theta_{\max}$  ( $\theta_{\max}$  – положение максимума рефлекса в распределении интенсивности), удовлетворяющем уравнению Брэгга. Таким образом, дифракционные максимумы для монокристаллов обладают некоторой шириной, которую можно определить, пользуясь следующим уравнением [3]

$$\Delta\theta_{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{\ln 2} \cdot \lambda}{2\sqrt{\pi} \cos \theta L} \quad (1)$$

Здесь  $\Delta\theta_{\frac{1}{2}}$  - полуширина максимума интенсивности;

$\lambda$  - длина характеристического рентгеновского излучения;

$L$  - размер монокристалла.

Если  $L=0,1\text{мм}$  (размер кристалла выбираем равным ширине первой щели в гониометре) при  $\theta_{\max}=30^{\circ}$ , то согласно формулы (1), кристалл размером 0,1мм дает полуширину  $\Delta\theta_{\frac{1}{2}} \approx 1,4 \cdot 10^{-5}$  радиан, что соответствует трем угловым секундам.

Таким образом, условия Брэгга для монокристаллов соблюдаются строго и размытие рефлексов начинается при размерах монокристалла  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  мм то есть коллоидных размерах.

Для поликристаллических веществ (объект состоит из большого числа субмикроскопических кристаллов, и в дальнейшем будем называть их кристаллитами) наличие кристаллитов с размером  $L \geq 10^{-4}$  мм влечет за собой дифракционное расширение рефлекса. Дифракционное расширение (размытие) рефлекса подается измерению когда  $L \leq 10^{-4}$  мм ( $1000 \text{ \AA}$ ), то есть когда  $L$  равняется 50-1000  $\lambda$ .

Полуширина рефлексов, вызванных конечностью размеров кристаллитов, определяется формулой Шерера [4]

$$\Delta\varphi = \frac{\lambda}{h_k \cos \theta} \quad (2)$$

$h_k$  - проекция линейного размера кристаллита на направление вдоль экватора рентгенограммы;

$\Delta\varphi$  - полуширина дифракционного максимума;

$\theta$  - половина угла дифракции.

Размытие рефлексов, то есть уширение рефлексов, обусловлено малым числом параллельных друг другу отрастающих плоскостей.

Как следует из рис. 1 дифракционные рефлексы пленок CdTe (111), полученных на монокристаллических подложках из GaAs, имеют полуширину  $\sim 39$  угловых минут, что согласно формуле (2), соответствует размерам кристаллитов  $h_k \cong 150 \text{ \AA}$  (табл. 1).

В табл. 1 приведены некоторые структурные характеристики пленок теллурида кадмия на подложке из GaAs (CdTe) (вычисленных на основе рис. 1 и 2 и их зависимость от толщины пленок и температуры для наиболее сильного рефлекса  $2\theta \sim 23^\circ$  и, соответственно, с межплоскостным расстоянием  $d=3.8938$ .

Как видно, для образцов CdTe –GaAs, полученных при температуре подложки 493 К, размеры кристаллитов с ростом толщины от 30 до 80 мкм изменяются в пределах от  $139 \text{ \AA}$  до  $150 \text{ \AA}$ : сначала  $h_k$  слабо растет от 145 до  $150 \text{ \AA}$ , далее имеется тенденция к частичному падению  $h_k$  (до  $\sim 139 \text{ \AA}$ ). Из анализа интенсивности наиболее яркого дифракционного максимума следует, что при толщинах 30-60 мкм интенсивность практически постоянна, однако, при толщине  $80 \text{ \AA}$  имеет место падение интенсивности в максимуме  $I_m$ .

На интенсивность рассеянного излучения, как уже было отмечено, кроме размеров кристаллитов сильно влияет и степень искажения в кристаллической решетке кристаллита.

Одной из причин изменения в кристаллической структуре пленок с ростом их толщины при заданной температуре можно считать градиент температуры. Действительно, при увеличении толщины активной пленки температура новых слоев отличается от предыдущих, и этот градиент температуры несомненно приведет к изменению структуры пленок.

Из сравнения рис 1 вытекает, что диффузное рассеяние заметно возрастает при толщине пленки 80 мкм. Возрастание диффузного рассеяния сопровождается заметным падением интенсивности кристаллических рефлексов. Интересным является возрастание диффузного рассеяния в области углов, где имеет место падение интенсивности кристаллических рефлексов. На рис. 2 (кривая 4) заметны два размытых максимума соответствующих углам  $21$  и  $28^\circ$ .

Действительно, несовершенный кристаллит дает диффрагированное излучение, которое уже не сосредоточено в строго определенных направлениях, как у совершенного кристаллита. Идеальной средней решетке по-прежнему соответствует интенсивная дифракция, предусматриваемая законом Брэгга, но вне этих направлений волн, излучаемых отдельными атомами при интерференции, уничтожаются не полностью, так как уничтожение является прямым следствием идеальной периодичности диффрагирующей среды, то есть кристаллитов.

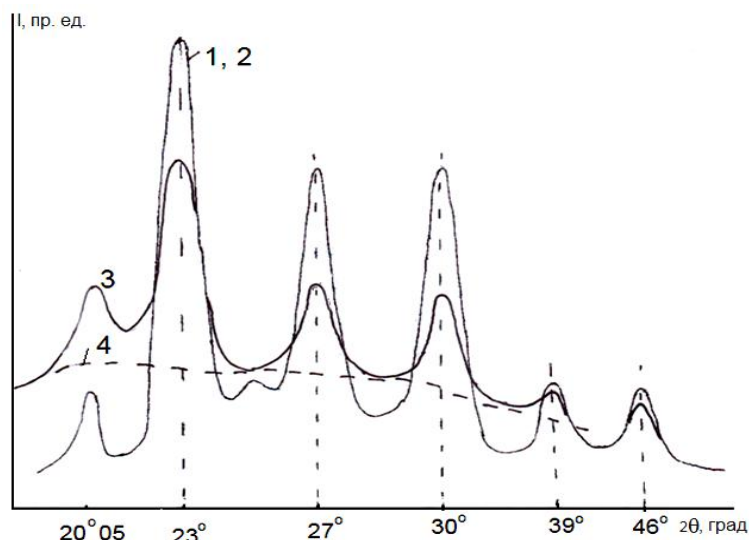


Рис. 1. Дифрактограмма пленок CdTe-GaAs при разных толщинах: 1, 2 – 30 и 50 мкм; 3 – 80 мкм; 4 – линия диффузного фона.

Направления, в которых интенсивности дифракции существенно сгруппированы достаточно тесно, находятся вблизи направления максимума дифракционной линии. Экспериментально это означает, что дифракционные линии или пятна для дальних порядков отражения расширяются. Таким образом, дефекты решетки в кристаллите приводят к расширению полуширины дальних порядков дифракционных максимумов.

Дифракцию, не равную нулю, можно наблюдать во всех направлениях, даже удаленных на десятки градусов от направлений отражения конкретной  $(h_k l)$ . Это рассеяние, в отличие от четких дифракционных максимумов (линий или пятен), угловое положение которых определяется законом Брэгга, является диффузным рассеянием. Как правило, интенсивность диффузного рассеяния для кристаллов очень мала по сравнению с интенсивностью дифракционных максимумов (рис 1).

Очевидно, что в случае совершенного кристаллита вся интенсивность сконструирована в узле обратной решетки. При несовершенном кристалле часть интенсивности снимается из узла и распределяется по ячейке. Диффузное рассеяние является следствием уменьшения интенсивности дифракционных максимумов, то есть селективных отражений (рис 1, кривая 4). Более четко это проявлено на рис. 1 кривая 4, где дифракционные максимумы в области  $22^\circ$  и  $30^\circ$  окружены диффузным рассеянием в виде размытого максимума.

На основе анализа интенсивности кристаллических рефлексов можно утверждать, что с ростом толщины образцов увеличивается вероятность появления дефектов. Это препятствует росту кристаллитов и приводит к возрастанию микроискажений.

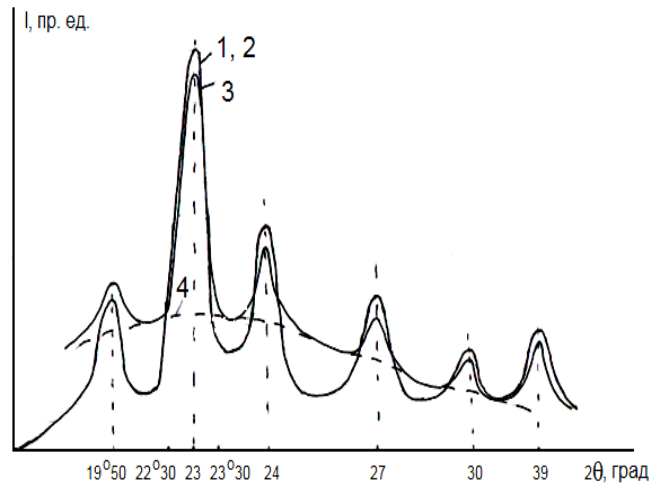


Рис. 2. Дифрактограммы пленок CdTe-CdTe при разных толщинах: 1 – 30 мкм; 2 – 50 мкм; 3 – 80 мкм; 4 – линия диффузного фона

**Таблица 1. Некоторые структурные характеристики пленок теллурида кадмия на подложках CdTe и GaAs и их зависимость от толщины**

Образцы	Толщина пленки, Д, (мкм)	Температура подложки, $T_n$ , К	Интенсивность рассеяния в максимуме, $I_m$ , (имп/сек)	Размер кристаллитов, $h_k$ , Å	Межплоскостное расстояние, d, Å
CdTe- GaAs	30	300	68	84	3,9427
	30	493	113	145	3,8938
	50	493	113	150	3,8936
	80	493	91	139	3,8825
CdTe- CdTe	30	303	56	78	3,8872
	30	493	124	170	3,8660
	50	493	124	169	3,8624
	80	493	117	164	3,8510

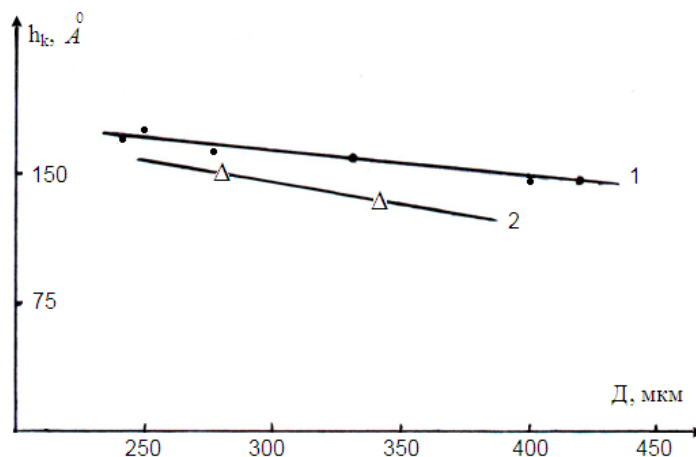


Рис. 3. Зависимость размеров кристаллитов от толщины пленок: 1 – CdTe-GaAs; 2 – CdTe-Si.

Эффект возрастания толщины пленок при двухэтапном осаждении имеет место и для подложек из GaAs и Si. Максимальная толщина пленок для подложки из Si составляла

340 мкм, а для подложки из GaAs – 420 мкм. Эти результаты представлены на рис. 3. Для всех типов образцов – CdTe-CdTe, CdTe-Si и CdTe-GaAs размеры кристаллитов, определенных по рефлексу (111) под углом отражения  $2\theta=23^\circ$ , составляют величину 160-175 Å. Получение толстых пленок на различных подложках позволяет путем, шлифовки снять верхнюю часть пленки и получить пленку нужной толщины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Султонов Н.С. Структурные изменения в монокристаллах теллурида кадмия при облучении ионами аргона / Н.С. Султонов, А.Т. Акобиров, Р.Б. Хамрокулов. // Вестник национального университета (научный журнал). №2. – Душанбе: Сино, 2006. - С. 55-58.
2. Touskova. J. Preparation and basic electrical properties of CdTe thick films / J. Touskova [et al.]. // «Phys status solidi» 1979. A.56. №1 315-322.
3. Умонский М.М. Аппаратура для рентгеноструктурных исследований / М.М. Умонский. -М., 1960. – 482 с.
4. Valentovic D. Some nonequilibrium phenomena in sputtered CdTe thin films / [D. Valentovic, J. Cervenak, S. Luby et al.] // Phys. status solidi, 1979. A56. -№1. -С. 341-347.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛЕНОК CdTe ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНЫМ НАПЫЛЕНИЕМ В КВАЗИЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДЛОЖКАХ

В данной работе приведены результаты исследования влияния структуры и температуры подложки на свойства пленок теллурида кадмия и зависимости размеров кристаллитов от толщины пленок.

**Ключевые слова:** структура, пленка, поликристаллический, размер кристаллитов.

#### STRUCTURE CDTE FILMS OBTAINED BY VACUUM DEPOSITION IN QUASICLOSED VOLUME ON VARIOUS SUBSTRATES

This paper presents the results of investigation of the influence of structure and substrate temperature on the properties of the films of cadmium telluride, and the crystallite sizes depending on the thickness of the films.

**Key words:** structure, film, polycrystalline, size crystallite.

**Сведения об авторах:** *Н. Султонов* – д.ф.м.н., профессор кафедры физической электроники Таджикского национального университета. Телефон: **918-00-35-88**

*А.Т. Акобиров* – к.ф.м.н., доцент кафедры физической электроники Таджикского национального университета. Телефон: **221-79-31(раб)**

*Р.Б. Хамрокулов* – старший преподаватель кафедры физической электроники Таджикского национального университета. Телефон: **907-81-85-44**

*С.Ш. Ахмедов* – д.ф.м.н., заведующий лаборатории ФТИ им С. Умаров АН РТ. Телефон: **227-71-02 (дом)**

#### ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ И СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ $R_3Sb_5O_{12}$ ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ )

*М.Ф. Умаров, А.К. Ходжибаев, К.С. Козиев*

**Вологодский государственный технический университет (Вологда),  
Худжандский государственный университет им. Б.Гафурова,  
Горно-металлургический институт Таджикистана**

**Введение.** В последние годы приобрели большое значение исследования, относительно новых пьезо-и сегнетоэлектрических кристаллов и родственных им материалов, не относящихся к ранее известным структурным типам. В этой связи нами изучены структурные и сегнетоэлектрические свойства соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ).

Монокристаллы  $R_3Sb_5O_{12}$  получены среди продуктов кристаллизации в гидротермальных системах  $TR_2O_3 - Sb_2O_3 - KF - H_2O$  в основном в верхней зоне



реакционного пространства [1]. При малой концентрации растворителя они растут в виде небольших (0,8–1,0 мм) правильных прозрачных кубиков зеленого цвета. С увеличением концентрации KF кристаллизуются в виде достаточно больших (3–4 мм) кубооктаэдров. Для окончательного подтверждения и уточнения индивидуальных особенностей соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  проведен полный структурный анализ [2]. В качестве примера, на рис. 1 представлен вид структуры кристаллической решетки  $Pr_3Sb_5O_{12}$ . Рентгенографические исследования проведены на дифрактометре ДРОН (Cu-излучение) и на их основе была установлена кубическая элементарная ячейка с параметром  $a = 11,027\text{Å}$  [3]. В элементарной ячейке  $Pr_3Sb_5O_{12}$  содержатся четыре формульные единицы, кристалл относится к пространственной группе симметрии  $I43m$  [4]. Как видно из рис.1, атомы празеодима имеют окружение из восьми анионов кислорода, т.е. находятся в восьмивершинниках, представляющих собой искаженный «свернутый (томпсоновский) куб». Эти полиэдры связаны друг с другом общими ребрами и образуют трехмерный каркас, в пустотах которого расположены атомы Sb.

Следует отметить, что кубические кристаллы характеризуются наивысшей симметрией структуры и связанных с ней физических свойств. Кристаллы нецентросимметричного кубического класса (гексатетраэдр) оптически изотропны, обладают всего одним независимым пьезоэлектрическим модулем

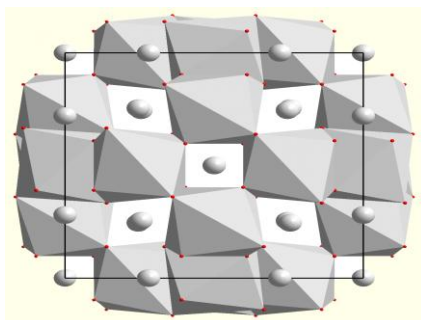


Рис.1 Вид структуры кристаллической решетки кристалла  $Pr_3Sb_5O_{12}$ . Атомы празеодима находятся в полиэдрах, представляющих собой искаженный «свернутый (томпсоновский) куб». Они образуют трехмерный каркас, в пустотах которого расположены атомы Sb.

$d_{14}$  и электрооптическим коэффициентом  $\Gamma_{41}$ ; тремя независимыми упругими постоянными:  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{44}$ ; одним коэффициентом теплового расширения  $\alpha$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Перечисленные независимые коэффициенты тензоров соответствующих физических свойств обусловили относительную простоту применения этих кристаллов в пьезотехнике или электронике. Исследования их колебательных спектров ранее не проводились.

**2. Температурные исследования соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ).** Нами были исследованы температурные зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  (Т) для всех образцов данного соединения при различных температурах ( $T=300 \div 800$  К). Исследования показали, что с повышением температуры на кривой  $\epsilon$  (Т) у всех четырех соединений обнаруживаются отчетливые максимумы. Максимумы появляются как при нагреве, так и при охлаждении. На рис.2 приведены температурные зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  (Т) всех четырех соединений.

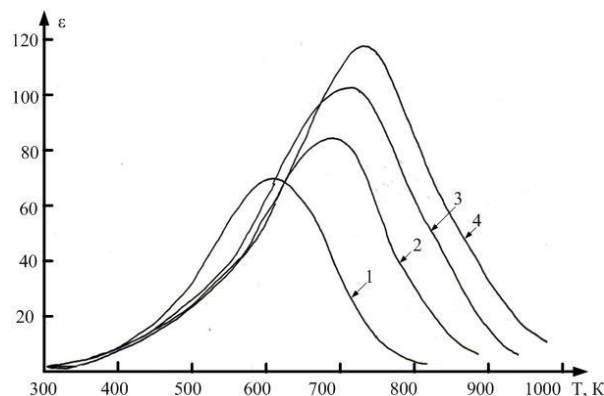


Рис.2 Температурная зависимость диэлектрической проницаемости соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) (1-  $Er_3Sb_5O_{12}$ , 2-  $Gd_3Sb_5O_{12}$ , 3-  $Nd_3Sb_5O_{12}$ , 4-  $Pr_3Sb_5O_{12}$ )

Как видно из рис.2, действительно для кристаллов  $Pr_3Sb_5O_{12}$  величина  $\epsilon$  (Т) принимает максимальное значение 105 при температуре 740 К. Соответственно для других кристаллов значения  $\epsilon$  (Т) приведены в таблице 1. Полученные данные могут свидетельствовать о наличии фазовых переходов при температурах 738 К у  $Pr_3Sb_5O_{12}$ , 730 К у  $Nd_3Sb_5O_{12}$ , 716 К у  $Gd_3Sb_5O_{12}$  и 640 К у  $Er_3Sb_5O_{12}$ .

**Таблица 1. Физические параметры соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ )**

Наименование элементов	$\epsilon$ (max)	$a, \text{Å}$	$R, \text{Å}$	$T_k, K$	$I_0, \text{отн.ед.}$	$C \times 10^5, K$
<i>Er</i> (эрбий)	64	10,75	0,96	643	0,41	1,5
<i>Gd</i> (гадолиний)	75	10,88	1,01	714	0,71	6,2
<i>Nd</i> (неодим)	90	11,02	1,08	726	0,86	8,1
<i>Pr</i> (празеодим)	107	11,07	1,09	735	0,96	8,9

Для исследования изочастотных зависимостей КРС [5] исследовались монокристаллы  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) в виде параллелепипедов с размерами  $3 \times 4 \times 6 \text{ мм}^3$  (наибольшая сторона соответствовала направлению оптической оси Z). Для возбуждения рассеянного излучения применялся гелий-неоновый лазер с линией генерации 632,8 нм и средней мощностью  $\sim 1,0$  мВт. Регистрация изочастотных зависимостей проводилась на спектрометре ДФС-24 при спектральной ширине щели  $0,5 \text{ см}^{-1}$ .

Нагревание кристалла осуществлялось в оптическом термостате, позволяющем проводить измерения в широком интервале температур  $T=300 \div 800$  К. Температура кристалла измерялась хромель-алюмелевой термопарой с точностью  $\sim 0,1$  К. Исследования проводились при двух геометриях рассеяния  $X(ZZ)Y$  и  $Z(YX+YZ)Y$ . В первом случае согласно правилам отбора проявляются колебания  $A_1$  (ТО), симметрия которых соответствует флуктуациям параметра порядка исследуемого фазового перехода, а во втором – колебания типа  $F_2$ .

На рис.3 приводятся полученные изочастотные зависимости спектральной интенсивности  $I(\Omega, T)$  соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) для частоты  $\Omega=0$ , при  $X(ZZ)Y$  геометрии рассеяния. Именно при этой геометрии рассеяния на изочастотных зависимостях данного соединения наблюдаются существенные изменения. Как видно из рисунка 3, с изменением R изменяется положение точки фазового перехода, соответственно смещается в сторону высоких температур; одновременно увеличивается интенсивность рассеянного света. Численные значения приведены в таблице 1.

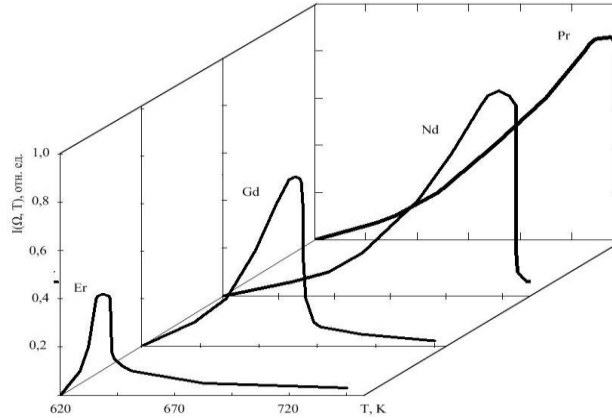


Рис. 3 Изочастотные зависимости  $I(\Omega, T)$  соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) для частоты  $\Omega=0$ , при  $X(ZZ)Y$  геометрии рассеяния.

Кроме того, нами установлены зависимости положения точки фазового перехода от параметра элементарной ячейки ( $a$ ) и ионного радиуса катиона ( $R$ ) для семейства  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ). Полученные зависимости приведены в таблице 1 и на рисунке 4. Как видно из таблицы 1 и рисунка 4, действительно с возрастанием значений  $a$  и  $R$  увеличивается положение точки структурного фазового перехода. На рис. 5 приведены зависимости изочастотной спектральной интенсивности  $I_0$  от температуры фазового перехода. Здесь же приведены значения константы Кюри-Вейсса, которые были вычислены на основе результатов прямых измерений изочастотных зависимостей [6]. Как видно из рисунка 5 имеется хорошая корреляция между интенсивностью изочастотной зависимости, константы Кюри-Вейсса и положение точки структурного фазового перехода.

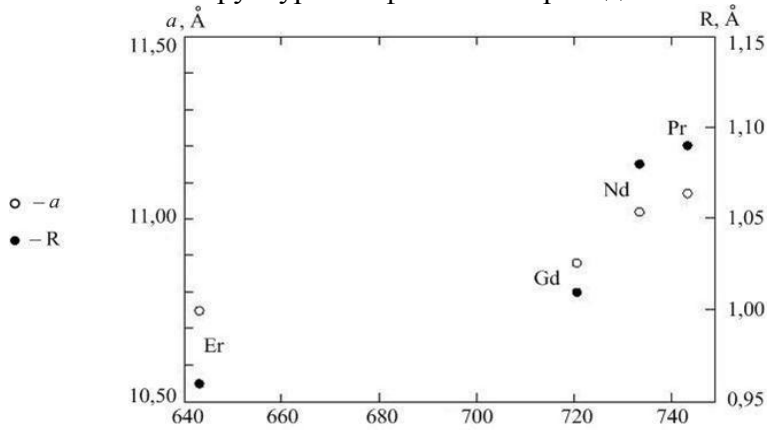


Рис. 4 Зависимости параметра элементарной ячейки ( $a$ ) и ионного радиуса катиона ( $R$ ) от температуры для семейства  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ).

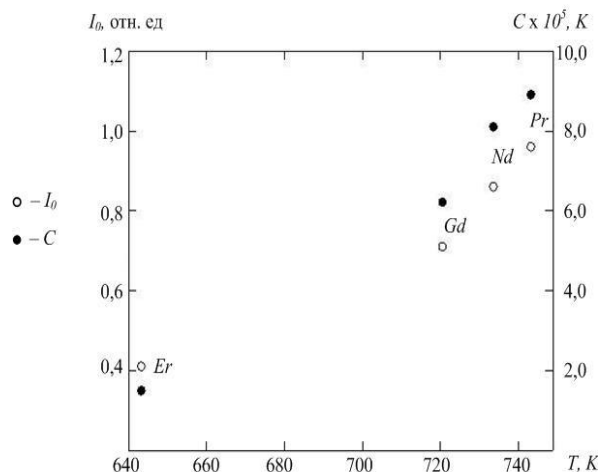


Рис. 5 Зависимости изочастотной спектральной интенсивности  $I_0$  и константы Кюри-Вейсса  $C$  от температуры фазового перехода.

**3. Заключение.** Исследованы температурные зависимости диэлектрической проницаемости для новых соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ). Впервые изучены изочастотные зависимости спектральной интенсивности  $I(\Omega, T)$  соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) для частоты  $\Omega=0$ . На основе этих исследований установлено, что все образцы данного соединения претерпевают сегнетоэлектрические фазовые переходы.

Установлены зависимости положения структурного фазового перехода от параметра элементарной ячейки и ионного радиуса катиона для семейства  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ).

Выявлено, что с уменьшением параметров элементарной ячейки и ионного радиуса катиона исследуемых кристаллов положение точки структурного фазового перехода смещается в сторону низких температур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курбанов Х.М. Гидротермальный синтез и физико-химические свойства монокристаллов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = La, Pr, Tb, Yb$ ) со структурой типа  $R_3Sb_5O_{12}$  / [Х.М. Курбанов, М.Н. Цейтлин, Р.С. Бичурин и др.] // Доклады АН РТ, 1981. – Т. 24, № 8. – С.494–498.
2. Venetsev Yu.N. Ferroelectrics / Yu.N. Venetsev, R.Ch. Vychurin, Kh.M. Kurbanov, 1982. Vol. 45, -P.211–217.
3. Андрианов В.И. Ротапринт ОИХФ / В.И. Андрианов, З.Ш.Сафина, Б.Л.Тарнопольский. Черноголовка, 1975.
4. Кристаллическая структура антимонита празеодима  $Pr_3Sb_5O_{12}$  / Х.М. Курбанов [и др.] // Доклады АН СССР, 1984. Т.24. -С.893-896.
5. Горелик В.С. Препринт физического ин - та АН СССР / В.С. Горелик, Б.С. Умаров, М. Умаров. -Москва, 1982. № 66.
6. Gorelic V.S. Phys. st. sol.(b) / V.S. Gorelic, B.S. Umarov, M. Umarov, 1983. Vol. 120, -P.946–950.

#### ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ И СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ $R_3Sb_5O_{12}$ ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ )

В данной работе впервые исследованы структурные и сегнетоэлектрические свойства новых соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) при различных температурах, включая температуру фазового перехода. На основе проведенных исследований установлено, что все образцы данного соединения претерпевают сегнетоэлектрические фазовые переходы. Выявлены зависимости положения структурного фазового перехода от параметра элементарной ячейки и ионного радиуса катиона для данного семейства.

**Ключевые слова:** гелий – неоновый лазер, элементарная ячейка, ионный радиус катиона, изочастотные зависимости, спектральная интенсивность.

## FEATURES OF STRUCTURAL AND SEGNETOELEKTRICHESKY PROPERTIES OF CONNECTIONS

### $R_3Sb_5O_{12}$ (R = Gd, Pr, Nd, Er)

The structural and segnetoelectrical properties of the new combinations of  $P_3SB_5O_{12}$  (R = Gd, Pr, Nd, Er) under the different temperatures including the temperature of the transition phase are researched for the first time in this work.

On the base of the conducting researches it is mounted that all the models of the given combination tolerate (endure) the transitions of the segnetoelectrical phases. The dependence position of the structural phase transition from the parameter of elementary cells and the ionic radius of elation for the given family is also discovered.

**Key words:** helium - the neon laser, an elementary cell, ionic radius of elation, isofrequency dependences, spectral intensity.

**Сведения об авторе:** *А.К. Ходжибаев* - старший преподаватель кафедры теоретической физики и МПФ физического факультета ХГУ им.Б.Гафурова. Телефон: **92-702-11-57**

*М.Ф. Умаров* – доктор физико-математических наук, профессор кафедры биомедицинской техники Вологодского государственного технического университета. Телефон: **89095967665**

*К.С. Козиев* - кандидат физико-математических наук, доцент, проректор Горно-металлургического института Таджикистана. Телефон: **92-820-05-19**

## ВЛИЯНИЕ КВАНТОВ УФ- СВЕТА РАЗНОЙ ЭНЕРГИИ НА СВЕТОСТОЙКОСТЬ ПОЛИСТИРОЛА

*Т.Б. Бобоев, Ф.Х. Истамов, С.Дж. Гафуров, Дж. Г. Шарипов*  
Таджикский национальный университет

При облучении УФ-светом полистирола (ПС) на воздухе происходит быстрое изменение механических свойств. Плёнка становится хрупкой и окрашивается в интенсивно-жёлтый цвет [1]. При этом в процессе облучения из полимера выделяются водород, окись и двуокись углерода, вода, метан, бензол, стирол и бензиловый спирт [2,3].

Полистирол сильно поглощает УФ-излучение в области волн ниже 290 нм. Если за поглощение волн с  $\lambda=254$ нм в полимере ответственны бензолные кольца, то его поглощение в длинноволновой области, в основном, происходит за счёт различных примесей. Следовательно, можно ожидать, что в ПС под действием света с различными длинами волн могут протекать различные фотофизические и фотохимические процессы. Если под действием коротковолнового света может протекать прямой фотолиз, то под действием длинноволнового УФ-света деструкция полимера может протекать сенсбилизационным путем под действием примесей.

Для выяснения влияния длины волны падающего УФ-света на степень фотодеструкции ПС в настоящей работе были исследованы зависимости разрывной прочности образцов плёнок полимера, предварительно облучённых на воздухе светом с длинами волн  $\lambda_1=254$ нм,  $\lambda_2=313$  нм и  $\lambda_3=365$ нм от времени облучения. Опыты проводились при постоянстве поглощенной интенсивности УФ-света, равной  $17 \text{ Дж/м}^2\text{с}$  для всех длин волн. Начальная толщина плёнок варьировала в пределах 18-20 мкм. Методика приготовления образцов и испытаний на прочность и деформацию подробно описана в [4].

Результаты опытов приведены на рис.1. Как видно из рисунка, падение разрывной прочности образцов имеет место во всех трёх случаях, однако, падение прочности для образцов, облучённых светом с  $\lambda_1$ , происходит

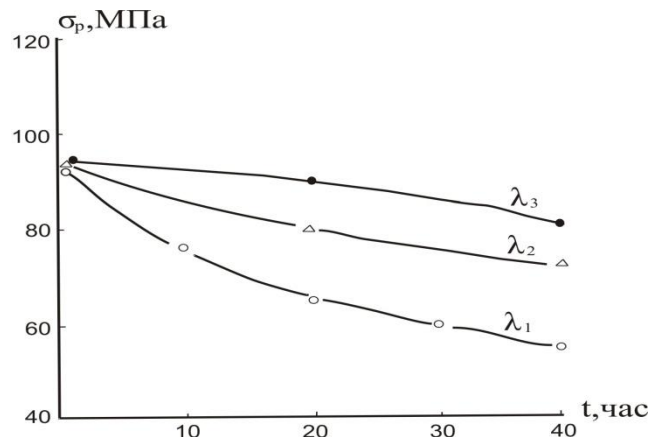


Рис 1. Зависимость разрывной прочности ПС от времени предварительного облучения светом с длинами волн:

○ –  $\lambda_1$ ,  $\Delta$  –  $\lambda_2$ , ● –  $\lambda_3$

значительно сильнее, чем для образцов, облучённых светом с  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ . Например, за 40 часов облучения разрывная прочность образцов под действием  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  соответственно падает на 43, 24 и 4,16%.

По аналогии с другими полимерами [1], можно было бы ожидать значительно более сильного падения разрывной прочности ПС при облучении с длиной волны  $\lambda_1$ , поскольку свет с этой длиной волны сильно поглощается полимером. Однако, на опыте такого сильного разрушения не наблюдается. Это, по всей вероятности, связано с наличием в структуре полимера ароматических колец. Ароматические кольца выполняют две противоположные функции: с одной стороны, они, поглощая УФ-свет, деформируют электронное облако основной цепи и создают благоприятные условия для её разрыва путем прямого фотолиза или же под действием слабой тепловой флуктуации; с другой стороны, ароматические кольца способны значительно рассеивать энергию поглощённых квантов.

Падение прочности образцов, особенно при облучении с длиной волны  $\lambda_1$ , в значительной мере связано с присутствием кислорода в окружающей среде. Опыты, проведенные по изучению изменения спектров поглощения ПС под действием УФ-света показали, что в образце накапливается значительное количество кислородсодержащих концевых групп.

Так, на рис. 2 приведено изменение оптической плотности поглощения полосы 310 нм в зависимости от времени предварительного облучения ПС, при облучении светом с  $\lambda_1=254$  нм. Из рисунка видно, что на начальном этапе, примерно до 120 мин предварительного облучения, имеет место практически линейный рост оптической плотности. В дальнейшем зависимость отклоняется от линейности в сторону уменьшения скорости накопления активных центров, ответственных за полосу 310 нм.

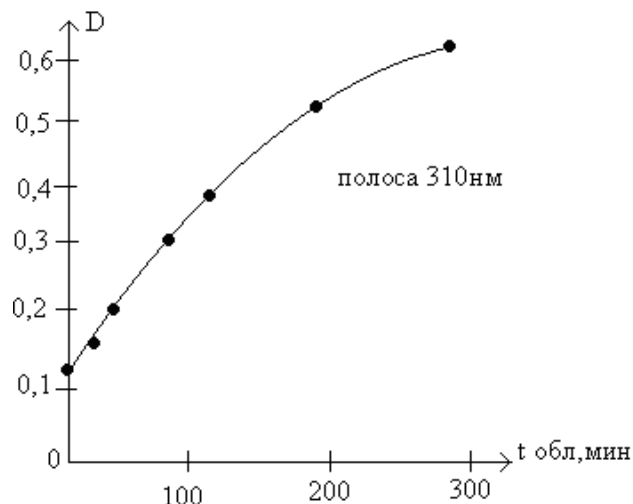
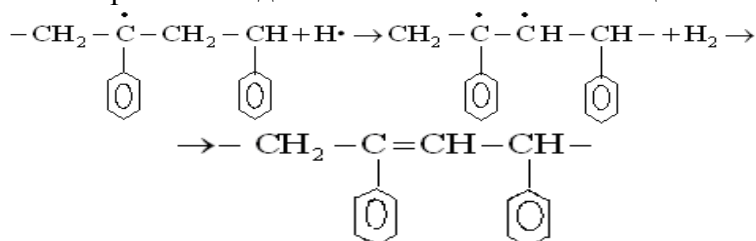


Рис 2. Зависимость оптической плотности поглощения полосы 310 нм от времени предварительного УФ-облучения ПС светом с  $\lambda_1 = 254 \text{ нм}$

С ростом дозы облучения образцы полимера приобретают жёлтую окраску. Это окрашивание связано с образованием сопряженных двойных связей в основной цепи полимера [1]:



О накоплении в полимере кислородосодержащих групп (гидроперекисей) также свидетельствуют ИК-спектры поглощения (пропускания). В качестве примера на рис.3а приведен ИК-спектр пропускания плёнки ПС, предварительно облучённой светом с  $\lambda_1=254\text{нм}$ . Построенная по подобным спектрам зависимость оптической плотности полосы  $1720 \text{ см}^{-1}$ , относящейся к кислородосодержащим группам, от времени предварительного облучения, приведена на рис. 3б.

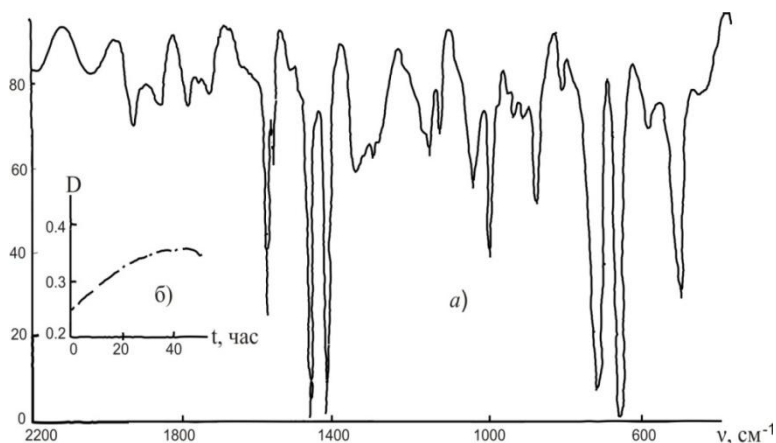
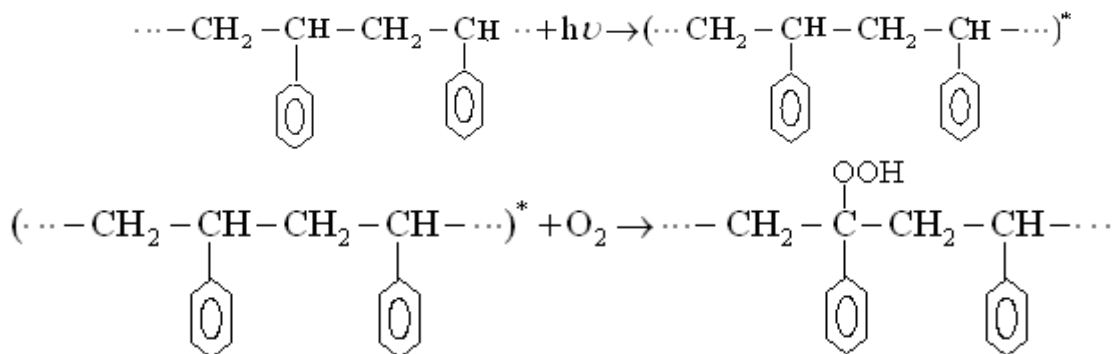
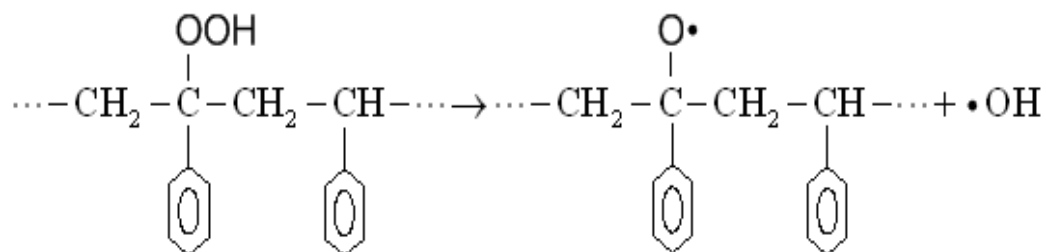


Рис 3. ИК-спектр пропускания полистирола (а) и изменение оптической плотности полосы  $1720\text{см}^{-1}$  в зависимости от времени облучения (б).

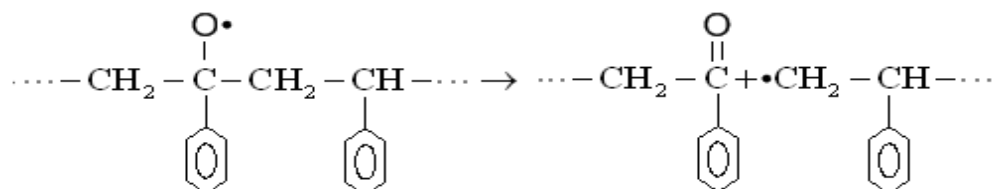
Процесс образования гидроперекисей протекает, по всей вероятности, по механизму:



В дальнейшем гидроперекиси распадаются на радикалы:



и происходит разрыв основной цепи с образованием концевых кислородсодержащих групп:



По характеру изменения разрывной прочности и накоплению хромофорных групп можно заключить, что скорость фотоокисления ПС зависит от длины волны УФ-излучения. При сохранении прочих равных условий скорость фотостарения ПС при облучении коротковолновым УФ-светом примерно в два раза больше, чем при облучении длинноволновым УФ-светом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рэнби Б. Фотодеструкция, фотоокисление, фотостабилизация полимеров / Б. Рэнби, Я. Рабек. -М.: «Мир», 1988. -675с.
2. Grassie N. The Photooxidation of polymers. 11. Photolysis of polystyrene / N. Grassie, N.A. Weir. J. Appl. Polym. Sci., 1965.-V.9.-PP.975-986.
3. Grassie N. Photooxidation of Polymers. Note on the Coloration of Polystyrene / N. Grassie, N.A. Weir. J. Appl. Polym. Sci., 1965.-V.9.-PP.999-1003.
4. Бобоев Т. Фотомеханическое разрушение полимеров / Т. Бобоев. -Душанбе: Матбуот, 2000. -241с.

#### ВЛИЯНИЕ КВАНТОВ УФ- СВЕТА РАЗНОЙ ЭНЕРГИИ НА СВЕТОСТОЙКОСТЬ ПОЛИСТИРОЛА

Исследовано влияние УФ-излучения различных длин волн на прочностные и спектроскопические характеристики пленок полистирола. Установлено, что скорость фотостарения полистирола при облучении коротковолновым светом (254нм) примерно в два раза превышает таковую при облучении длинноволновым (365нм) светом.



**Ключевые слова:** светостойкость, фотостарение, хромоформ, прочность.

### INFLUENCE OF THE DIFFERENCE ENERGY OF THE UV – LIGHT TO THE LIGHTFASTNESS OF THE POLYSTYRENE

The effect of UV radiation of different wavelengths on the strength and spectroscopic characteristics of the films of polystyrene has been investigated. Found that the rate of photoaging polystyrene at the shortwave light irradiation (254 nm) is approximately twice more than of the irradiation with long-wave (365 nm) light.

**Key words:** light resistance, photoaging, chromophore strength.

**Сведения об авторах:** *Т.Б. Бобоев* –доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики Таджикского национального университета. Телефон: **935-58-69-06**

*Ф.Х. Истамов* –кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой общей физики Таджикского национального университета. Телефон: **934-65-99-55**

*С.Дж. Гафуров* –старший преподаватель кафедры ГО ТНУ. Телефон: **221-79-31 (раб.)**

*Дж.Г. Шарипов* – старшин научный сотрудник НИИ ТНУ. Телефон: **221-79-31 (раб.)**

### ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТОАКУСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЗВУКОВ В СВЕРХТЕКУЧЕМ ГЕЛИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОСТРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА

*Т.Х.Салихов, С.К. Лейла Бехруз, Ф.Х.Хакимов*

**Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета**

В [1] нами была предложена теория генерации оптоакустических (ОА) импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии прямоугольным импульсом лазерного излучения посредством стрикционного механизма. В упомянутой работе было показано, что в этом случае каждый из генерируемых импульсов состоит из двух противофазных ОА-импульсов, вызванных включением и отключением луча соответственно. В [1] были проведены численные расчёты форм результирующих импульсов для значений длительности луча  $\tau_L$ , соответствующих областям совпадения противофазных ОА-импульсов. Однако, для того, чтобы более четко проследить динамику формирования результирующего ОА-импульса, необходимо выполнить эти расчёты для тех значений  $\tau_L$ , которые обеспечивают удаленность противофазных импульсов и показывают их сближение по мере уменьшения  $\tau_L$ , что и является, целью настоящей работы.

Как было показано в [1], выражения, описывающие структуру генерируемых ОА-импульсов можно написать в виде

$$P(t, r) = P_0(t, r) + P_1(t, r) + P_2(t, r), \quad T(t, r) = T_0(t, r) + T_1(t, r) + T_2(t, r), \quad (1)$$

$$P_i(t, r) = P_{i(1)}(t, r) + P_{i(2)}(t, r), \quad T_i(t, r) = T_{i(1)}(t, r) + T_{i(2)}(t, r). \quad (2)$$

В (1) и (2) использованы следующие обозначения:

$$P_0(t, r) = \frac{P_A A_1 r^2}{2} \int_0^\infty [1 - \Theta(t - \tau)] \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad T_0(t, r) = \frac{T_A B_1 r^2}{2} \int_0^\infty [1 - \Theta(t - \tau)] \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (3)$$

$$P_{1(1)}(t, r) = \frac{P_A r^2}{2} \frac{u_1^2 A_2}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty \text{Cos}(C_1 s t) \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (4)$$

$$P_{1(2)}(t, r) = -\frac{P_A r^2}{2} \frac{u_1^2 A_2}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty \text{Cos}[C_1 s(t - \tau_L)] \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (5)$$

$$P_{2(1)}(t, r) = \frac{P_A r^2}{2} \frac{u_1^2 A_3}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty \text{Cos}(C_2 s t) \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (6)$$

$$P_{2(2)}(t, r) = -\frac{P_A r^2}{2} \frac{u_1^2 A_3}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty [\text{Cos} C_2 s(t - \tau_L)] \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (7)$$

$$T_{1(1)}(t, r) = \frac{T_A r^2}{2} \frac{u_2^2 B_2}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty \text{Cos}(C_1 s t) \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (8)$$

$$T_{1(2)}(t, r) = -\frac{T_A r^2}{2} \frac{u_2^2 B_2}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty [\text{Cos} C_1 s(t - \tau_L)] \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (9)$$

$$T_{2(1)}(t, r) = \frac{T_A r^2}{2} \frac{u_2^2 B_3}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty \text{Cos}(C_2 s t) \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (10)$$

$$T_{2(2)}(t, r) = -\frac{T_A r^2}{2} \frac{u_2^2 B_3}{C_1^2 - C_2^2} \int_0^\infty [\text{Cos} C_2 s(t - \tau_L)] \varphi(s) J_0(rs) ds, \quad (11)$$

$P_A = D_1 L P_0 (\pi^2)^{-1}$ ,  $T_A = D_2 L P_0 (\pi^2)^{-1}$  - амплитуды генерируемых волн,  $\varphi(s) = \exp[-w^2 s^2 / 8]$ ,

$$A_1 = b_1 - \frac{D_2}{D_1} \alpha_T u_2^2 \rho_0^2, \quad A_2 = \frac{A_1 C_2^2}{u_1^2} - 1, \quad A_3 = 1 - \frac{A_1 C_1^2}{u_1^2}, \quad B_1 = 1 - \frac{b D_1}{D_2 \alpha_T \rho_0 u_2^2}, \quad B_2 = B_1 \cdot \frac{c_2^2}{u_2^2} - 1,$$

$$B_3 = 1 - B_1 \cdot \frac{c_1^2}{u_2^2}, \quad C_1^2 \approx u_1^2 (1 + w), \quad C_2^2 \approx u_2^2 (1 + w)^{-1}, \quad w = \beta u_2^2 / (u_1^2 - u_2^2), \quad D_1 = 1 + \varepsilon_1, D_2 = [1 + \varepsilon_2 (1 + \varepsilon_1)] \varepsilon_3,$$

$$\varepsilon_1 = \alpha_T T_0 \rho_s \sigma_0 / \rho_n C_p, \quad \varepsilon_2 = \alpha_T \rho_n u_1^2 / \rho_s \sigma_0, \quad \varepsilon_3 = \sigma_0 \rho_s T_0 / \rho_n \rho_0 C_p u_2^2, \quad \beta = \alpha_T^2 u_1^2 T_0 / C_p, \quad L = Y / c,$$

$Y = \rho_0 (\partial n / \partial \rho)_T$  - параметр ОА - связи [2],  $c$  - скорость света в вакууме;  $P_0$ ,  $w$  - мощность и радиус перетяжки луча соответственно;  $J_0(x)$  - функция Бесселя,  $u_1$  и  $u_2$  - скорости первого и второго звуков.

Из вышевыписанных выражений видно, что: 1) величины  $P_0(r, t)$  и  $T_0(r, t)$  воспроизводят форму падающего луча с амплитудами  $A_1$  и  $B_1$  соответственно; 2) величины  $P_1(t, r)$  и  $T_2(t, r)$  описывают обычные ОА - импульсы первого и второго звуков, которые распространяются со скоростями  $C_1$  и  $C_2$  соответственно; 3) величины  $P_2(t, r)$  и  $T_1(t, r)$  соответствуют импульсам тех же звуков, распространяющихся со скоростями  $C_2$  (медленный первый звук) и  $C_1$  (быстрый второй звук); 4) величины  $P_{i(2)}(t, r)$  и  $T_{i(2)}(t, r)$ , в подынтегральных выражениях которых содержится функция  $\text{Cos}[(C_i s(t - \tau_L))]$  и имеющие противоположные фазы по отношению к величинам  $P_{i(1)}(t, r)$  и  $T_{i(1)}(t, r)$ , соответствуют ОА - импульсам, возбуждаемым при включении луча; 5) при  $\tau_L \rightarrow 0$  результирующие ОА-сигналы  $P_i(t, r) = P_{i(1)}(t, r) + P_{i(2)}(t, r)$  и  $T_i(t, r) = T_{i(1)}(t, r) + T_{i(2)}(t, r)$  стремятся к нулю из-за противофазности их составляющих. Следовательно, результирующие возбуждаемые ОА -

импульсы будут формироваться в конкуренции импульсов, генерируемых при включении и выключении луча и для определения результирующих форм ОА- импульсов необходимо провести численные расчёты их амплитуд для различных значений  $\tau_L$ .

Нами выполнен расчёт формы этих импульсов для различных значений  $\tau_L$  для двух температур  $T = 1.1K$  и  $T = 1.4K$ . Численные значения термодинамических параметров, необходимые для расчёта, приведены в табл. 1 и 2. На рисунках 1 и 2 показаны результаты численного расчёта для  $T_0 = 1.4K$  для различных значений  $\tau_L$ . Видно, что положения ОА-импульсов  $P_{1(1)}(t, r)$ ,  $P_{2(1)}(t, r)$ ,  $T_{1(1)}(t, r)$  и  $T_{2(1)}(t, r)$  являются локализованными и не зависят от значения  $\tau_L$  и соответствуют  $t_{m(1)} \approx r/C_1$  и  $t_{m(2)} \approx r/C_2$  соответственно, в то время как  $P_{1(2)}(t, r)$ ,  $P_{2(2)}(t, r)$ ,  $T_{1(2)}(t, r)$  и  $T_{2(2)}(t, r)$  оказались высоко чувствительными к значениям  $\tau_L$ ; положение максимумов этих ОА – импульсов  $t_{m(i)} \approx r/C_{1,2} + \tau_L$  и с уменьшением значения  $\tau_L$  происходит сближение  $P_{1(2)}(t, r)$  к  $P_{1(1)}(t, r)$ ,  $P_{2(2)}(t, r)$  к  $P_{2(1)}(t, r)$ ,  $T_{1(2)}(t, r)$  к  $T_{1(1)}(t, r)$  и  $T_{2(2)}(t, r)$  к  $T_{2(1)}(t, r)$ , формируя тем самым набор возбуждаемых ОА-импульсов.

**Таблица 1. Значения термодинамических величин Не-II при давлении насыщенных паров, необходимые для расчёта величин  $A_i$  и  $B_i$  [3].**

T (K)	$u_1$ (m/s)	$u_2$ (m/s)	C (J/Kg.K)	$\alpha_T$ ( $K^{-1}$ )	$\rho$ ( $Kg/m^3$ )	$\rho_s / \rho_n$	$\sigma_0$ (J/Kg.K)
1.1	237.6	18.33	191	$0.08 \cdot 10^{-3}$	145.141	63.13	30.4
1.4	236.4	19.7	780	$-1.8 \cdot 10^{-3}$	145.163	12.41	132

**Таблица 2. Значения величин  $A_i$  и  $B_i$  для температур  $T = 1.1K$  и  $1.4K$**

T(K)	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$
1.1	0.87	-0.99	0.13	0.998	-0.0023	-166.63
1.4	1.5862	-0.99	-0.5862	1.08	0.08	-154.59

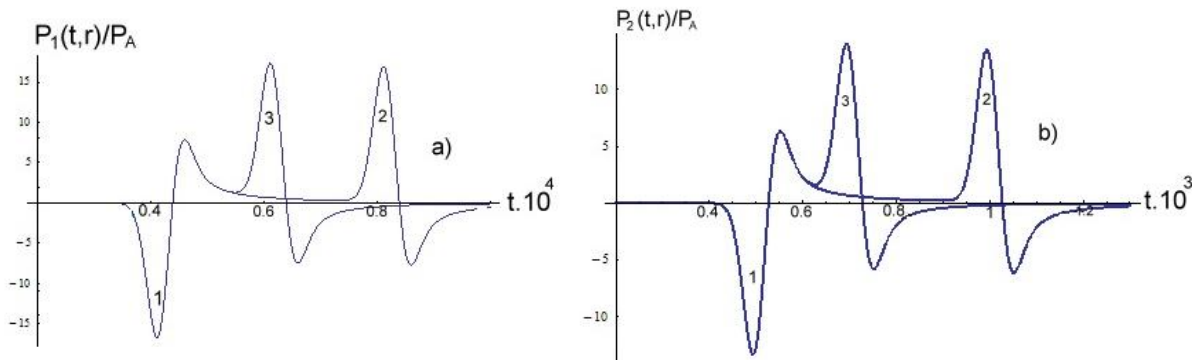


Рис.1. Временное поведение импульсов первого звука  $P_1(t, r)$  (а) и  $P_2(t, r)$  (б) в Не-II, генерируемого электрострикционным механизмом при  $T_0 = 1.4K$ ,  $w = 1 \cdot 10^{-3} м$ ,  $r = 0.01 м$ . На рис (а): кривая 1 соответствует  $P_{1(1)}(t, r)$  и значениям  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-5} с$ ,  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-5} с$ ; кривые 2 и 3- функция  $P_{1(2)}(t, r)$  для тех

же значений  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-5} c$  (кривая 2),  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-5} c$  (кривая 3). На рис (б): кривая 1 соответствует  $P_{2(1)}(t, r)$  и значениям  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-4} c$ ,  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-4} c$ ; кривые 2 и 3- функция  $P_{2(2)}(t, r)$  для тех же значений  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-4} c$  (кривая 2) и  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-4} c$  (кривая 3).

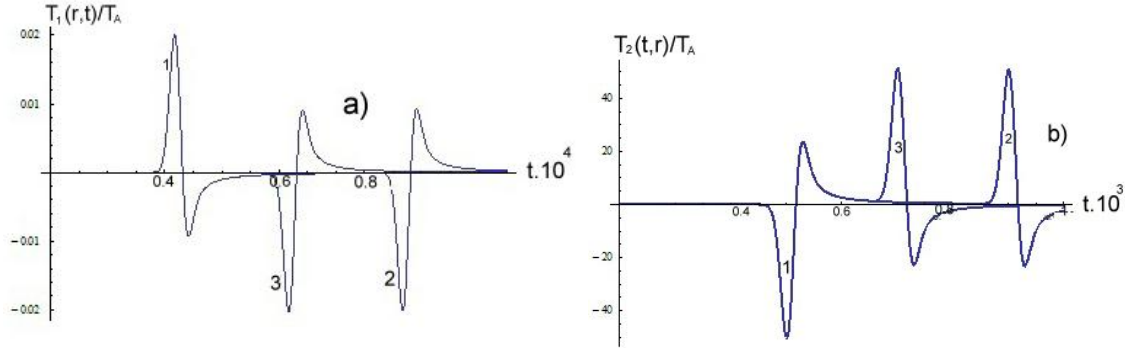


Рис.2. Временное поведение импульсов первого звука  $T_1(t, r)$  (а) и  $T_2(t, r)$  (б) в He-II, генерируемого электрострикционным механизмом при  $T_0 = 1.4K$ ,  $w = 1 \cdot 10^{-3} м$ ,  $r = 0.01 м$ . На рис (а): кривая 1 соответствует  $T_{1(1)}(t, r)$  и значениям  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-5} c$ ,  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-5} c$ ; кривые 2 и 3- функция  $T_{1(2)}(t, r)$  для тех же значений  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-5} c$  (кривая 2),  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-5} c$  (кривая 3). На рис (б): кривая 1 соответствует  $T_{2(1)}(t, r)$  и значениям  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-4} c$ ,  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-4} c$ ; кривые 2 и 3- функция  $T_{2(2)}(t, r)$  для тех же значений  $\tau_1 = 4 \cdot 10^{-4} c$  (кривая 2) и  $\tau_2 = 2 \cdot 10^{-4} c$  (кривая 3).

Из табл. 1 видно, что при  $T = 1.1K$  коэффициент теплового расширения имеет положительное значение, в то время как при  $T = 1.4K$  он имеет отрицательное значение. Это приводит к изменению знака и значений амплитуд  $A_3$  и  $B_2$  (см. табл. 2). Следовательно, возникает необходимость выполнения расчёта формы составляющих ОА-спектров и для  $T = 1.1K$ . Результаты такого расчёта для этой температуры иллюстрированы на рис.3 и 4. Из рис.3 видно, что в этом случае фазы ОА- сигналов  $p_{2(1)}$  и  $p_{2(2)}$  по сравнению с  $p_{1(1)}$  и  $p_{1(2)}$ , меняют свои знаки. Формирование ОА – импульса  $p_{2(1)}$  начинается из области сжатия и завершается областью разряжения, в то время, как  $p_{2(2)}$

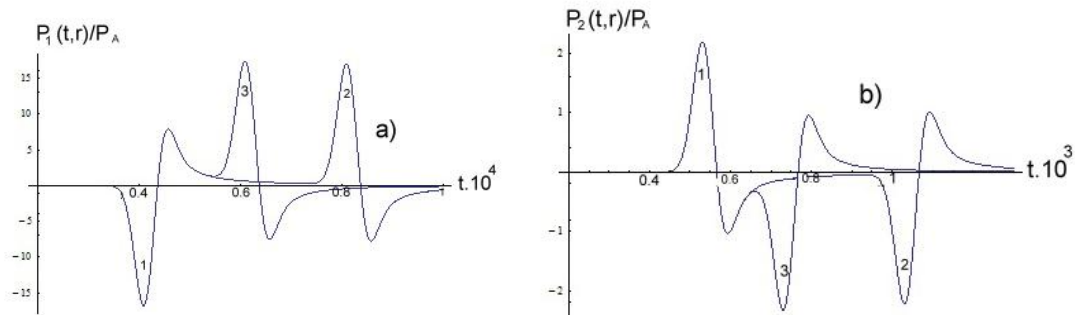


Рис.3. Временное поведение импульсов первого звука  $P_1(t, r)$  (а) и  $P_2(t, r)$  (б) в He-II, генерируемых электрострикционным механизмом при  $T_0 = 1.1K$ ,  $w = 1 \cdot 10^{-3} м$ ,  $r = 0.01 м$ . Другие параметры аналогичны рис.1.

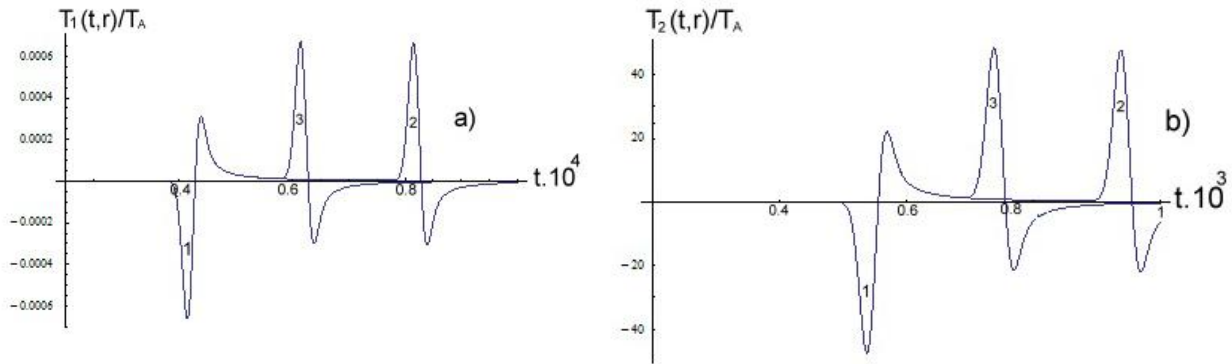


Рис.4. Временное поведение импульсов первого звука  $T_1(t,r)$  (а) и  $T_2(t,r)$  (б) в He-II, генерируемых электрострикционным механизмом при  $T_0 = 1.1K$ ,  $w = 1.10^{-3}m$ ,  $r = 0.01m$ . Другие параметры аналогичны рис.2.

имеет обратную структуру. Также заметен сдвиг с  $p_{1(2)}$  и  $p_{2(2)}$  к  $p_{1(1)}$  и  $p_{1(2)}$  при уменьшении  $\tau_L$  в два раза. Из рис.4 обнаруживается, что ОА-импульс  $T_{1(1)}(t,r)$  начинает свое формирование из области охлаждения и заканчивается в области нагрева. Такое поведении компонентов  $T_{1(1)}(t,r)$  при температуре  $T = 1.1K$  противоположно временному поведению  $T_{1(1)}(t,r)$  для  $T = 1.4K$ . Из сравнения рис.2. и 4. следует, что временные профили компонентов  $T_2(t,r)$  для  $T = 1.1K$  и  $T = 1.4K$  совпадают. Подчеркнем, что по мере приближения компонентов происходит их наложение, в результате чего формируются результирующие ОА-импульсы.

Таким образом, можно заключить, что по мере приближения ОА - импульсов происходит наложение их компонентов, в результате чего при температуре  $T = 1.4K$  происходит: 1) усиление результирующих импульсов  $P_1(t,r)$  (а) и  $P_2(t,r)$  при совпадении фаз сжатия импульсов сигналов  $p_{1(1)}$  с  $p_{1(2)}$  и  $p_{2(1)}$  с  $p_{2(2)}$ ; 2) ослабление  $P_1(t,r)$  (а) и  $P_2(t,r)$ , когда фазы сжатия  $p_{1(2)}$  накладываются на фазы разряжения  $p_{1(1)}$ ; 3) усиление ОА – импульсов  $T_1(t,r)$  и  $T_2(t,r)$  при совпадении фазы охлаждения  $T_{1(1)}(t,r)$  с  $T_{1(2)}(t,r)$  и фазы нагрева  $T_{2(1)}(t,r)$  с  $T_{2(2)}(t,r)$  соответственно и наоборот. Для температуры  $T = 1.1K$  по сравнению с  $T = 1.4K$  обнаруживаются некоторые существенные отличия, которые обеспечивают: 1) усиление ОА - сигнала  $P_2(t,r)$  при совпадении фазы разряжения  $p_{2(1)}$  с  $p_{2(2)}$ ;  $p_{1(1)}$  и ее ослабление для обратного случая; 2) усиление ОА-сигнала  $T_1(t,r)$  при совпадении фазы нагрева  $T_{1(1)}(t,r)$  с  $T_{1(2)}(t,r)$  и ее существенное ослабление, когда знаки фаз  $T_{1(1)}(t,r)$  и  $T_{1(2)}(t,r)$  противоположны. Следовательно, профиль генерируемых импульсом прямоугольного лазерного излучения ОА-импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии посредством стрикционного механизма существенно зависит не только от параметров импульса луча, но и от термодинамического состояния системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Салихов Т.Х. Особенности возбуждения оптоакустических импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии импульсом прямоугольного лазерного излучения посредством электрострикционного механизма./ Т.Х. Салихов, С.К. Бехруз Лейло, О.Ш. Одилов // Вестник ТНУ, 2013. – №1/1. – С.88-92
2. Гусев В.Э. Лазерная оптоакустика/ В.Э. Гусев, F/F/ Карабутов. -М.: Наука, 1991. –С. 304.
3. Есельсон Б.Н. Свойства жидкого и твердого гелия/ Б.Н. Есельсон, В.Н. Григорьев, В.Г. Иванцов [и др.]. -М: Из.-во Стандартов, 1978. – 128 с.

### **ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТОАКУСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЗВУКОВ В СВЕРХТЕКУЧЕМ ГЕЛИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОСТРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА**

Выполнен анализ динамики формирования ОА – импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии, генерируемых прямоугольными импульсами лазерного излучения посредством стрикционного механизма. Проведен численный расчет форм всех компонентов ОА – импульсов для температур  $T = 1.1K$  и  $T = 1.4K$ . Обнаружено, что изменение знака теплового расширения системы изменяет фазу компонентов дополнительных составляющих ОА – импульсов.

**Ключевые слова:** оптоакустика, сверхтекучий гелий, звук, импульс, лазер, динамика, электрострикция, механизм.

### **DYNAMICS FORMATION OF OPTOACOUSTIC PULSES OF THE FIRST AND SECOND SOUND IN SUPERFLUID HELIUM GENERATED BY A RECTANGULAR PULSE OF LASER RADIATION THROUGH THE ELECTROSTRICTIVE MECHANISM**

The analysis of the dynamics of the formation of OA - pulses of the first and second sound in superfluid helium generated by a rectangular pulse of laser radiation directly electrostriction mechanism has been done. The numerical calculation of the shape of all components of OA - pulse at the temperatures  $T = 1.1K$  and  $T = 1.4K$  are presented. Found that a variation in the sign of the thermal expansion coefficient of the system changes the phase of the components of additional components of OA - pulse.

**Key words:** optoacoustic, superfluid helium, second sound, rectangular shape of the laser radiation, electrostriction mechanism.

**Сведения об авторах** *Т.Х. Салихов* – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ ТНУ. E-mail: [t\\_salikhov@rambler.ru](mailto:t_salikhov@rambler.ru)

*Сафои Кучаксарои Лейла Бехруз* – выпускница физического факультета университета «Паёми нур», г. Машхад (ИР Иран), аспирантка НИИ ТНУ. Телефон: **934-10-91-47**

*Ф.Х.Хакимов* –доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики ТНУ, член.-корр. АН РТ. Телефон: **917-30-49-24**

## **ПОРЯДОК СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИОННОМ ГОРЕНИИ ГАЗОВ**

*Б.Дж. Гулбоев*

**Таджикский национальный университет**

Для описания горения, как и огромного числа других физико-химических процессов, требуется чёткое представление об особенностях протекания химических реакций. Наибольший интерес представляет химическая кинетика реакций в газовой фазе. Важнейшей характеристикой любой химической реакции является её скорость. В общем случае степень, в которой концентрация вещества входит в выражение скорости реакции называется порядком реакции по данному веществу [1]. В данной работе получены соотношения для скорости волны горения при нулевом, первом и втором порядках скорости химической реакции по

недостающему компоненту газовой смеси в целях определения влияния порядка реакции на характеристики волны горения.

Рассмотрим однотемпературную математическую модель фильтрационного горения газов в инертной пористой среде, записанной в движущейся со скоростью  $U$  системе координат ( $x = \xi + Ut$ ), на бесконечном интервале времени ( $t \rightarrow \infty$ ).

$$\begin{aligned} (\rho_{10}(v_{10} + U)c_p + \rho_2 c_2 U) \frac{dT}{dx} &= (\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2) \frac{d^2 T}{dx^2} + \rho_1 J Q, \\ \rho_{10}(v_{10} + U) \frac{d\eta_{1(i)}}{dx} &= \rho_1 D_{1(i)} \frac{d^2 \eta_{1(i)}}{dx^2} + \rho_1 \varsigma_{1(i)} J, \\ \rho_1 T &= \rho_{10} T_0, \quad J = \eta_{1(k_*)}^v k_0 \exp(-E/RT), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k, \\ \varsigma_{1(i)} &= - \frac{g_{1(i)}(v_{1(i)}'' - v_{1(i)}')}{g_{1(k_*)}(v_{1(k_*)}'' - v_{1(k_*)}')}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $\rho_{10}, \rho_2$  - приведенные плотности;  $c_p, c_2$  - теплоемкости,  $\alpha_1, \alpha_2$  - объёмные содержания,  $\lambda_1, \lambda_2$  - коэффициенты теплопроводности газа и пористой среды соответственно,  $v_{10}$  - скорость вдува газа,  $U$  - скорость волны горения,  $T$  - температура пористой среды,  $J$  - скорость химической реакции,  $Q$  - тепловой эффект реакции,  $\rho_1$  - плотность газа,  $\eta_{1(i)}$  - массовая концентрация,  $D_{1(i)}$  - коэффициент диффузии,  $g_{1(i)}$  - молекулярный вес,  $v_{1(i)}', v_{1(i)}''$  - коэффициенты исходных и конечных веществ  $i$ -го компонента газовой смеси соответственно,  $T_0$  - начальная температура пористой среды,  $\eta_{1(k_*)}$  - концентрация,  $v_{1(k_*)}', v_{1(k_*)}''$  - коэффициенты исходных и конечных веществ недостающего компонента газовой смеси соответственно,  $\nu$  - порядок реакции,  $k_0$  - предэкспонент,  $E$  - энергия активации,  $R$  - универсальная газовая постоянная,  $k$  - количество компонентов газовой смеси.

Математическая модель (1) состоит из уравнения переноса энергии системы (пористая среда — смеси газов), уравнения неразрывности компонентов газовой смеси и уравнение состояния газа в предположении постоянства давления. Данная математическая модель (1) отличается от предыдущих моделей описания фильтрационного горения газов в инертной пористой среде тем, что вместо уравнения неразрывности недостающего компонента и смеси газов в целом используются уравнения неразрывности для каждого компонента газовой смеси. Модель (1) для описания ФГГ используется впервые, но в [2] такой подход предусмотрен для объяснения физико-химических явлений и процессов.

В теории горения [3] скорость распространения волны горения определяется из условия согласования функции тепловыделения и температурных профилей в высокотемпературной зоне. При этом используется предположение, согласно которому вся тепловая энергия выделяется в узкой температурной и пространственной зоне, а приближение для профилей температур строится на основе решения в инертной зоне ( $J = 0$ ).

$$\begin{aligned} T - T_0 &= (T_e - T_0)(1 + a_1 x), \\ \eta_{1(i)} - \eta_{1(i)0} &= (\eta_{1(i)e} - \eta_{1(i)0}) \exp(a_{2(i)} x), \\ a_1 &= \frac{\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2}{\rho_{10}(v_{10} + U)c_p + \rho_2 c_2 U}, \quad a_{2(i)} = \frac{\rho_{10}(v_{10} + U)}{\rho_{1e} D_{1(i)e}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь

$$T_e = T_0 + \frac{Q\eta_{1(k^*)0}}{c_p u_\varphi} \quad (3)$$

- максимальная температура,  $\eta_{1(i)e}$ ,  $\rho_{1e}$ ,  $D_{1(i)e}$  - концентрация компонентов, плотность газа и коэффициент диффузии в зоне горения соответственно,  $u_\varphi = 1 + \frac{\varphi}{1+u_0}$ ,  $\varphi = \frac{\rho_2 c_2}{\rho_{10} c_p}$ ,  $u_0 = \frac{v_{10}}{U}$ .

Используя решения (2) проинтегрируем первое уравнение системы (1) от  $-\infty$  до 0, предварительно приумножая источник тепловыделения (в этом уравнения) на сумму  $\sum_{i=1}^k \eta_{1(i)}$ , которая тождественно равна единице. В результате интегрирования в случае нулевого порядка ( $\nu = 0$ ) по недостающему компоненту газовой смеси имеем

$$(\nu_{10} + U)^2 = k_0 \exp(-1/\beta) \frac{\gamma \lambda_1 \Lambda}{\rho_{10}^0 c_p u_\varphi \eta_{1(k^*)}} \frac{T_0}{T_e} \left[ 1 + \sum_{i=1}^k \frac{\eta_{1(i)e} - \eta_{1(i)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff} u_\varphi} + 1} \right] \quad (4)$$

где  $\beta = \frac{RT_e}{E}$ ,  $\gamma = \frac{RT_e^2}{E(T_e - T_0)}$  - число Зельдовича,

$Le_{eff} = \frac{Le_i}{\Lambda}$ ,  $\Lambda = 1 + \frac{\alpha_2 \lambda_2}{\alpha_1 \lambda_1}$ ,  $Le_i = \frac{D_{1(i)}}{k}$ ,  $k = \frac{\lambda_1}{\rho_{10}^0 c_p}$ ,  $\rho_{10}^0$  - истинная плотность исходного газа.

Аналогичным образом находим соотношения для скорости волны в случаях первого ( $\nu = 1$ ) и второго ( $\nu = 2$ ) порядков скорости химической реакции

$$(\nu_{10} + U)^2 = k_0 \exp(-1/\beta) \frac{\gamma \lambda_1 \Lambda}{\rho_{10}^0 c_p u_\varphi \eta_{1(k^*)}} \frac{T_0}{T_e} \left[ (\eta_{1(k^*)e} - \eta_{1(k^*)0}) \sum_{i=1}^k \frac{\eta_{1(i)e} - \eta_{1(i)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff(i)} u_\varphi} + \frac{\gamma}{Le_{eff(2)} u_\varphi} + 1} + \right. \quad (5)$$

$$\left. + \eta_{1(k^*)0} \sum_{i=1}^k \frac{\eta_{1(i)e} - \eta_{1(i)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff(i)} u_\varphi} + 1} + \frac{\eta_{1(k^*)e} - \eta_{1(k^*)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff(2)} u_\varphi} + 1} + \eta_{1(k^*)0} \right]$$

$$(\nu_{10} + U)^2 = k_0 \exp(-1/\beta) \frac{\gamma \lambda_1 \Lambda}{\rho_{10}^0 c_p u_\varphi \eta_{1(k^*)}} \frac{T_0}{T_e} \left[ (\eta_{1(k^*)e} - \eta_{1(k^*)0}) \sum_{i=1}^k \frac{\eta_{1(i)e} - \eta_{1(i)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff(i)} u_\varphi} + \frac{2\gamma}{Le_{eff(2)} u_\varphi} + 1} \right. \quad (6)$$

$$+ 2(\eta_{1(k^*)e} - \eta_{1(k^*)0}) \sum_{i=1}^k \frac{\eta_{1(i)e} - \eta_{1(i)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff(i)} u_\varphi} + \frac{\gamma}{Le_{eff(2)} u_\varphi} + 1} + \eta_{1(k^*)}^2 \sum_{i=1}^k \frac{\eta_{1(i)e} - \eta_{1(i)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff(i)} u_\varphi} + 1} +$$

$$\left. + \frac{(\eta_{1(k^*)e} - \eta_{1(k^*)0})^2}{\frac{2\gamma}{Le_{eff(2)} u_\varphi} + 1} + \frac{2(\eta_{1(k^*)e} - \eta_{1(k^*)0})\eta_{1(k^*)0}}{\frac{\gamma}{Le_{eff(2)} u_\varphi} + 1} + \eta_{1(k^*)}^2 \right]$$



При условии симметричности профилей температуры и концентрации компонентов ( $Le_{eff} u_\varphi = 1$ ) соотношения (4)-(6) соответственно примут вид

$$(v_{10} + U)^2 = k_0 \exp(-1/\beta) \frac{\gamma \lambda_1 \Lambda}{\rho_{10}^0 c_p u_\varphi \eta_{1(k_e)}} \frac{T_0}{T_e} \quad (7)$$

$$(v_{10} + U)^2 = k_0 \exp(-1/\beta) \frac{\gamma^2 \lambda_1 \Lambda}{\rho_{10}^0 c_p u_\varphi (1 + \gamma)} \frac{T_0}{T_e} \quad (8)$$

$$(v_{10} + U)^2 = k_0 \exp(-1/\beta) \frac{2\gamma^3 \lambda_1 \Lambda \rho_{10} \eta_{1(k_e)}}{\rho_{10}^0 c_p u_\varphi (2\gamma + 1)(\gamma + 1)} \left(\frac{T_0}{T_e}\right)^2 \quad (9)$$

Численные расчёты по соотношениям (7)-(9) проводились для водородно-воздушной (33% H<sub>2</sub>, 55% H<sub>2</sub> и 65% H<sub>2</sub>) и метановоздушной (7.5% CH<sub>4</sub>, 8.5% CH<sub>4</sub> и 9.5% CH<sub>4</sub>) смесей при варьировании скорости вдува от 0.5 м/с до 6 м/с с интервалом 0.5 м/с. Расчёты были произведены программой «Подбор параметра», результаты которых приводятся на следующих рисунках.

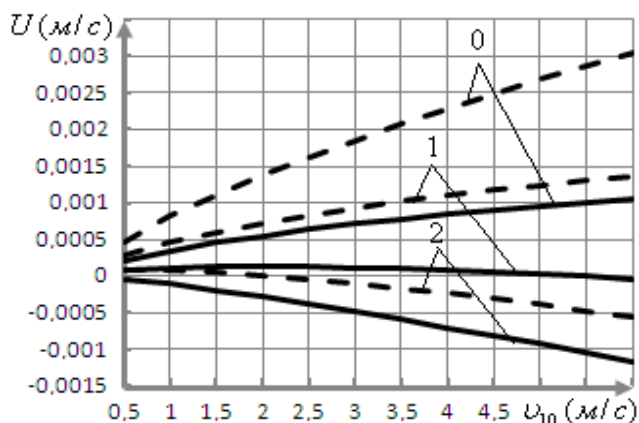


Рис.1. Зависимость  $U(v_{10})$  при 33% (пунктирные) и 65% (сплошные) водорода в смеси: 0 – нулевой порядок, 1 – первый порядок, 2 – второй порядок скорости химической реакции по недостающему компоненту газовой смеси.

На рис.1 приводятся кривые зависимости скорости волны от скорости вдува  $U(v_{10})$  при 33% (пунктирная кривая) и 65% (сплошная кр.) водородно-воздушной смеси в случаях нулевого (кривые 0), первого (кривые 1) и второго (кривые 2) порядков реакции по недостающему компоненту газовой смеси. Из этого рисунка видно, что относительно меньшая скорость волны наблюдается при первом порядке скорости химической реакции. При нулевом порядке скорость распространения волны относительно больше (0.000212 м/с; 0.003051 м/с) и увеличивается при уменьшении процентного содержания водорода (65% H<sub>2</sub>, 55% H<sub>2</sub>, 33% H<sub>2</sub>) в смеси. В случае первого порядка уменьшение доли водорода также приводит к увеличению скорости волны. Интервал изменения последнего в случае 33%, 55% и 65% водорода в воздухе от  $U = -0.000038$  м/с до  $U = 0.001361$  м/с. При втором порядке реакции волна горения распространяется на встречу вдуваемого потока газа. Например, при 65% и 55% составе водорода в смеси все значения  $U$  отрицательные и находятся в интервалах (-0.00116 м/с; -0.000034 м/с) и (-0.00097 м/с; -0.0000061 м/с) соответственно. Для 33% H<sub>2</sub> в смеси и малых значениях скорости вдува (от 0.5 м/с до 2 м/с) существует область положительных значений скорости волны (0.0000731 м/с ÷ 0.00000875 м/с), которые при увеличении скорости вдува (более 2 м/с) переходят в отрицательную область значений (-

0.00055 м/с ÷ -0.000041 м/с). Отметим, что уменьшение доли водорода (0.65, 0.55, 0.33) в воздухе приводит к смещению вверх всех трёх кривых независимо от порядка реакции (рис.1).

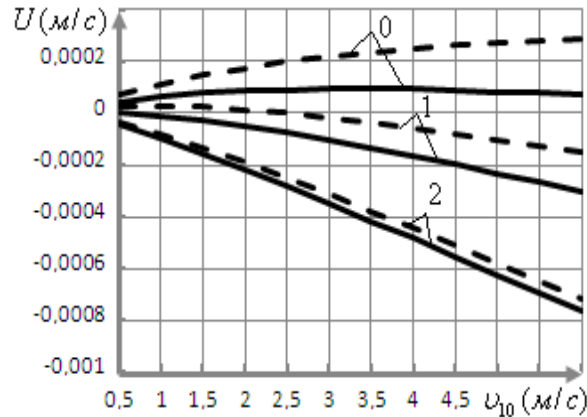


Рис.2. Зависимость  $U(v_{10})$  при 7.5% (пунктирные) и 9.5% (сплошные) метана в смеси: 0 – нулевой порядок, 1 – первый порядок, 2 – второй порядок скорости химической реакции по недостающему компоненту газовой смеси.

Кривые зависимости скорости волны от скорости вдува при следующих составах метана в воздухе 7.5% и 9.5% в случаях нулевого, первого и второго порядков реакции приводятся на рис.2. С увеличением порядка реакции кривые смещаются вниз в сторону отрицательных значений скорости волны. При увеличении процентного содержания метана (7.5%, 8.5% и 9.5%) в смеси независимо от порядка все кривые располагаются всё выше и выше, то есть скорость волны увеличивается. Например, в случаях 7.5%, 8.5% и 9.5% состава метана в смеси интервалы изменения скорости волны соответственно равны (-0.00076 м/с; 0.0000943 м/с), (-0.00074 м/с; 0.000182 м/с) и (-0.00072 м/с; 0.000291 м/с) (рис.2).

Полученные расчётные скорости волны сравнивались с результатами расчёта по формуле

$$v_{10} - U = \sqrt{\frac{(2-\nu)(\alpha_1\lambda_1 + \alpha_2\lambda_2)\eta_0^{\nu-1}k_0T_0RT_e \exp(-E/RT_e)}{\rho_{10}\eta_0QE}},$$

которая была получена в [4] методом Б.В. Новожилова в предположении постоянства плотности газа ( $\rho_1 = const$ ) и отсутствии диффузии компонентов ( $D=0$ ). Сравнивались результаты при первом порядке скорости химической реакции по недостающему компоненту газовой смеси в случае 65% водорода в воздухе (рис.3).



Рис.3. Зависимость  $U(v_{10})$  при 65%  $H_2$  в смеси: 1 –первый порядок реакции без учёта диффузии компонентов, 2 –первый порядок реакции с учётом диффузии компонентов.

Кривая 1 зависимости скорости волны от скорости вдува  $U(v_{10})$  монотонно возрастает по мере увеличения скорости вдува. При варьировании последнего до 6 м/с скорость волны изменяется в пределах (0.00021 м/с; 0.00042 м/с). Кривая 2 в точке  $v_{10} = 2$  м/с имеет максимум ( $U = 0.000134$  м/с) и изменяется в интервале (-0.000038 м/с; 0.000118 м/с).

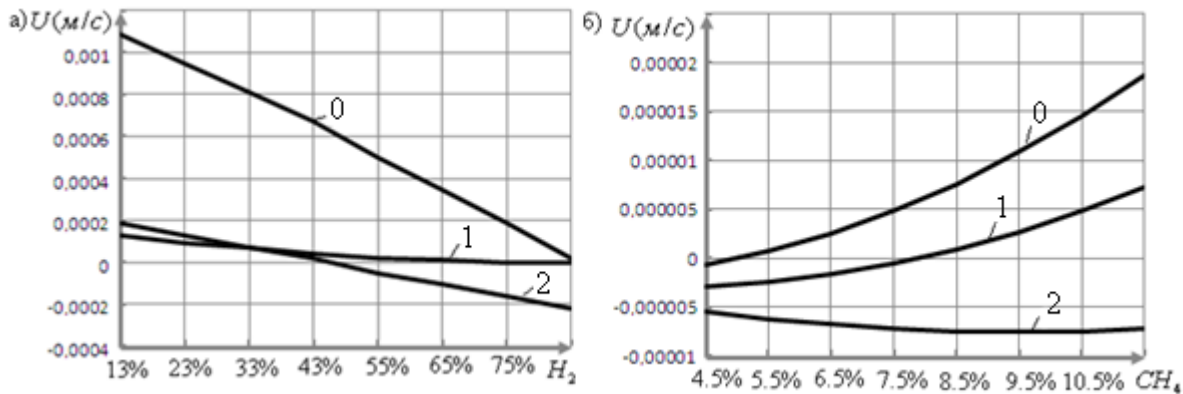


Рис.4. Зависимость  $U(\eta_{1(k)})$  при  $v_{10} = 1$  м/с : 0 – нулевой порядок, 1 – первый порядок, 2 – второй порядок реакции по недостающему компоненту газовой смеси.

На рис. 4 приведены кривые зависимости скорости волны от концентрации недостающего компонента газовой смеси при скорости вдува 1 м/с. Из этого рисунка видно, что при малых долях водорода в смеси скорость волны больше и уменьшается при увеличении доли газа в воздухе. В случае метановоздушной смеси наоборот, увеличение процентного содержания приводит к увеличению скорости волны. Отметим, что при горении водородно-воздушной смеси недостающим компонентом является кислород, а в случае метановоздушной – горючий газ.

При варьировании скорости вдува в вышеуказанном интервале для каждого значения скорости волны можно найти максимальную температуру рассчитанную по формуле (3). Результаты расчётов показывают, что максимальная температура увеличивается при увеличении порядка скорости химической реакции. При увеличении доли метана (0.075, 0.085 и 0.095) и водорода (0.33, 0.55 и 0.65) в смеси максимальная температура также увеличивается во всех рассмотренных порядков реакции. Пределы изменения максимальной температуры (в Кельвинах) при варьировании скорости вдува (0.5-6м/с) для нулевого, первого и второго порядков приведены в следующей таблице

	7.5% CH <sub>4</sub>	8.5% CH <sub>4</sub>	9.5% CH <sub>4</sub>	33% H <sub>2</sub>	55% H <sub>2</sub>	65% H <sub>2</sub>
Нулевой порядок	1523-2063	1543-2100	1562-2134	839-1133	806-1073	786-1038
Первый порядок	2080-3089	2098-3126	2114-3159	1084-1575	1056-1521	1040-1489
Второй порядок	4241-10235,57	4242-10235,60	4242-10235,62	1803-3504,71	1803-3504,75	1804-3504,83

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добрага К.В. Физика фильтрационного горения газов / К.В. Добрага, С.А. Жданок. – Минск: Ин-т тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАНБ, 2002. - 203 с.
2. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. Ч.1. – М.: Наука, 1987. – 464 с.

3. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович [и др.]. -М., 1980г.
4. Садриддинов П.Б. Математическое моделирование стационарной волны горения газа в режиме низких скоростей. дисс. канд. ф.-м. н. / П.Б. Садриддинов. -Душанбе, 2012. -99 с.

#### **ПОРЯДОК СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИОННОМ ГОРЕНИИ ГАЗОВ**

Получены соотношения для скорости волны фильтрационного горения газов в инертной пористой среде при нулевом, первом и втором порядках скорости химической реакции по недостающему компоненту газовой смеси. Проведены расчёты скорости волны для водородно-и метановоздушных смесей при разных составах и скорости вдува. Анализируется влияние порядка скорости химической реакции на характеристики волны.

**Ключевые слова:** волна горения, порядок реакции, недостающий компонент газовой смеси, условия симметричности.

#### **ORDER BY CHEMICAL REACTION RATE FILTRATION COMBUSTION OF GASES**

The relations for the wave velocity filtration combustion of gases in an inert porous medium at zero, first and second orders of the chemical reaction rate on the missing components of the gas mixture. The calculations of the wave velocity for hydrogen-and methane-air mixtures with different compositions and injection velocity. Analyzes the effect of the order of the chemical reaction rate on the characteristics of the wave.

**Key words:** combustion wave, the order of reaction, the missing component of a gas mixture, the symmetry condition.

**Сведения об авторе:** *Б.Дж. Гулбоев* - аспирант кафедры «Вычислительная математика и механика» Таджикского национального университета. Телефон:**918-35-34-89**. E-mail:**bakhtiyor-2012@mail.ru**

#### **ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЦИОНАРНОЙ ВОЛНЫ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ**

*М.М. Кабилов, И.Х. Халимов, Б.Дж. Гулбоев*  
Российско-Таджикский (славянский) университет,  
ГУП «Рохи охан» Республики Таджикистан,  
Таджикский национальный университет

В настоящее время имеются обширные теоретические и экспериментальные исследования стационарных волн фильтрационного горения газов (ФГГ) [1-11] применительно к созданию горелочных устройств и промышленных огнепреградителей. В традиционных горелочных устройствах на основе ФГГ устойчивое горение в пористой среде происходит за счет стабилизации пламени вблизи границы пористое тело – внешняя среда. Современные горелки используют также иные способы локализации пламени в пористых телах. Действие огнепреградителей основано на гашении пламени, рабочий элемент которых представляет собой слой пористой среды. Огнепреградители с эффективным размером пор, меньшим критического диаметра, не допускают проскока пламени в защищаемый объем, однако, локализованное горение на поверхности пламегасящего элемента постепенно нагревает огнепреградитель и пламя медленно перемещается в его глубь и в конечном итоге может выйти за его пределы. Это явление называется прогоранием огнепреградителя, физической причиной является существование низкоскоростного режима фильтрационного горения газа [7-9]. Большинство применяемых в промышленности огнепреградителей локализуют горение непродолжительное время - 4 ÷ 30 минут, а затем пламя проникает в защищаемый объем. Следовательно, проблема усовершенствования огнепреградителей заключается в увеличении времени прогорания, так как указанное время может оказаться недостаточным для действенных мер по ликвидации аварийной ситуации. Возможные пути повышения огнестойкости огнепреградителей приводятся в [8]. Заметим, что волны ФГГ

могут распространяться как в направлении потока газа (спутная волна), так и против потока (встречная волна). Прогорание огнепреградителя происходит в варианте встречной волны, поэтому вопрос о возможности прогорания сводится к вопросу существования встречной волны ФГГ. Другая особенность ФГГ это большое число определяющих параметров, включая параметры пористой среды, которые могут быть использованы для управления процессами горения газов в конкретных технологиях.

В [4] отмечено, что оценка величин скорости прогорания в параметрических условиях, а также анализ параметрических зависимостей скорости можно провести в рамках стационарной модели ФГГ [5] или ближе к потребностям практики инженерной модели [6]. В моделях [5-11] характеристики волны ФГГ, в том числе и направление распространения изучены в зависимости от параметров потока газовой смеси (состав смеси, скорость потока) и показателей пористой среды огнепреградителя (размер пор, пористость, теплоемкость и теплопроводность пористой среды). Однако, в этих работах детальная структуризация стационарной волны ФГГ проводится либо приближенными методами, либо с позиции нестационарной модели.

Целью настоящей работы является численное моделирование структуры стационарной волны фильтрационного горения метановоздушной смеси газов в инертной пористой среде и анализ изменений ее основных характеристик, такие как, скорость распространения, максимальные температуры газа и пористого элемента, толщины различных зон в зависимости от скорости вдува исходной смеси, диаметра частиц и эффективного коэффициента теплопроводности пористого элемента.

В данной работе рассматривается неадиабатическая двухтемпературная математическая модель распространения волн ФГГ без учета диффузии и теплопроводности в газе [5]. При этом предполагается, что молекулярные веса исходной смеси и продуктов сгорания одинаковы, а также течение газа рассматривается с пренебрежимо малым градиентом давления. Эта модель состоит из одномерных уравнений распространения тепла в инертной среде и газе, переноса массы недостающего компонента, сохранения полного количества вещества и уравнения состояния идеального газа

$$\begin{aligned}
 \rho_1 c_p \frac{\partial T_1}{\partial t} &= -\rho_1 c_p v_1 \frac{\partial T_1}{\partial \xi} - \alpha S_c (T_1 - T_2) + \rho_1 Q \eta_0 n k_0 \exp(-E / RT_1), \\
 \rho_2 c_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} &= \alpha_2 \lambda_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial \xi^2} + \alpha S_c (T_1 - T_2) + \alpha_0 (T_0 - T_2), \quad \alpha = \frac{Nu \lambda_1}{d_{eff}}, \\
 \rho_1 \frac{\partial n}{\partial t} &= -\rho_1 v_1 \frac{\partial n}{\partial \xi} - \rho_1 n k_0 \exp(-E / RT_1), \quad \frac{\partial \rho_1}{\partial t} = -\frac{\partial \rho_1 v_1}{\partial \xi}, \quad \rho_1 T_1 = const., \\
 Nu &= 0.395 Re^{0.64} Pr^{1/3}, \quad Re = \frac{|v_1| d_{eff} \rho_1^0}{\mu_1}, \quad Pr = \frac{c_p \mu_1}{\lambda_1}, \quad d_{eff} = \frac{2\alpha_1 d_3}{3\alpha_2}, \quad S_c = \frac{6\alpha_2}{d_3}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Здесь  $T_1, T_2$  - температуры газовой и твердой фаз;  $n$  - относительная массовая концентрация недостающего компонента;  $v_1$  - скорость потока газа в порах;  $\rho_1, c_p$  - приведенная плотность и теплоемкость смеси газов;  $\rho_2, c_2$  - те же величины для пористой среды;  $\lambda_1$  - коэффициент теплопроводности смеси газов;  $\lambda_2$  - эффективный коэффициент теплопроводности пористой среды;  $\alpha_1$  - пористость;  $\alpha$  - поверхностный коэффициент межфазного теплообмена;  $S_c$  - удельная поверхность пористой среды;  $\alpha_0$  - объёмный

коэффициент теплоотдачи в окружающее пространство;  $Q$  - тепловой эффект реакции;  $E$  - энергия активации;  $R$  - универсальная газовая постоянная;  $d_3$  - диаметр частиц пористой среды;  $k_0$  - предэкспонент;  $Nu$ ,  $Re$ ,  $Pr$  - числа Нусельта, Рейнольдса, Прандтля соответственно;  $\mu_1$  - динамический коэффициент вязкости;  $d_{eff}$  - эффективный диаметр пор.

Структура стационарных волн ФГГ изучается в движущейся с постоянной скоростью  $U$  - системе координат и на бесконечном интервале времени ( $t \rightarrow \infty$ ). Переходя к этой системе посредством замены переменных:  $x = \xi - U\tau$ ,  $t = \tau$ , из (1) имеем

$$\begin{aligned} -\rho_2 c_2 U \frac{dT_2}{dx} &= \alpha_2 \lambda_2 \frac{d^2 T_2}{dx^2} + \alpha S_c (T_1 - T_2) + \alpha_0 (T_0 - T_2), \\ \rho_1 c_p (v_1 - U) \frac{dT_1}{dx} &= -\alpha S_c (T_1 - T_2) + \rho_1 Q \eta_0 J, \\ \rho_1 (v_1 - U) \frac{dn}{dx} &= -\rho_1 J, \quad J = nk_0 \exp(-E/RT_1), \\ \rho_1 (v_1 - U) &= \rho_{10} (v_{10} - U), \quad \rho_1 T_1 = \rho_{10} T_0. \end{aligned} \quad (2)$$

Граничными условиями задачи являются условия на бесконечности

$$\begin{aligned} x = -\infty: \quad T_1 &= T_0, \quad T_2 = T_0, \quad n = 1, \\ x = +\infty: \quad \frac{dT_1}{dx} &= 0, \quad \frac{dT_2}{dx} = 0, \quad n = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

В данной модели ФГГ (2), (3) в отличие от модели [11], где рассматривались стационарные адиабатические волны фильтрационного горения несжимаемых газов, присутствует член, отвечающий за теплоотвод в окружающее пространство. Коэффициент теплоотвода определялся по формуле [7,9]  $\alpha_0 = 2\alpha_w / R_w$ , где  $\alpha_w$  - поверхностный коэффициент теплоотдачи стенки трубки;  $R_w$  - радиус трубки.

Для наглядного представления закономерности скорости волны на рис.1 приведены кривые зависимости скорости волны от скорости вдува -  $U(v_{10})$  при значениях эффективного коэффициента теплопроводности  $\lambda_2 = 0,3 \text{ Вт/(мК)}$  (кривая 1 соответствует диаметру частиц  $d = 3 \text{ мм}$ , а кривая 2 -  $d = 5 \text{ мм}$ ) и  $\lambda_2 = 0,9 \text{ Вт/(мК)}$  (кривая 3,  $d = 3 \text{ мм}$ ). Из рис.1 замечаем, что при одних и тех же значениях скорости вдува и эффективного коэффициента теплопроводности, скорость волны уменьшается с увеличением диаметра частиц, последнее пропорционально эффективному диаметру пор. Эксперимент подтверждает этот вывод [5, рис.7]. Однако, в [5] при диаметре частиц пористой среды  $d = 3 \text{ мм}$  обнаружен переход в режим высоких скоростей, что неадекватно с нашими расчетами (рис.1).

Отметим, что в [4] были изложены результаты испытаний опытного образца огнепреградителя на прорыв пламени и прогорание, где использовался метановоздушная смесь (8.5, 9 и 10% - содержание метана в смеси). При этом скорость газовой смеси перед огнепреграждающим элементом составляла соответственно 53.5, 37.4, 21.4 и 5.4 см/сек. Для более детального анализа структуры волны ФГГ нами были проведены численные расчеты для метановоздушной смеси газов (8,5%CH<sub>4</sub>+воздух и 9%CH<sub>4</sub>+воздух) при коэффициенте теплоотдачи стенки  $\alpha_w = 50 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ .

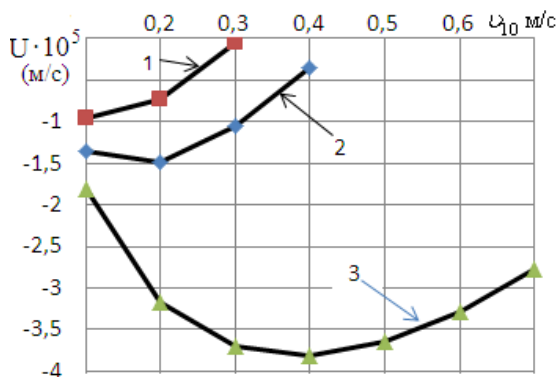


Рис.1. Зависимости скорости волны от скорости вдува  $U(v_{10})$  при диаметре частиц ( $d=0.003$ м (1, 3),  $d=0.005$ м (2)) и коэффициенте теплопроводности ( $\lambda_2 = 0.3$ Вт/(мК) (1, 2),  $\lambda_2 = 0.9$ Вт/(мК) (3)).

При скоростях вдува газа  $v_{10} = \{0,214; 0,374; 0,535$  м/с  $\}$ , фиксированных диаметрах частиц пористой среды  $d_3 = \{5; 6$  мм  $\}$  и коэффициентах теплопроводности пористой среды  $\lambda_2 = \{0,3; 0,5; 0,9$  Вт/(м<sup>2</sup>К)  $\}$ , скорость распространения волны ФГГ ( $U$ ) увеличивается в пределах от  $-6,67 \cdot 10^{-6}$  м/с до  $2,719 \cdot 10^{-5}$  м/сек. При этом общая длина волны ФГГ изменяется от 6,4 до 21,4 мм, для 8,5 % метана, и от 8,47 до 19,97 мм для 9%-го состава. Если с увеличением скорости вдува общая длина волны ФГГ уменьшается (при фиксированных диаметрах частиц), то с увеличением диаметра частиц пористой среды она увеличивается (фиксированная скорость вдува газа).

На рис.2 приводятся распределения температур смеси газов и пористой среды, где по оси абсцисс находится количество шагов интегрирования с перерывом на 1000 шагов, при этом шаг интегрирования  $H = 2 \cdot 10^{-6}$ , а характерный размер  $L = 0,1$ м.

**Толщина зоны подогрева** (рис.2, зона1). Эта толщина нами определена, условна и равна расстоянию от начала расчета до координаты точки пересечения температур перед зоной горения, поскольку координаты резкого возрастания температуры смеси газов и точки пересечения температур в распределениях во всех вариантах расчета примерно равны. В 9% составе метановоздушной смеси при  $d = 5$ мм и  $\lambda_2 = 0,3$ Вт/(м<sup>2</sup>К) толщина зоны подогрева уменьшается от 8,79 мм до 5,8 мм с увеличением скорости вдува газа  $v_{10} = (0,214; 0,374; 0,535$ м/с). Если при этом увеличить коэффициент теплопроводности до  $\lambda_2 = 0,9$ Вт/(м<sup>2</sup>К) толщина уменьшается от 17,66мм до 10,34мм. Здесь обнаруживаем, что с увеличением коэффициента эффективной теплопроводности пористой среды интервал уменьшения толщины зоны подогрева смещается вправо. Эта закономерность сохраняется и при  $d = 6$ мм, то есть толщина уменьшается от 9,44мм до 6,36мм и от 18,51мм до 11,06мм соответственно. Следовательно, делаем вывод, что с увеличением диаметра частиц и коэффициента эффективной теплопроводности толщина зоны подогрева увеличивается при всех вышеотмеченных фиксированных значениях скорости вдува. При уменьшении процентного состава метана в смеси от 9 до 8,5% толщина зоны подогрева уменьшается.

**Толщина зоны горения** (рис.2, зона2). Эта толщина представляет собой расстояние от координаты точки самоускорения реакции, то есть точки пересечения распределения температур перед зоной горения до координаты максимальной температуры смеси газов. По мере увеличения скорости вдува  $v_{10} = (0,214; 0,374; 0,535$ м/с) толщина зоны горения уменьшается от 0,25мм до 0,018мм для 9%-го и от 0,36мм до 0,1мм для 8,5% состава при фиксированных значениях диаметра частиц (5мм или 6мм) и коэффициента эффективной теплопроводности  $\lambda_2 = \{0,3; 0,5; 0,9$  Вт/(м<sup>2</sup>К)  $\}$ . Отсюда делаем вывод, что увеличение толщины зоны горения происходит при уменьшении процентного состава метана в смеси.

**Толщина зоны внутренней релаксации** (рис.2, зона3). Эта толщина определяется как расстояние от координаты точки максимальной температуры до координаты точки, где завершается межфазный теплообмен. В 8,5% составе метановоздушной смеси толщина зоны внутренней релаксации уменьшается с увеличением скорости вдува газа  $v_{10} = (0,214; 0,374; 0,535 \text{ м/с})$  при фиксированном значении диаметра частиц (5 или 6мм) и коэффициента теплопроводности  $\lambda_2 = \{0,3; 0,5; 0,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})\}$ . С увеличением коэффициента теплопроводности и фиксированных других параметрах она увеличивается.

**Толщина зоны внешней релаксации** (рис.2, зона 4). Эта зона охлаждения, где температура пористой среды и смеси газов не отличается друг от друга и постепенно падает до температуры внешней среды. Это расстояние от координаты точки равновесной температуре до координаты точки, где температура системы будет равна температуры внешней среды. При малых значениях коэффициента теплообмена с окружающей средой, что возможно либо при увеличении радиуса трубки, либо при малых значениях коэффициента теплоотдачи стенки трубки этой зоны нет, например, при  $\alpha_w = 50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$  и скорость вдува газа больше или равно 0.3м/с понижение температуры от равновесного не наблюдается. Падение температуры наблюдается при скорости вдува газа 0,1м/сек и диаметре частиц  $d = 3 \text{ мм}$ . При этом с увеличением коэффициента эффективной теплопроводности пористой среды от 0,3 Вт/(м<sup>2</sup>К) до 0,9 Вт/(м<sup>2</sup>К) происходит понижение максимальной температуры пористой среды (от 1572К до 1371К) и возрастание скорости волны навстречу потоку (от  $1,36 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$  до  $1,81 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$ ).

**Максимальная температура газа.** В 8,5% и 9% составах метановоздушной смеси с увеличением скорости вдува газа от 0,214 до 0,535м/с, максимальная температура газа  $T_{1max}$  изменяется в диапазонах (см. таб.)

$T_{1max}(K)$	$d(мм)$	$\lambda_2(Вт/мК)$
3362,25 – 3499,61	5	0,3
3335,36 – 3468,78	5	0,5
3293,21 – 3428,61	5	0,9
3362,43 – 3493,56	6	0,3
3336,41 – 3465,22	6	0,5
3297,02 – 3427,99	6	0,9

Из приведенных в таблице данных следует, что максимальная температура ( $T_{1max}$ ) повышается с увеличением скорости вдува газа, а увеличение коэффициента теплопроводности от 0,3 до 0,9 Вт/(м<sup>2</sup>К), уменьшает максимальную температуру ( $T_{1max}$ ) до 70К. Температура точки пересечения профилей температур поднимается с увеличением скорости вдува газа (от 0,214 до 0,535м/с) при фиксированных значениях диаметра частиц (5 или 6 мм) и коэффициента теплопроводности (0,3; 0,5; 0,9 Вт/(м<sup>2</sup>К)). Из этого анализа вытекает, что максимальная температура газа и температура точки пересечения профилей температур перед зоной горения повышается с увеличением скорости вдува газа и поскольку при этом толщина зон горения и внутренней релаксации уменьшается, то соответствует растягиванию верхпрофиля температуры на этих участках волны горения. Этот результат не противоречит действительности, так как сосредоточение выделившегося тепла в узкой пространственной зоне повышает температуру больше, чем в широкой зоне.



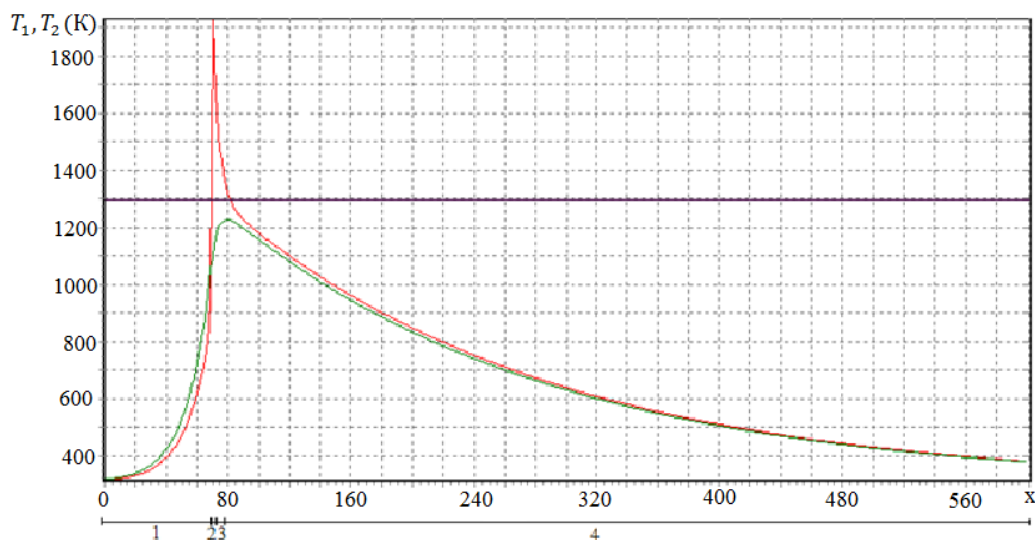


Рис.2. Распределение температуры смеси газов и пористой среды в волне ФГГ. Внизу выделены зоны подогрева (1), горения (2), внутренней (3) и внешней (4) релаксации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабкин В.С. Фильтрационное горение газов / В.С. Бабкин, Ю.М. Лаевский. Физика горения и взрыва, 1987. Т.23, №5. -С. 27-44.
2. Babkin V.S. Filtrational combustion of gases. Present state of affair and prospects / V.S. Babkin. Pure and Appl. Chem, 1993. V.65, N2. – P.335-344.
3. Доброго К.В. Физика фильтрационного горения газов / К.В. Доброго, С.А. Жданок. – Минск: НАН Беларуси, Ин-т тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, 2002.
4. Экспериментальное и теоретическое исследование процесса прогорания засыпных огнепреградителей: пожарная безопасность / Н.А. Какуткина [и др.], 2006, №5. -С. 59-72.
5. Лаевский Ю.М. Фильтрационное горение газа: распространение тепловых волн в гетерогенных средах / Ю.М. Лаевский, В.С. Бабкин; под ред. Ю.Ш. Матрос. -Новосибирск: Наука, 1988. -286 с.
6. Доброго К.В. Инженерный расчет характеристик фильтрационного горения на основе двух температурной одномерной модели / К.В. Доброго, С.А. Жданок // Инженерно-физический журнал, 1988.- Т.71, №3. –С.424-432.
7. Закономерности распространения пламени через насадку коммуникационных огнепреградителей: физика горения и взрыва / Н.А. Какуткина [и др.], 2007. -Т.43, №4. -С. 23-37.
8. Какуткина Н.А. Закономерности прогорания пористых огнепреградителей с каналным пламегасящим элементом: физика горения и взрыва / Н.А. Какуткина, А.А. Коржавин, А.Д. Рычков, 2009. -Т.45, №3. -С. 35-43.
9. Какуткина Н.А. Особенности прогорания засыпных и каналных огнепреградителей / Н.А. Какуткина [и др.] // Ползуновский вестник, 2007. №4. -С.33-38.
10. Какуткина Н.А. Особенности фильтрационного горения водородо-, пропано- и метановоздушных смесей в инертных пористых средах: физика горения и взрыва / Н.А. Какуткина, А.А. Коржавин, М. Мбарова, 2006. - Т.42, №4. -С. 8-20.
11. Кабилов М.М. Численное определение структуры и характеристики стационарной волны фильтрационного горения газов / М.М. Кабилов, П.Б. Садриддинов, И.Х. Халимов // Известия Академии наук Республики Таджикистан, отделение физ-мат., хим., геол. и тех. наук, 2011, №1(142). -С. 47-54.

#### ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЦИОНАРНОЙ ВОЛНЫ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Проведено численное моделирование структуры стационарной волны фильтрационного горения метановоздушной смеси в инертной пористой среде в пренебрежении диффузии и теплопроводности в газе. Анализируются закономерности изменения основных характеристик волны горения, такие как скорость распространения, максимальная температура газа, толщина различных зон в зависимости от скорости вдува исходной смеси, диаметра частиц и эффективного коэффициента теплопроводности пористого элемента.

**Ключевые слова:** волна горения, скорость волны, толщины зон, максимальная температура, скорость вдува, диаметр частиц.

#### NUMERICAL CALCULATION OF CHARACTERISTICS OF STATIONARY WAVE OF FILTRATION COMBUSTION OF METHANE-AIR MIXTURE

Numerical modeling of the structure of the stationary wave of filtration combustion methane-air mixture in an inert porous medium, neglecting diffusion and heat conduction in the gas. Analyze patterns of the essential characteristics of the combustion wave, such as the propagation velocity, the maximum temperature of the gas, the thickness of the different zones depending on the feed rate of injection, particle diameter and the effective thermal conductivity of the porous element.

**Key words:** combustion wave, wave velocity, the thickness of zones, the maximum temperature the speed of injection the diameter of the particles.

**Сведения об авторах:** *М.М. Кабилов* - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Информатика и ИС» Российско-Таджикского (славянского) университета. Телефон: **919-58-89-60**

*И.Х. Халимов* - начальник отдела программирования ГУП «Железные дороги» Республики Таджикистан. Телефон: **918-20-82-51**

*Б.Дж. Гулбоев* - аспирант кафедры «Вычислительная математика и механика» Таджикского национального университета Телефон: **918-35-34-89**. E-mail: **bakhtiyor-2012@mail.ru**

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО МОДЕЛЯМ CCC-EQ И GFDL-TR

*Н.Б. Курбонов*

Таджикский национальный университет

В начале 60-х годов XX столетия группой ученых было высказано опасение о вероятности крупного изменения глобального климата при сохранении современных тенденций развития энергетики и увеличения выбросов в атмосферу углекислого и других газов, создающих так называемый «парниковый эффект». В дальнейшем это предположение нашло многих сторонников среди ведущих климатологов разных стран.

Глобальное изменение климата, обусловленное «парниковым» эффектом, стало важнейшей международной и политической проблемой, охватывающей комплекс взаимодействия между климатическими, экологическими, экономическими, политическими, социальными и технологическими процессами.

В настоящее время одной из основных задач является проведение оценки уязвимости экосистем и социально – экономических секторов. Оценка последствий изменения климата позволит определить, какие земли и какой вид деятельности человека будут потеряны или существенно нарушены.

Для прогнозирования изменения климата на длительный период используются различные методы, в том числе и модели общей циркуляции атмосферы. Сложность выбора усугубляется еще и тем, что изменения климата проявляются в различных регионах земного шара по-разному. На ученых ложится колоссальная ответственность, так как правильное определение тенденций изменения климата в будущем и основных последствий этого изменения спасет человечество от неизмеримых бед, а принятие дорогостоящих мер без достаточного научного обоснования приведет к колоссальным экономическим потерям. В данной работе рассмотрены 2 модели общей циркуляции атмосферы (ОЦА) – CCC-EQ и GFDL-TR для определения возможных изменений климата на территории Таджикистана до 2050 года и проведен анализ сравнения прогноза моделей с реальными данными за период

1991 до 2002 года. Наибольшие изменения климатических факторов произошли в районах характеризующихся энергичным вмешательством человека в процессы природы: урбанизация, мелиорация, строительство больших водохранилищ и т. д.

Оценка современного климата и разработка сценариев изменения климата является основной для описания и оценки экологических и социально-экономических последствий изменения климата. Для оценки воздействия изменения климата необходимо иметь количественное представление о тех изменениях, которые происходят в климате. В настоящее время для прогнозирования будущего климата используются климатические сценарии, описывающие возможное его состояние в будущем.

При построении моделей климатических сценариев в основном используется несколько методов.

- Метод полеореконструкции. Этот метод основан на геологических наблюдениях о прошлом состоянии климата.

- Статистические методы. Эти методы определения статистической зависимости климатических условий от количества атмосферного углекислого газа.

- Моделирование общей циркуляции атмосферы и океана. Модели теории климата, учитывая все основные физические процессы.

В настоящее время наибольшее распространение получило моделирование общей циркуляции атмосферы и океана (модели ОЦА). В отличие от предыдущих методов, модели теории климата учитывают все основные физические процессы, влияющие на климат.

Эти модели, начиная из одномерных моделей упрощенной теории климата и кончая полными трехмерными моделями ОЦА, отличаются различной степенью детализации физических процессов. Модели ОЦА, основанные на численном решении полных уравнений термодинамики с параметризацией процессов подметочного масштаба наиболее полно описывают процессы, происходящие в климатической системе.

Для решения этой задачи используются самые мощные современные ЭВМ и наиболее эффективные численные методы. По существу, разработка этих моделей находится на стыке ряда научных дисциплин, таких как гидродинамика, физика атмосферы, вычислительная математика.

В моделях для инициализации начальных данных использованы данные реального климата за 1961-1990 гг. Степень адекватности воспроизведения реального климата моделями ОЦА для различных регионов Земного шара можно проверить, сравнивая результаты расчетов моделирования климата при концентрациях  $1 \times \text{CO}_2$ , т.е. при концентрациях углекислого газа на современном уровне, с данными реального климата. Для оценки уязвимости экосистемы и социально-экономических условий от климатических изменений в Таджикистане использованы модели общей циркуляции атмосферы и искусственные сценарии:

1. Модель GISS (Goddard Institute for Space Studies).
2. Модель CCC M (Canadian Climate Center Model, 1989).
3. Модель UK 89 (United Kingdom Meteorological Office, 1989).
4. Модель GFD 3 (Geophysical Fluid Dynamic Laboratory, 1989).
5. Модель GFD01 (Geophysical Fluid Dynamic Laboratory, 1989).
6. Модель HadCM2 (United Kingdom Meteorological Office, 1996)

По этим моделям результаты численных экспериментов, содержащие результаты расчетов полей приземной температуры, атмосферных осадков и солнечной радиации в узлах регулярной сетки по всему Земному шару за каждый из 12-и месяцев года на современном

уровне и при удвоении концентрации углекислого газа были использованы в виде банка данных. По методике МГЭИК были сделаны расчеты по 6 моделям при условии концентрации двуокиси углерода  $1 \times \text{CO}_2$ . Расчеты сделаны по данным 10 метеорологических станций, репрезентативных для территории нахождения и охватывающих все основные климатические районы Республики Таджикистан.

Для анализа предполагаемых сценариев изменения климата использованы результаты расчетов ожидающихся среднегодовых температур воздуха до 2050 года, рассчитанным по 2 моделям ОЦА, входящим в комплекс GRADS и вновь созданный MAGICC/SCENGEN. Модели, рассматриваемые в настоящей работе нижеследующие:

Модель CCCM (*Canadian Climate Center Model, 1989*)

10-ти уровневая равновесная модель Канадского Климатического Центра имеет горизонтальное разрешение  $3,75^0 \times 3,75^0$ . Число расчетных точек на горизонтальной сетке  $96 \times 48$ . Блок океана содержит 50-ти метровый верхний слой. Учитывается суточный ход. На удвоение концентрации углекислого газа модель реагирует повышением глобальной температуры на  $3,5^0\text{C}$ .

Модель GFD 3 (*Geophysical Fluid Dynamic Laboratory, 1989*)

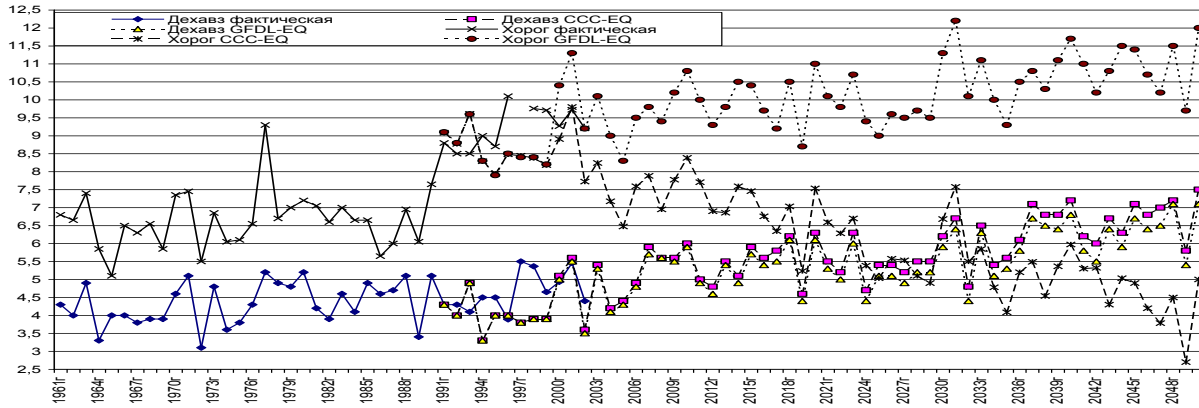
9-ти уровневая модель Геофизической лаборатории динамики жидкости США имеет разрешение  $2,22^0 \times 3,75^0$ , количество расчетных точек на горизонтальной сетке  $96 \times 80$ . Блок океана представлено верхним квазиоднородным слоем перемешивания глубиной 68 м. Глобальное потепление при удвоении концентрации углекислого газа равно  $4,0^0\text{C}$ .

## **ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПРОГНОСТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ CCC-EQ И GFDL-TR**

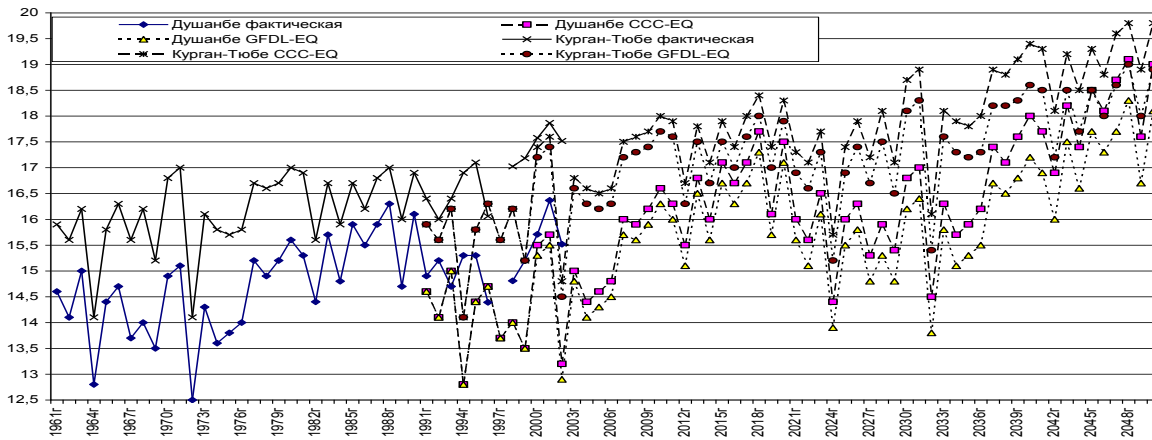
Согласно рекомендации МГЭИК, климатический базис, т.е. результаты наблюдений за температурой воздуха за период с 1961 по 1990 г., был продолжен с 1991 до 2050 года с повторением тридцатилетних базисных периодов среднемесячной температуры. Данные по изменениям температуры воздуха путем интерполирования были переведены в прогнозные значения температур по всем 10 станциям до 2050 г. К данным, полученным повторением тридцатилетнего базиса, были добавлены полученные приращения температуры. При этом значения в каждом году получены на основании усреднения 30-ти летних данных (например, значения 2050 года получены на основании усреднения значений 2036–2075 гг.).

Расчеты, полученные по обеим моделям близки для всех станций. Исключение составляет модель CCC-EQ для станции Хорог. Противоречия между итоговыми таблицами изменения температуры воздуха по годовым таблицам позволяют предположить, что данные по станции Хорог для этой модели искажены в процессе расчетов специальной программы, при введении знака изменения значений.

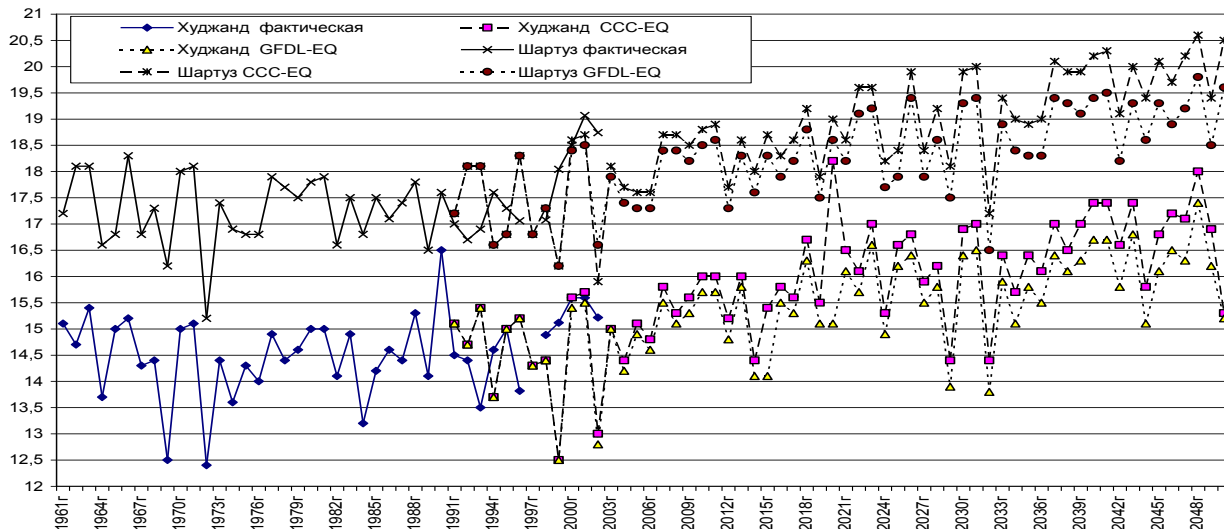
Среднегодовая температура воздуха.



Среднегодовая температура воздуха.



Среднегодовая температура воздуха.



## СЦЕНАРИИ ОЖИДАЮЩЕГОСЯ СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА К 2050 Г ПО ПРОГНОЗУ МОДЕЛЕЙ CCC-EQ И GFDL-TR

При составлении сценариев ожидающегося климата все рассчитанные данные моделей были интерполированы в координаты базовых станций за период наблюдений с учетом

ошибок воспроизведения реального климата и сделаны расчеты среднемесячной температуры воздуха до 2050 года при условии удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере. Полученные по анализируемым моделям результаты по изменению среднегодовой температуры воздуха при удвоении концентрации углекислого газа на территории Республики Таджикистан показывают, что интервал изменения среднегодовой температуры составляет 2,0–2,9<sup>0</sup>С.

**СЦЕНАРИЙ КЛИМАТА ПО МОДЕЛИ CCC-EQ**  
**Изменение температуры воздуха к 2050 г. (т. 1)**

CCC-EQ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ср. год
Дехавз	2.2	3	3.8	2.4	2.1	2	2.2	2.2	1.8	1.5	2.5	2.8	2.4
Душанбе	3	4.7	4.9	2.8	2.3	2.5	2.4	2.3	2.2	2	2.2	3.7	2.9
Курган-Тюбе	3	4.7	4.9	2.8	2.3	2.5	2.4	2.3	2.2	2	2.2	3.7	2.9
Худжанд	3.2	4.3	3.9	3.6	3.2	2.5	2.4	2.3	2	1.9	2.1	3.1	2.9
Мургаб	2.2	3	3.8	2.4	2.1	2	2.2	2.2	1.8	1.5	2.5	2.8	2.4
Хорог	2.2	3	3.8	2.4	2.1	2	2.2	2.2	1.8	1.5	2.5	2.8	2.4
Шаартуз	3	4.7	4.9	2.8	2.3	2.5	2.4	2.3	2.2	2	2.2	3.7	2.9

По сценарию данной модели к 2050 году предполагается повышение средней годовой температуры на 2,9<sup>0</sup>С в долинных районах и на 2,4<sup>0</sup>С в горной местности.

Повышение температуры ожидается неравномерным по времени. Наибольшее повышение ожидается в феврале–марте в долинно-предгорных районах на 3,9–4,9<sup>0</sup>С, в горах и высокогорьях на 3-3,8<sup>0</sup>С.

Наименьшее увеличение температуры предполагается осенью 1,5–2,5<sup>0</sup>С.

**СЦЕНАРИЙ КЛИМАТА ПО МОДЕЛИ GFDL-TR**  
**Изменение температуры воздуха к 2050 г. (т. 2)**

GFDL-TR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ср. год.
Дехавз	1.7	2.2	2.4	2	2.1	2	1.6	2	2.4	2.1	1.3	2	2.0
Душанбе	2.1	2.1	2.2	2.3	2.2	2	2	1.8	2.2	1.9	1.4	1.8	2.0
Курган-Тюбе	2.1	2.1	2.2	2.3	2.2	2	2	1.8	2.2	1.9	1.4	1.8	2.0
Худжанд	2.3	2.2	2.3	2	2.4	2.2	2	1.9	2.1	1.9	1.6	1.8	2.1
Мургаб	1.7	2.2	2.4	2	2.1	2	1.6	2	2.4	2.1	1.3	2	2.0
Хорог	1.7	2.2	2.4	2	2.1	2	1.6	2	2.4	2.1	1.3	2	2.0
Шаартуз	2.1	2.1	2.2	2.3	2.2	2	2	1.8	2.2	1.9	1.4	1.8	2.0

Данная модель показывает равномерное повышение среднегодовой температуры по всей территории на 2,0<sup>0</sup>С (Худжанд 2,1<sup>0</sup>С).

Наибольшее повышение придется на февраль–май и сентябрь месяцы (2,0–2,4<sup>0</sup>С). Минимальное повышение ожидается в ноябре месяце (на 1,3–1,4<sup>0</sup>С).

Как видно, минимальное потепление по модели GFDL-TR. А модель CCC-EQ дает максимальное увеличение температуры на территории республики которое будет не более 2,9<sup>0</sup>С в долинных районах.

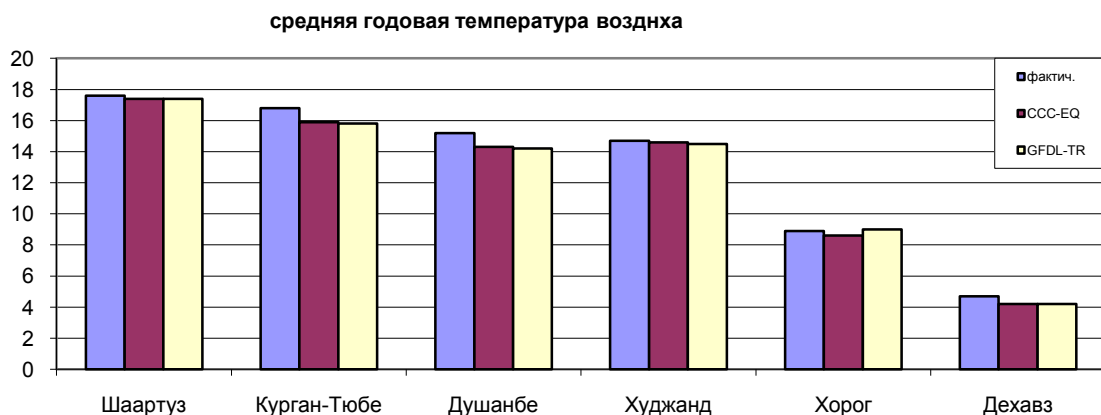
Так, по модели CCC-EQ повышение температуры будет неравномерным по территории в течение года. Наибольшее повышение температуры ожидается в феврале и марте месяце на станциях Душанбе, Курган-Тюбе, Куляб и Шаартуз, которое составит 4, 7 – 4,9<sup>0</sup>С.

Для разработки уточненных сценариев изменения климата в Таджикистане на период до 2050 года необходимо использовать данные моделей, наиболее точно прогнозирующих состояние погоды. Точность прогнозов различных моделей неодинакова для разных станций и параметров. Одна и та же модель может довольно близко к фактической прогнозировать температуру воздуха и, в то же время, дать большую погрешность при прогнозировании осадков для одной и той же станции.

В данной работе был проведен сравнительный анализ оправдываемости прогнозов моделей CCC-EQ и GFDL-TR. При сравнении должно учитываться, что годовые характеристики состояния климата, прогнозируемые по моделям, являются вероятностными характеристиками для этого года, и только осредненные значения за достаточно продолжительный период дадут характеристику ожидающегося состояния климата для этого периода. Необходимо так же учитывать, что модели дают прогноз изменения климата при условии удвоения концентрации углекислого газа.

Отклонение прогнозируемых значений средних годовых температур от фактических не однозначно и заключалось в пределах от +1,9 (в Худжанде, 1993 г. и Шаартузе, 1996 г.) до – 3,0 (Курган-Тюбе, 2002 г.) по модели GFDL-TR, а по модели CCC-EQ от +1,9 (в Худжанде, 1993 г. и Шаартузе 1996 г.) и до -2,8 (в Курган-Тюбе, 1994 г. и Шаартузе 2002 г.).

В среднем по всем станциям наиболее близкими были к фактическому значению прогнозы по обоим моделям в 1991 г, отклонение составило 0,0 (от 0,6 в Худжанде до –0,5 в Курган-Тюбе). Для модели GFDL-TR эти отклонения колебались от 0,6 в Худжанде до –0,5 в Курган-Тюбе. В среднем наиболее близким прогноз годовых температур был по всем моделям для всех анализируемых станций в 1991, 1992, 1995, 2000, 2001 годах. Наибольшее среднее отклонение прогноза от фактической температуры пришлось на 1994, 1999 и 2002 годы. Особенно отличается 2002 год, когда практически по всем станциям все модели дали значение, заниженное на -1,5– -3,0<sup>0</sup>, и только по Хорогу модель GFDL-TR дала прогноз с точностью 0,0<sup>0</sup>С.



Изменения регионального климата Таджикистана аналогичны глобальным изменениям. В Таджикистане с 1961 по 1990 гг. температура воздуха повысилась на 0,2 – 1,9<sup>0</sup>С. По выходным данным моделей ОЦА ожидающийся интервал изменения среднегодовой температуры воздуха при удвоении концентрации углекислого газа к 2050 году находится в

пределах 2,0 – 2,9<sup>0</sup>С. Сравнение фактических данных состояния погоды за период с 1991 по 2002 год с прогнозируемыми моделями CCC-EQ и GFDL-TR показывает, что модель CCC-EQ более точна для прогнозирования температуры воздуха по станциям Шаартуз, Курган-Тюбе, Худжанд и Душанбе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллоев А.М. Информационные системы и структура данных / А.М. Абдуллоев, О.П. Загородник. - Ташкент, 1993.
2. Буравиева И.Н. Технические средства обработки информации / И.Н. Буравиева, А.Б. Резников, С.А. Фёдорова. -Москва.: Статистика, 1998.
3. Дмитриев В.К. Прикладная теория информации / В.К. Дмитриев. -М.: 1989.
4. Бudyко М.И. В книге Изменение климата под редакцией Дж. Гриббина / М.И. Бudyко. -Л.: Гидрометеиздат, 1980.
5. Бudyко М.И. Зависимость температуры воздуха и осадков от количества углекислого газа в атмосфере / М.И. Бudyко. Метеорология и гидрология, 1983.
6. Бudyко М.И. Изменение климата / М.И. Бudyко. -Л.: Гидрометеиздат, 1974.
7. Гриббин Дж. Основные особенности климатических колебаний. в книге изменение климата. / Дж. Гриббин, Г.Г. Лем; под редакцией Дж. Гриббина. -Л. Гидрометеиздат, 1980.
8. Агроклиматические ресурсы Таджикской ССР. –Ленинград: Гидрометеиздат, 1974.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 3, многолетние данные. Части 1-6, вып 31. Таджикская ССР. -Л.: Гидрометеиздат, 1988.
10. Описание гидрометеорологических явлений Средней Азии. Монография. -Москва: Гидрометеиздат, 1977.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО МОДЕЛЯМ ССС - EQ И GFDL - TR

В этой статье подвергнута обсуждению атмосферная температура 7 метеорологических станций на территории Таджикистана по 30-летним наблюдениям (с 1961 г. до 1990 г.) и её результаты сравнены с температурой 1991–2002 годов. На основе обсуждений приобретенные результаты математически моделированы по моделям CCC-EQ и GFDL-TR, теоретически прогнозированы климатические изменения и атмосферная циркуляция на территории Таджикистана до 2050 года.

**Ключевые слова:** моделирование данных, изменение климата, циркуляция атмосферы, максимальная температура, среднегодовая температура, метеорологическая станция.

#### MODELING OF ATMOSPHERIC TEMPERATURE CHANGES ON MODELS CCC - EQ AND GFDL - TR

In this article is considered subject to discussion of atmospheric temperature 7 of meteorological stations of Tajikistan on 30 years of observations (with 1961 year to 1990 year) and its results are compared with the 1991–2002 period temperature. Based on the results of the discussions are modeled mathematically purchased models CCC-EQ and GFDL-TR theoretically for reposed climatic change and atmospheric circulation on the territory of Tajikistan to the year 2050.

**Key words:** data modeling, climate change, atmospheric circulation, peak temperature, average annual temperature, meteorological station.

**Сведения об авторе:** *Н.Б. Курбанов* – аспирант физического факультета Таджикского национального университета. Телефон: **985-78-50-60**



## ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК Фуллереновой сажи на структуру, механические и тепловые свойства акриловой пластмассы

А.З. Абдурахмонов, Д. Шерматов, Д. Рашидов, Ш. Туйчиев, Ш. Акназарова, Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино  
Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета

Акриловая пластмасса марки АКР-7 широко применяется в стоматологии и в производстве протезов различного назначения. АКР-7 представляет собой сополимер эфира метакриловой кислоты с метилметакрилатом (ММА). При смешивании порошка сополимера с жидким мономером метилметакрилатом при  $20^{\circ}\text{C}$  происходит образование формовочной массы, которая отвердевает как самопроизвольно, так и в зависимости от составных элементов, катализаторов, среды, нагревания и др. [1,2].

В настоящее время для изменения физико-химических и технологических свойств композитных материалов используют наноразмерные частицы (углеродные и др.) [3,4]. Однако, вопросы влияния наночастиц (фуллереновой сажи и др.) на структуру, тепловые и механические свойства сополимера АКР-7 не изучены.

Цель работы заключается в исследовании структуры и некоторых физических свойств сополимера АКР-7 допированного фуллереновой сажей (ФС).

В качестве объектов исследования использовали сополимер АКР-7, жидкий мономер ММА и ФС. Из смеси порошка сополимера АКР-7, мономера ММА и ФС были приготовлены пленочные образцы при температуре  $T=20^{\circ}$ . Концентрацию наночастиц ФС меняли в пределах  $C=0-1\%$  масс. Структуру образцов изучали на стандартных рентгеновских установках ДРОН-2 и КРМ-1, в исследованиях использовали медное излучение, фильтрованное никелем. Механические характеристики образцов изучали на разрывной машине РМ-1 при скорости деформации образца  $0,01\text{c}^{-1}$ . Тепловые свойства образцов исследовали на установке DSK F201 фирмы Netzsch при скорости нагрева и охлаждения образцов в  $10^{\circ}/\text{мин}$ , состояние образцов аморфное и неориентированное.

На рис.1 приведены большеугловые рентгенограммы (БР) исходного (кривая 1) и фуллеренсодержащих образцов АКР-7 (кривые 2-5). Как видно из рисунка на БР наблюдаются два широких аморфных гало с максимумами на углах  $2\theta_1=12,5^{\circ}$  и  $2\theta_2=30,5^{\circ}$ , которым соответствуют межчастичные расстояния  $d_1=7,08$  и  $d_2=2,93\text{\AA}$ . С увеличением концентрации ФС в интервале  $C=0-1\%$  при одинаковой геометрии съемки БР и толщины образцов, в пределах допустимых погрешности опытов интенсивность, положение  $2\theta$  и радиальная ширина отражений  $\Delta 2\theta$  практически не меняются. Следовательно, молекулы добавок не взаимодействуют с молекулами матрицы.

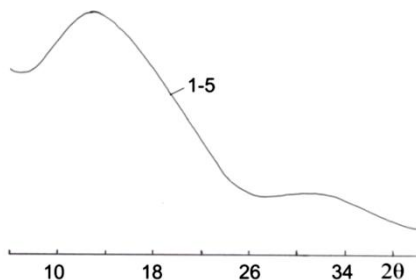


Рис.1.  
Рис.2.

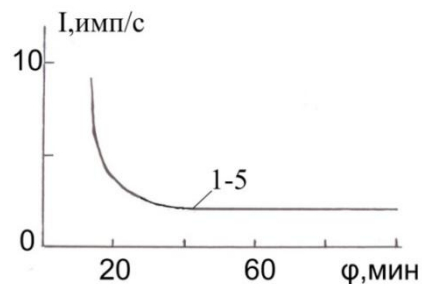


Рис.1. Большеугловые рентгенограммы АКР-7+ФС. 1-С=0; 2-0,01; 3-0,1; 4-0,5; 5-1% ФС.

Рис. Малоугловые рентгенограммы АКР-7+ФС. 1-С=0; 2-0,01; 3-0,1; 4-0,5; 5-1% ФС.

Сополимер АКР-7 представляет собой пористую систему, состоящую из мелких и крупных пор и трещин. Об этом свидетельствуют малоугловые рентгенограммы (МР) образцов (рис.2). Как видно из рисунка МР исходных и фуллеренсодержащих образцов характеризуются наличием диффузного рассеяния в области сверхмалых углов  $2\theta=12-30$ угл./мин., а затем в области  $2\theta=30-120$ угл./мин. наблюдается фоновое диффузное рассеяние постоянной интенсивности  $I_d$ . Такая картина МР характерна стеклообразным аморфным полимерам, содержащих микронеоднородности типа пор и трещин. Обработка кривых малоуглового распределения интенсивности  $I(\varphi)$  согласно методики [5] показала, что в образцах имеются поры малых  $N_m=3$ нм и крупных  $N_k=20$ нм размеров с концентрациями  $N_m=2 \cdot 10^{16} \text{см}^{-3}$  и  $N_k=0,5 \cdot 10^{14} \text{см}^{-3}$ , соответственно. В пределах использованных концентраций добавок  $C=0-1\%$  картина диффузного МР практически не изменяется, но происходит тенденция снижения  $I_d$  с ростом концентрации ФС. По-видимому, молекулы добавок располагаются в микронеоднородностях типа пор и трещин в междоменных аморфных областях композитного материала [1-4]. Такое распределение молекул добавок может привести к изменению механических и тепловых свойств композитов. В таблице и на рис.3 приведены результаты механических и тепловых испытаний серий образцов как исходных, так и допированных добавками ФС.

**Таблица 1. Механические характеристики сополимера АКР-7**

№п/п	Концентрация ФС в сополимера С, %	0	0,01	0,1	0,5	1
1	Разрывная прочность, $\sigma$ , МПа	54	54	50	38	37
2	Разрывное удлинение, $\varepsilon$ , %	~1	~1	~1	~1	~1
3	Модуль упругости Е, МПа	5400	5400	5000	3800	3700

Кривые деформации  $\sigma(\varepsilon)$  образцов представляли собой прямые линии, параметры которых с ростом концентрации добавок в интервале  $C=0-0,1\%$  остаются постоянными, а при  $C=0,1-1\%$  происходит падение прочности  $\sigma$  и модуля Е при неизменности удлинения  $\varepsilon$ .

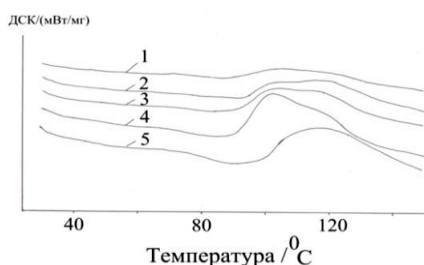


Рис.3. ДСК-граммы АКР-7+ФС. 1- $C=0$ ; 2-0,01; 3-0,1; 4-0,5; 5-1% ФС.

Поведение механических характеристик сополимера АКР-7 свидетельствует о том, что молекулы внедренных добавок оказывают некоторое слабое пластифицирующее воздействие, что должно отразиться не только на изменениях механических, но и тепловых свойств образцов [1,2]. Так например, как видно из рис.3 на ДСК-граммах исходного и фуллеренсодержащего АКР-7 наблюдается слабый размытый эндотик при  $T_1=85^0$  и широкие экзотики в интервале  $T_2=102^0$  и  $T_3=120^0$ . По-видимому,  $T_1$  соответствует температуре стеклования (размягчения),  $T_2$  температуре улетучивания остатков свободного и связанного  $T_3$  мономера ММА. С ростом концентрации добавок для  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  наблюдается тенденция смещения их положений в сторону высоких температур.

Таким образом, внедрение малых добавок молекул ФС в сополимер АКР-7 не приводит к заметному изменению структуры, но сопровождается охрупчением материала, снижением прочности и модуля образцов при постоянстве их разрывного удлинения, а также изменением температуры перехода (стеклования или размягчения) материала и улетучивания свободного и связанного мономера ММА.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бартенев Г.М. Курс физики полимеров / Г.М. Бартенев, Ю.В. Зеленев. -Л.: Химия, 1976, -288с.
2. Бартенев Г.М. Физика и механика полимеров / Г.М. Бартенев, Ю.В. Зеленев. -М.: Высшая школа, 1983.-391с.
3. Гинзбург Б.М. Высокмолек.соедин. / [Б.М. Гинзбург, Ш. Туйчиев, Д. Рашидов и др.], 2011, серия А. -Т.53, №6. -С.883-896.
4. Гинзбург Б.М. Высокмолек.соед. / [Б.М. Гинзбург, Ш. Туйчиев, Д. Рашидов и др.], 2012, сер А. -Т.54, №8, - С.1283-1296.
5. Тамуж В.П. Микромеханика разрушения полимерных материалов / В.П. Тамуж, В.С. Куксенко. -Рига, 1978, - 294с.

#### ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК ФУЛЛЕРЕНОВОЙ САЖИ НА СТРУКТУРУ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА АКРИЛОВОЙ ПЛАСТМАССЫ

Методами рентгенографии, механики и калориметрии изучено влияние фуллереновой сажи на структуру, механические и тепловые свойства акриловой пластмассы. Показано, что внедрение малых добавок фуллереновой сажи сопровождается изменениями в механических и тепловых свойствах пластмассы.

**Ключевые слова:** сополимер, структура, механика, тепловые свойства, фуллереновая сажа.

#### EFFECT OF SMALL ADDITIONS OF FULLERENE SOOT STRUCTURE ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF ACRYLIC PLASTICS

By X-ray diffraction, calorimetry and mechanics methods were studied the effect of fullerene soot on the structure, mechanical and thermal properties of acrylic plastics. It is shown that the introduction of small additions of fullerene soot is accompanied by changes in the mechanical and thermal properties of plastics.

**Keywords:** copolymer structure, mechanical, thermal properties, fullerene soot.

**Сведения об авторах:** *А.З. Абдурахмонов* – научный сотрудник ТГМУ им.Абу Али ибн Сино.

Телефон: **918-26-30-94**

*Д. Шерматов* – д.ф.м.н., профессор ТГМУ им.Абу Али ибн Сино. Телефон: **919-04-49-48**

*Д. Рашидов* – ведущий научный сотрудник отдела «Физика конденсированного состояния» Научно-исследовательского института Таджикского национального университета. Телефон: **988-57-89-11**

*Ш. Туйчиев* – д.ф.м.н., профессор кафедры физики твердого тела ТНУ. Телефон: **221-79-31(раб.)**

*Ш. Акназарова* - научный сотрудник отдела «Физика конденсированного состояния» Научно-исследовательского института Таджикского национального университета. Телефон: **221-79-31(раб.)**

#### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА $n^+ - p$ И $n^+ - p - p^+$ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ЛИТОГО ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

*Ф.С. Абдураззаков, С.З. Зайнабидинов, Б.М. Абдурахманов, Л.А. Олимов, З.Н. Аладьина, А.Л. Кадыров, В.Т. Сидиков*

Андижанский государственный университет им. М. Бабура,

Институт электроники им. У.А. Арифова АН РУз,

Худжандский государственный университет им. Б. Гафурова

Исследование влияния температуры на свойства  $p-n$  структур на основе поликристаллических полупроводников представляет интерес для выявления и оценки

примесного термоэлектрического эффекта, использование которого может привести к существенному увеличению эффективности термоэлементов [1].

В работе приведены результаты оценки влияния уменьшения размеров зерен вторичного литого поликристаллического кремния (ВЛПК) на температурные зависимости темнового напряжения,  $U_{x,x}$ , и темнового тока короткого замыкания,  $I_{к.з.}$ , снятые на  $n^+$ -р структурах, при их однородном нагреве, а также на структурах  $n^+$ -р- $p^+$ , нагреваемых в условиях намеренно создаваемого градиента температуры.

На рис. 1 приведены указанные зависимости, полученные на планарном образце размером  $1,8 \times 1,4 \text{ см}^2$ , представляющем собой  $n^+$ -р структуру, изготовленную на подложке р-типа из ВЛПК с  $\rho \sim 1 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  и максимальным размером зерен  $\sim 50 \text{ мкм}$ ,  $n^+$ -р переход площадью  $\sim 2,5 \text{ см}^2$  выполнен диффузией фосфора на глубину  $\sim 3 \text{ мкм}$ . Данная  $n^+$ -р структура отличается от таковых, ранее изготовленных на ВЛПК [2]:

-отсутствием в шихте для выплавки ВЛПК намеренно вводимых примесей, создающих глубокие энергетические уровни в кремнии, или их наличием в ничтожно малых концентрациях:

- меньше,  $\sim 30 \div 50 \text{ мкм}$ , размером зерен;
- большей в три раза, глубиной  $n^+$ -р перехода;

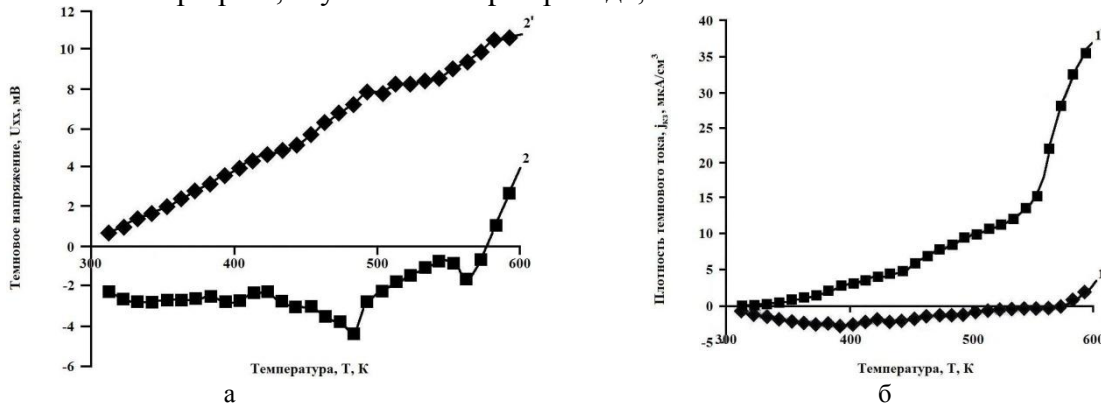


Рис. 1. Температурные зависимости темновых напряжения,  $U_{x,x}$ , (а) и плотности тока,  $J_{к.з.}$  (б) при подводе тепла к планарной структуре из ВЛПК со стороны  $n^+$ -р перехода (кривые 1,2) и со стороны базы р-типа (кривые 1',2').

На приведенных зависимостях  $U_{x,x}$  и  $J_{к.з.}$  полученных при подводе тепла со стороны  $n^+$ -р перехода (кривые 1, 2), имеются пики и перегибы, а также смена полярности напряжения при  $\sim 570 \text{ К}$ . Их характер, особенно кривые  $J_{к.з.}$  похож на токовые, снятие на ранее исследованных  $n^+$ -р образцах из ВЛПК [2] с более крупных  $\sim 100 \div 300 \text{ мкм}$ , размерами зерен и наличием в сырье для плавки глубокой примеси, отличаясь только абсолютной величиной  $U_{x,x}$  и  $J_{к.з.}$ . Если нагрев идёт со стороны базы р-типа, характер изменения указанных параметров и их величина резко отличаются, как от ранее описанных кривых 1, 2, так и от [2], а именно, значения напряжения  $U_{x,x}$  (кривая 2') и плотности темнового тока (кривая 1') при тех же температурах становятся в десятки раз выше по величине  $J_{к.з.}$  и вдвое – по величине  $U_{x,x}$ .

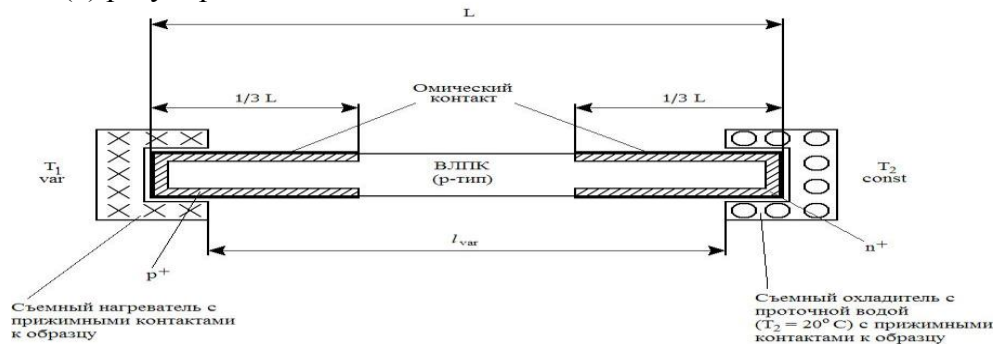
Согласно [3, 4] в структурах  $n^+$ -р могут возникнуть барьерная ТЭДС, а также объёмные ТЭДС, при наличии хотя бы минимального градиента температуры, соответственно, в базе р-типа и  $n^+$ -слое. В [5] показано, что в отличие от фото ЭДС, барьерная ТЭДС, возникающая на том же самом  $n^+$ -р переходе, может иметь не только пропускное, со знаком (+) на р-базе и (-) на  $n^+$ -слое, но также и запирающее, т.е. обратное направление. Величина барьерной ТЭДС зависит при этом, как от электрофизических характеристик  $n^+$ -р структуры, так и

расположения температурных градиентов [6]. В нашем случае были приняты меры по предотвращению возникновения градиента температуры, и на поверхности образца он мог быть только неконтролируемым на уровне 2К, исходя из точности измерения температуры двумя ХА термопарами. Однако, несмотря на чрезвычайно высокую теплопроводность кремния, при примененной схеме нагрева мог возникнуть градиент температуры по толщине образца. Поэтому картина на рис. 1а обусловлена, как барьерной ТЭДС, так и вкладом объёмных ТЭДС, причем в случае нагрева со стороны р-базы ее объёмная ТЭДС совпадает по направлению с барьерной и складывается с ней, а при нагреве со стороны  $n^+$ -р перехода – направлена противоположно. Объёмная ТЭДС, возникающая в базе, во всех случаях нагрева намного превышает объёмную ТЭДС, возникающую в сильно легированном  $n^+$ -слое. Данные, приведённые на рис. 1а, как раз и иллюстрируют эту ситуацию, а именно, то обстоятельство, что при перемене направления теплового потока имеет место изменение знака темнового напряжения,  $U_{x,x}$ , а также то, что в случае разнонаправлённых объёмной и барьерной ТЭДС абсолютное значение  $U_{x,x}$  естественно меньше, чем при совпадении их направлений.

На рис. 2 приведены температурные зависимости  $U_{x,x}$  (б) и  $I_{к.з.}$  (в), полученные на образце, нагреваемом с градиентом температуры, который намеренно создавали не перпендикулярно плоскости р-п перехода, как могло быть при измерениях (рис.1) или в [2], а вдоль плоскости образца, согласно схеме, приведенной на рис. 2а.

Как видно из схемы, нагреватель с варьируемой температурной  $T_1$  и охладитель с постоянной температурной  $T_2=20^\circ\text{C}$  охватывает, двухсторонними, прижимными контактами, соответственно,  $p^+$  и  $n^+$  области образца, выполненного из ВЛПК с размерами зерен  $\leq 50\text{мкм}$ , каждая из которых занимает  $\sim 1/3$  часть обеих поверхностей образца, длиной  $L\sim 1,9\text{ см}$ , шириной 1см, и толщиной  $\sim 400\text{ мкм}$ .  $n^+$ -р переход на части поверхности (рис. 2а) данного образца создан диффузией фосфора на глубину  $\sim 3\text{мкм}$  с обеих сторон подложки р-типа из ВЛПК, а  $p^+$ -р переход – с использованием способа [7], предусматривающего получение эвтектического сплава кремния с материалом омического контакта (алюминий марки Ч) на поверхности подложки за счёт локального нагрева трением – скольжением с последующим его вжиганием.

Суммарная площадь  $n^+$ -р перехода составляла  $\sim 1,26\text{ см}^2$  или по  $\sim 0,63\text{ см}^2$  на каждой из поверхностей. Такие же размеры имел и изотопный  $p^+$ -р переход. Зазор между нагревателем и охладителем ( $l$ ) регулировался от 2 до 8 мм.



а

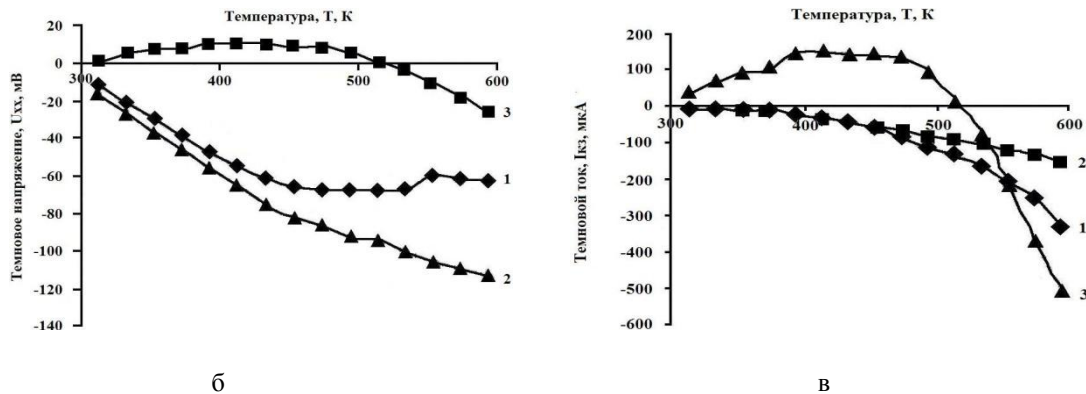


Рис. 2. Схема измерения образцов при нагреве,  $p^+$ -области до температуры  $T_1$  и стабилизации  $p^+$ -области при  $T_2$  (температуре охлаждающей воды  $\sim 20^\circ\text{C}$ ) (а) и получение в этих условиях температурные зависимости темновых напряжений  $-U_{x.x.}$  (б) и токов  $-I_{k.z.}$  (в), при различных зазорах между телом нагревателя и охладителя,  $l_{var}$  мм: 1–4; 2–8. Кривые 3 получены при зазоре  $l_{var}=8$  мм, но при нагреве  $p^+$ -области и, соответственно, стабилизации температуры  $p^+$ -области при  $\sim 20^\circ\text{C}$ .

Из рис. 2 (б) и (в) видно, что  $U_{x.x.}$  и  $I_{k.z.}$  у  $n^+-p^+$  образцов растут с увеличением температуры и при  $T_1 \sim 570$  К достигают, соответственно,  $\sim 120$  мВ и  $\sim 350$  мкА при  $FF \sim 0,6$ . Указанные величины  $I_{k.z.}$  и  $U_{x.x.}$  наблюдаются стабильно и воспроизводимы при зазоре между нагревателем и охладителем  $l \sim 8$  мм (кривые 2) и уменьшаются при уменьшении зазора, о чём, например, свидетельствует ход кривых 1, полученных при зазоре  $\sim 4$  мм. При повороте образца на  $180^\circ$ , т.е. при нагреве стороны  $n^+$ -типа,  $I_{k.z.}$  и  $U_{x.x.}$  падают в  $1,5 \div 2$  раза во всем диапазоне изменения величины зазора. Значения  $I_{k.z.}$  и  $U_{x.x.}$  обнаруживают также зависимость от материала омического контакта, т.е. металла, непосредственно соприкасающегося с поверхностью ВЛПК. Однако, различие величин  $I_{k.z.}$  и  $U_{x.x.}$  при разных металлах контактов (Al, Ni, Cu) значительно меньше их абсолютных значений, что указывает на преобладающий вклад в генерацию ЭДС процессов, протекающих в самом образце, по сравнению с влиянием контактной ТЭДС, связанной с различиями работы выхода у примененных контактных металлов [3] и значений их удельных ТЭДС [8]. Ход кривых на рис. 2,б обусловлен совместным действием барьерной и, в основном, объёмной ТЭДС, возникающей в  $p$ -области. При нагреве  $p^+$ -области эта ТЭДС, во-первых, превышает барьерную, так как  $n^+-p$  переход находится при низкой температуре и, во-вторых, – складывается с ней. При нагреве  $p^+$ -стороны барьерная и объёмная ТЭДС разнонаправлены, и барьерная преобладает над объёмной до температур  $\sim 520$  К.

Таким образом, использование мелкозернистого ВЛПК, генерация носителей тока с участием глубоких уровней в котором растёт с уменьшением размеров зёрен, а также создание градиента температуры, позволяют улучшить энергетические параметры образцов при невысоких температурах нагрева. Последнее привлекательно для преобразования низкопотенциального тепла, например, в системах, оснащенных простейшими концентраторами солнечного излучения, в которых градиент температуры по образцу, размещенному вдоль оптической оси, неизбежен.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Саидов М.С. Гелиотехника / М.С. Саидов, 2007. №4. -С. 3-6.
2. Саидов М.С. Гелиотехника / М.С. Саидов, Б.М. Абдурахманов, Л.О. Олимов, 2007, №4. -С. 8-13.
3. Термоэлектрические материалы и преобразователи. пер. с англ; под. ред. А.И. Карчевского. –М.: Мир, 1964. -351 с.
4. Тауц Я. Фото и термоэлектрические явления в полупроводниках / Я. Тауц. -М.: ИЛ, 1962.

5. Балмуш И.И. ФТП / И.И. Балмуш, З.М. Дашевский, А.И. Касян, 1995. -Т. 29, 1796.
6. Гаджиалиев М.М. ФТП / М.М. Гаджиалиев, З.Ш. Пирмагомедов, 2003. -Т. 37, -С. 1334.
7. Предварительный патент. Способ формирования электрического контакта на кремниевой заготовке / В.И. Шопен, Б.М. Абдурахманов. Приоритет, РУз №3864, 1995.
8. Антипов Б.Л. Материалы электронной техники. Задачи и вопросы / Б.Л. Антипов, В.С. Сорокин, В.А. Терехов; под редакцией В.А. Терехова. -М.: Высш. школа, 1990. -208 с.

### **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА $n^+ - p$ И $n^+ - p - p^+$ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ЛИТОГО ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ**

Приведены температурные зависимости  $I_{к.з.}$  и  $U_{о.р.}$   $n^+ - p$  и  $n^+ - p - p^+$  структур из сравнительно мелкозернистого литого поликремния при их однородном нагреве с градиентом температуры, а также при перемене направления теплового потока. Показано, что генерация носителей тока с участием глубоких уровней позволяет улучшить энергетические параметры таких образцов при невысоких температурах нагрева.

**Ключевые слова:** литой поликремний, мелкозернистый, градиент температуры, термоэлемент,  $n^+ - p$ -переход.

### **INFLUENCE OF TEMPERATURE ON SOME PROPERTIES OF $n^+ - p$ AND $n^+ - p - p^+$ STRUCTURES ON THE BASIS OF SECONDARY CAST POLYCRYSTALLINE SILICON**

The temperature dependence of  $I_{sh.c.}$  and  $U_{o.p.}$   $n^+ - p$  and  $n^+ - p - p^+$  structures of relatively fine-grained cast polysilicon in their uniform heating to a temperature gradient, as well as change the direction of heat flow. It is shown that the generation of charge carriers with deep levels can improve the energy parameters of the samples at low temperature heating.

**Key words:** cast polysilicon, fine-grained, temperature gradient, thermocouple,  $n^+ - p$ -junction.

**Сведения об авторах:** *Ф.С.Абдураззаков*-Институт электроники им. У.А. Арифова АН РУз.

E-mail: [alzinik@mail.ru](mailto:alzinik@mail.ru)

*С.З. Зайнабидинов* - Институт электроники им. У.А. Арифова АН РУз. E-mail: [alzinik@mail.ru](mailto:alzinik@mail.ru)

*Б.М. Абдурахманов* - Институт электроники им. У.А. Арифова АН РУз. E-mail: [alzinik@mail.ru](mailto:alzinik@mail.ru)

*Л.А. Олимов* - Андижанский государственный университет им. М. Бабура. E-mail: [bogarab@mail.ru](mailto:bogarab@mail.ru)

*З.Н. Аладьина* - Институт электроники им. У.А. Арифова АН РУз. E-mail: [alzinik@mail.ru](mailto:alzinik@mail.ru)

*А.Л. Кадыров* - Худжандский государственный университет им. Б. Гафурова. E-mail: [kadyrov-hgu@mail.ru](mailto:kadyrov-hgu@mail.ru)

*В.Т. Сидиков* - Худжандский государственный университет им. Б. Гафурова. E-mail: [kadyrov-hgu@mail.ru](mailto:kadyrov-hgu@mail.ru)

### **ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛН ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЗВУКОВ В СВЕРХТЕКУЧЕМ РАСТВОРЕ $He^3 - He^4$ ГАРМОНИЧЕСКИ МОДУЛИРОВАННЫМ И ГАУССОВЫМ ИМПУЛЬСАМИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОСТРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА**

*Т.Х.Салихов, С. К. Лейло Бехруз, Ф.Х.Хакимов*

**Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета**

Для прозрачных жидкостей основным механизмом оптического возбуждения звуковых волн является электрострикционный [1,2]. В этой связи в [3-6] теоретически исследовались различные аспекты генерации оптоакустических (ОА) сигналов первого и второго звука в  $He - He$ , а в [7] получена система волновых уравнений, описывающих особенности оптического возбуждения этих волн в сверхтекучем растворе  $^3He - ^4He$  посредством этого механизма. Целью настоящей работы является теоретическое рассмотрение особенностей возбуждения волн первого и второго звуков в этом растворе лазерным лучом, временная зависимость интенсивности которых либо модулирована по гармоническому закону, либо имеет гауссову форму.

Исходим из следующей системы взаимосвязанных волновых уравнений колебания давления  $P'(t, r)$  и температуры  $T'(r, t)$  в сверхтекучем растворе [7]:

$$\frac{\partial^2 P'}{\partial t^2} - U_1^2 \left(1 + \frac{\rho_s \beta^2}{\rho_n} + \frac{\beta U_2^2 \alpha_T}{\bar{\sigma}}\right) \Delta P' + \frac{\rho_0 \beta U_1^2 U_2^2 C_p}{T_0 \bar{\sigma}} \Delta T' = \left(\frac{\rho_s \beta}{\rho_n} - 1\right) U_1^2 L \Delta I, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 T'}{\partial t^2} - U_2^2 \left(1 - \frac{\beta U_1^2 \alpha_T}{\bar{\sigma}}\right) \Delta T' - \frac{T_0}{\rho_0 C_p} [(U_1^2 - U_2^2) \alpha_T + \frac{\rho_s}{\rho_n} \beta^2 \alpha_T U_1^2 - \frac{\rho_s}{\rho_n} \bar{\sigma} \beta + \\ + \frac{\beta \alpha_T^2 U_1^2 U_2^2}{\bar{\sigma}}] \Delta P' = \frac{T_0}{\rho_0 C_p} \left[ \left(\frac{\rho_s \beta}{\rho_n} - 1\right) \alpha_T U_1^2 - \frac{\bar{\sigma} \rho_s}{\rho_n} \right] L \Delta I \end{aligned}, \quad (2)$$

где  $L = Y/c$ ;  $Y = \rho_0 (\partial n / \partial \rho)_T$  - параметр ОА-связи;  $c_0$  - скорость света в вакууме;  $\sigma_0$  и  $c$  - равновесные значения удельной энтропии и массовой концентрации,  $\bar{\sigma} = \sigma_0 - c \partial \sigma / \partial c$ ;  $C_p$  - удельная теплоемкость;  $\alpha_T$  - коэффициент теплового расширения;  $I(t, r)$  - интенсивность падающего луча;  $\Delta_r$  - радиальная часть оператора Лапласа;  $U_1$  и  $U_2$  - скорости первого и второго звуков соответственно

$$U_2^2 = \frac{\rho_s}{\rho_n} \left[ \left(\frac{\partial T}{\partial \sigma}\right)_{Pc} \bar{\sigma}^2 + c^2 \left(\frac{\partial Z}{\partial c}\right)_{PT} \right], \quad \beta = \frac{\bar{\sigma}}{\rho_0} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_{Pc} \left(\frac{\partial T}{\partial \sigma}\right)_{Pc} + \frac{c}{\rho_0} \left(\frac{\partial \rho}{\partial c}\right)_{PT}.$$

Для рассматриваемого случая  $I = 2P_0 (\pi w^{-2}) \exp[-2r^2/w^2] \varphi_1(t)$ , где  $P_0$  и  $w$  - мощность и радиус перетяжки луча соответственно,  $\varphi_1(t)$  - функция, описывающая временное распределение луча.

**I. Интенсивность модулирована по гармоническому закону.** Тогда в (1) и (2) положим  $P'(t, r) = P'(r, \omega) e^{-i\omega t}$ ,  $T'(t, r) = T'(r, \omega) e^{-i\omega t}$  и выполнив преобразование Ханкеля

$$\tilde{\psi}(\omega, s) = \int_0^\infty \psi(\omega, r) J_0(rs) r dr,$$

где  $\omega$  - частота модуляции,  $\psi(\omega, r) = P'(\omega, r)$  и  $T'(\omega, r)$ , получим

$$\left[ U_1^2 s^2 \left(1 + \frac{\rho_s}{\rho_n} \beta^2 + \frac{\beta U_2^2 \alpha_T}{\bar{\sigma}}\right) - \omega^2 \right] \tilde{P}(\omega, s) - \frac{\rho_0 \beta U_1^2 U_2^2 C_p s^2}{T_0 \bar{\sigma}} \tilde{T}(\omega, s) = \quad (3)$$

$$= -\frac{1}{2\pi} \left(\frac{\rho_s}{\rho_n} \beta - 1\right) U_1^2 s^2 L \varphi(s) p_0$$

$$\begin{aligned} \left[ U_2^2 s^2 \left(1 - \frac{\beta U_1^2 \alpha_T}{\bar{\sigma}}\right) - \omega^2 \right] \tilde{T}(\omega, s) + \frac{T_0 s^2}{\rho_0 C_p} [(U_1^2 - U_2^2) \alpha_T + \frac{\rho_s \beta^2 U_1^2 \alpha_T}{\rho_n} + \\ + \frac{\beta U_1^2 U_2^2 \alpha_T^2}{\bar{\sigma}} - \frac{\rho_s}{\rho_n} \bar{\sigma} \beta] \tilde{P}(\omega, s) = \frac{-T_0 s^2 L \varphi(s) p_0}{2\pi \rho_0 C_p} \left[ \left(\frac{\rho_s}{\rho_n} \beta - 1\right) U_1^2 \alpha_T - \frac{\bar{\sigma} \rho_s}{\rho_n} \right] \end{aligned}. \quad (4)$$

Здесь  $\varphi(s) = \exp[-w^2 s^2 / 8]$ . Учитывая, что дисперсионное уравнение

$$\omega^4 - (U_1^2 + U_2^2 + \frac{\rho_s}{\rho_n} \beta^2 U_1^2) \omega^2 s^2 + U_1^2 U_2^2 s^4 = 0$$



имеет корни  $\omega_{1,2}^2 \approx s^2 C_{1,2}^2$ , решение системы (3)-(4) можно написать в виде

$$\tilde{P}(\omega, s) = \frac{U_1^2 L p_0 s^2 \varphi(s)}{2\pi} \frac{[(\frac{\rho_s}{\rho_n} \beta - 1)\omega^2 + U_2^2 s^2]}{(\omega^2 - s^2 C_1^2)(\omega^2 - s^2 C_2^2)}, \quad (5)$$

$$\tilde{T}(\omega, s) = -\frac{T_0 L p_0 s^2 \varphi(s)}{2\pi \rho_0 C_p} \left\{ \frac{[\frac{\bar{\rho}_s}{\rho_n} - (\frac{\rho_s}{\rho_n} \beta - 1)U_1^2 \alpha_T] \omega^2 - U_1^2 s^2 [\frac{\bar{\rho}_s}{\rho_n} (1 + \beta) + U_2^2 \alpha_T]}{(\omega^2 - s^2 C_1^2)(\omega^2 - s^2 C_2^2)} \right\}, \quad (6)$$

где  $C_1^2 \approx U_1^2 (1 + W)$ ,  $C_2^2 \approx U_2^2 (1 + W)^{-1}$ ,  $W = \rho_s \beta^2 U_1^2 / (U_1^2 - U_2^2) \rho_n$ .

Выражения (5) и (6) перепишем в виде

$$\tilde{p}(\omega, s) = \frac{U_1^2 \cdot L P_0 s^2 \varphi(s)}{2\pi (C_1^2 - C_2^2)} \cdot \left[ \frac{R_1}{s^2 - q_1^2} + \frac{R_2}{s^2 - q_2^2} \right], \quad (7)$$

$$\tilde{T}(\omega, s) = \frac{T_0 L p_0 s^2 \varphi(s)}{2\pi \rho_0 C_p (C_1^2 - C_2^2)} \left[ \frac{R_3}{(s^2 - q_1^2)} + \frac{R_4}{(s^2 - q_2^2)} \right]. \quad (8)$$

Здесь использованы следующие обозначения:  $q_i = \omega / C_i$  - волновые числа акустических волн,

$$R_1 = (1 - \frac{\rho_s}{\rho_n} \beta) - U_2^2 C_1^{-2}, R_3 = [(\frac{\rho_s}{\rho_n} \beta - 1)U_1^2 \alpha_T - \frac{\rho_s \bar{\sigma}}{\rho_n}] + U_1^2 C_1^{-2} [\frac{\rho_s \bar{\sigma}}{\rho_n} (1 + \beta) + U_2^2 \alpha_T],$$

$$R_2 = U_2^2 C_2^{-2} + (\frac{\rho_s}{\rho_n} \beta - 1), R_4 = [\frac{\rho_s \bar{\sigma}}{\rho_n} - (\frac{\rho_s}{\rho_n} \beta - 1)U_1^2 \alpha_T] - U_1^2 C_2^{-2} [\frac{\rho_s \bar{\sigma}}{\rho_n} (1 + \beta) + U_2^2 \alpha_T].$$

Теперь в (7) и (8) введём амплитуды генерируемых волн  $P_A = L P_0 (\pi w^2)^{-1} U_1^2 (C_1^2 - C_2^2)^{-1}$ ,  $T_A = T_0 L P_0 R_3 [\pi w^2 \rho C_p C_2^2 (C_1^2 - C_2^2)]^{-1}$  и, выполнив обратное преобразование Ханкеля, будем иметь

$$\frac{P'(\omega, r)}{P_A} = \frac{w^2}{2} \left\{ R_1 \int_0^\infty \frac{dss^3 \varphi(s) J_0(rs)}{s^2 - q_1^2} + R_2 \int_0^\infty \frac{dss^3 \varphi(s) J_0(rs)}{s^2 - q_2^2} \right\}, \quad (9)$$

$$\frac{T(\omega, r)}{T_A} = \frac{C_2^2 w^2}{2} \left\{ \int_0^\infty \frac{dss^3 \varphi(s) J(rs)}{s^2 - q_1^2} + \frac{R_4}{R_3} \int_0^\infty \frac{dss^3 \varphi(s) J(rs)}{s^2 - q_2^2} \right\}. \quad (10)$$

Принимая во внимание равенство  $2J_0(x) = H_0^{(1)}(x) - H_0^{(1)}(-x)$  и используя результаты интегрирования (см., например, [8])

$$\int_{-\infty}^\infty \frac{\varphi(x) H_0(rx) x^3 dx}{x^2 - q_i^2} = \pi i q_i^2 H_0^{(1)}(q_i r) \varphi(q_i),$$

согласно теории вычетов выражения (9) и (10) можно переписать в виде

$$\frac{P(t, r)}{P_A} = \frac{\pi w^2}{4} \left\{ R_1 q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-w^2 q_1^2 / 8} + R_2 q_2^2 H_0^{(1)}(q_2 r) e^{-w^2 q_2^2 / 8} \right\} e^{-i(\omega t - \frac{\pi}{2})}, \quad (11)$$

$$\frac{T(t, r)}{T_A} = \frac{\pi C_2^2 w^2}{4} \left\{ q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-w^2 q_1^2 / 8} + \frac{R_4}{R_3} q_2^2 H_0^{(1)}(q_2 r) e^{-w^2 q_2^2 / 8} \right\} e^{-i(\omega t - \frac{\pi}{2})}. \quad (12)$$

Из выражений (11) и (12) видно, что для рассматриваемого случая в сверхтекучем растворе  ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$  будут возбуждаться цилиндрические волны первого и второго звуков, каждый из которых состоит из двух компонентов. Обычной волне первого звука соответствует первое

слагаемое из (11), а «медленному» (скорость распространения  $C_2$ ) первому звуку-вторая. Обычную волну второго звука описывает второе слагаемое в выражении (12), а «быструю» (скорость распространения  $C_1$ ) волну второго звука-первое слагаемое.

Как правило, в эксперименте волны детектируются в области волновых зон, где  $q_1 r \gg 1$ . Между тем  $q_2 \approx 10q_1$  и, следовательно, области волновых зон для первого и второго звуков также существенно будут отличаться. Возможны два случая:

А). В области частот, когда  $q_2 r \gg 1$ , но  $q_1 r \leq 1$  (промежуточный случай), принимая во внимание известное асимптотическое выражение для  $H_0^{(1)}(y) = (2/\pi y)^{1/2} \exp[i(y - 0.25\pi)]$  [8], формулы (11) и (12) можно переписать в виде

$$\frac{P(t, r)}{P_A} = [0.25\pi R_1 w^2 q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8}} + \frac{\sqrt{\pi} R_2 w^2 q_2^{3/2}}{2\sqrt{2}r} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i(q_2 r - \frac{\pi}{4})}] e^{-i(\omega t - 0.5\pi)}, \quad (13)$$

$$\frac{T(t, r)}{T_A} = w^2 C_2^2 [0.25\pi q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8}} + \frac{\sqrt{\pi} R_4 q_2^{3/2}}{2R_3 \sqrt{2}r} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i(q_2 r - \frac{\pi}{4})}] e^{-i(\omega t - 0.5\pi)}. \quad (14)$$

Б). Для области частот, когда одновременно выполняются условия  $q_2 r \gg 1$  и  $q_1 r \gg 1$ , выражения (11) и (12) примут следующий вид:

$$\frac{P(\omega, r)}{P_A} = [R_1 w^2 q_1^{3/2} e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8} + i q_1 r} + R_2 w^2 q_2^{3/2} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i q_2 r}] \frac{\sqrt{\pi} e^{i\frac{\pi}{4}}}{2\sqrt{2}r}, \quad (15)$$

$$\frac{T(\omega, r)}{T_A} = w^2 C_2^2 [q_1^{3/2} e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8} + i q_1 r} + \frac{R_4 q_2^{3/2}}{R_3} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i q_2 r}] \frac{\sqrt{\pi} e^{i\frac{\pi}{4}}}{2\sqrt{2}r}. \quad (16)$$

Из выражений (13)-(16) следует, что при низких частотах интенсивность генерируемых волн возрастает согласно  $\sim \omega^{3/2}$ , с последующим ростом частоты проходит через максимум, а затем экспоненциально уменьшается. Положения максимумов соответствуют частотам  $\omega_{Max(1)} = \sqrt{6}C_1/w$ ,  $\omega_{Max(2)} = \sqrt{6}C_2/w$ . Следовательно, области максимумов генерируемых волн разделены друг от друга значительно, то есть на величину  $C_1/C_2 \approx 10$ . Это существенное разделение позволит отдельно и эффективно детектировать возбуждаемые волны первого и второго звуков.

**II. Интенсивность падающего луча имеет гауссовую форму**  $\varphi_1(t) = \exp[-t^2/\tau_L^2]$  с длительностью  $\tau_L$ . В этом случае в исходных уравнениях (1)-(2) выполним преобразования Фурье по  $t$  и Ханкеля по  $r$ :

$$\tilde{\psi}(t, r) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(\omega, r) e^{-i\omega t} d\omega, \quad \tilde{\psi}(\omega, s) = \int_0^{\infty} \psi(\omega, r) J_0(rs) r dr.$$

Тогда для Фурье спектра генерируемых цилиндрических волн получим следующие выражения

$$\frac{P(\omega, r)}{P_A} = \frac{\pi w^2 \varphi_1(\omega)}{4} \{R_1 q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-w^2 q_1^2/8} + R_2 q_2^2 H_0^{(1)}(q_2 r) e^{-w^2 q_2^2/8}\} e^{i\frac{\pi}{2}}, \quad (17)$$

$$\frac{T(t, r)}{T_A} = \frac{\pi C_2^2 w^2 \varphi_1(\omega)}{4} \left\{ q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-w^2 q_1^2 / 8} + \frac{R_4}{R_3} q_2^2 H_0^{(1)}(q_2 r) e^{-w^2 q_2^2 / 8} \right\} e^{i\frac{\pi}{2}}. \quad (18)$$

Здесь  $\varphi_1(\omega) = \tau_L \exp[-\omega^2 \tau_L^2 / 4]$ . Очевидно, что все вышеотмеченные особенности по составу генерируемых волн имеют место и для данного случая. Наличие множителя  $\varphi_1(\omega)$  существенно влияет на частотную зависимость амплитуд цилиндрических волн в волновой зоне. И здесь возможны два случая:

а). В области частот, когда  $q_2 r \gg 1$ , но  $q_1 r \leq 1$ , выражения (17) и (18) можно переписать в виде

$$\frac{P(\omega, r)}{P_A} = \frac{i\pi w^2 \varphi_1(\omega)}{4} \left[ R_1 q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8}} + \frac{\sqrt{2\pi} R_2 q_2^{3/2}}{\sqrt{r}} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i(q_2 r - \frac{\pi}{4})} \right], \quad (19)$$

$$\frac{T(\omega, r)}{T_A} = \frac{i\pi w^2 C_2^2 \varphi_1(\omega)}{4} \left[ q_1^2 H_0^{(1)}(q_1 r) e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8}} + \frac{\sqrt{2\pi} R_4 q_2^{3/2}}{R_3 \sqrt{r}} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i(q_2 r - \frac{\pi}{4})} \right]. \quad (20)$$

б). Для области частот, когда одновременно имеют место условия  $q_2 r \gg 1$  и  $q_1 r \gg 1$ , из формул (11) и (12) получим

$$\frac{P(\omega, r)}{P_A} = i w^2 \varphi_1(\omega) \left[ R_1 q_1^{3/2} e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8} + i q_1 r} + R_2 q_2^{3/2} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i q_2 r} \right] \frac{\sqrt{\pi} e^{i\frac{\pi}{4}}}{2\sqrt{2r}}, \quad (21)$$

$$\frac{T(\omega, r)}{T_A} = i w^2 C_2^2 \varphi_1(\omega) \left[ q_1^{3/2} e^{-\frac{w^2 q_1^2}{8} + i q_1 r} + \frac{R_4 q_2^{3/2}}{R_3} e^{-\frac{w^2 q_2^2}{8} + i q_2 r} \right] \frac{\sqrt{\pi} e^{i\frac{\pi}{4}}}{2\sqrt{2r}}. \quad (22)$$

Принципиально отличие выражения (19)-(22) от (13)-(16) состоит в том, что для данного случая положения максимумов амплитуд генерированных волн определяются выражениями

$$\omega_{Max(1)} = \sqrt{3} [w^2 / 2c_1^2 + \tau_L^2]^{-1/2}, \quad \omega_{Max(2)} = \sqrt{3} [w^2 / 2c_2^2 + \tau_L^2]^{-1/2}. \quad (23)$$

Из (23) видно, что положения максимумов в зависимости от длительности гауссового лазерного луча могут существенно отличаться от случая, когда интенсивность луча модулирована по гармоническому закону.

Подводя итоги настоящей работы, можно заключить, что нами разработана теория генерации ОА - волн первого и второго звуков гармонически модулированным и гауссовым лазерным импульсами посредством электрострикционного механизма и найдены все особенности этих волн.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.Э. Лазерная оптоакустика / В.Э. Гусев, А.А. Карабутов. -М.: Наука, 1991. – 304с.
2. Бункин Ф.В. Оптическое возбуждение звуковых волн. Обзор / Ф.В. Бункин, В.М. Комиссаров // Акуст. Журн., 1988. -Т.34.-№3. – С. 437–444.
3. Салихов Т.Х. Вклад электрострикционного механизма в волновых уравнения для оптоакустических сигналов первого и второго звуков в Не-II / Т.Х. Салихов, Бехруз С.К. Лейло, О.Ш. Одилов // Вестник ТНУ, 2011.-№8 (72). – С.3 – 7.
4. Салихов Т.Х. Генерация оптоакустических импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии непрерывным лазерным излучением посредством электрострикционного механизма / Т.Х. Салихов, Бехруз С.К. Лейло, О.Ш. Одилов // Вестник ТНУ, 2012.- №1/1.- С.99-103.

5. Салихов Т.Х. Генерация оптоакустических волн первого и второго звуков в не-ii гармонически модулированным интенсивностью лазерным излучением посредством электрострикционного механизма / Т.Х. Салихов, Бехруз С.К. Лейло, О.Ш. Одилов // ДАН РТ, 2012. – Т.54. – №6. – С.461 – 465.
6. Салихов Т.Х. Генерация оптоакустических импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем гелии негауссовым импульсом лазерного излучения посредством электрострикционного механизма/ Т.Х. Салихов, Бехруз С.К. Лейло, О.Ш. Одилов // ДАН РТ, 2012. –Т .55.– №9. –С.721– 728.
7. Салихов Т.Х. Волновые уравнения оптоакустических сигналов первого и второго звуков в сверхтекучем растворе  $\text{He}^3$ – $\text{He}^4$  с учетом теплового и стрикционного механизмов / Т.Х. Салихов, Бехруз С.К. Лейло, О.Ш. Одилов // Вестник ТНУ, 2012. – №1/3(85). – С.124 – 127.
8. Ватсон Г.Н. Теория бесселевых функции. Ч. I ./ Г.Н. Ватсон. – М.: ИЛ, 1979. – 798 с.

**ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛН ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЗВУКОВ В СВЕРХТЕКУЧЕМ РАСТВОРЕ  $\text{He}^3$ - $\text{He}^4$  ГАРМОНИЧЕСКИ МОДУЛИРОВАННЫМ И ГАУССОВЫМ ИМПУЛСАМИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОСТРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА**

Теоретически исследованы особенности возбуждения волн первого и второго звуков в сверхтекучем растворе  $\text{He}^3$ – $\text{He}^4$  модулированным гармонически модулированным и гауссовым лазерным импульсами лазерного луча посредством электрострикционного механизма. Обнаружено, что каждая из генерируемых волн состоит из двух частей. Первый звук состоит из обычного (скорость распространения  $C_1$ ) и «медленного» (скорость распространения  $C_2$ ) компонентов. Второй звук состоит из обычного (скорость распространения  $C_2$ ) и «быстрого» (скорость распространения  $C_1$ ) составляющих. Найдены необходимые выражения, описывающие характеристики возбуждаемых волн в области волновых зон. Определены области частот, когда амплитуды этих волн достигают максимального значения.

**Ключевые слова:** оптоакустика, сверхтекучий раствор, стрикционный механизм.

**EXCITATION OF THE FIRST AND SECOND WAVES IN SUPERFLUID SOLUTION BY THE HARMONICALLY MODULATED AND GAUSSIAN IMPULSE OF THE LASER BEAM THROUGH ELECTROSTRICTION MECHANISM**

Theoretically investigated specific feature of wave excitation of the first and second sound in superfluid  $\text{He}^3$ - $\text{He}^4$  be the harmonically modulate and Gaussian pulse of laser light through the electrostrictive mechanism. It was found that each of the generated waves consist of two parts. The first sound consists of a usually (propagation velocity is  $C_1$ ) and "slow" (propagation velocity is  $C_2$ ) components. The second sound consists of a usually (velocity of propagation  $C_2$ ) and "fast" (velocity of propagation is  $C_1$ ) components. Found necessary expressions, which describing the characteristics of the excited waves in the wave zone. The ranges of frequencies in which the amplitude of these waves reached a maximum value have been found.

**Key words:** optoacoustic, superfluid solution, electrostriction mechanism.

**Сведения об авторах:** *Т.Х. Салихов* – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела «Физика конденсированного состояния» НИИ ТНУ. E-mail: [t\\_salikhov@rambler.ru](mailto:t_salikhov@rambler.ru)  
*Сафои Кучаксарои Лейло Бехруз* – выпускница физического факультета университета «Паёми нур», г. Машхад (ИР Иран), аспирантка третьего года обучения НИИ ТНУ. Телефон: **934-10-91-47**  
*Ф.Х. Хакимов* – член-корр. АН РТ, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики ТНУ. Телефон: **917-30-49-24**

## ВЛИЯНИЕ УФ-И ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН

*З.А. Додобоев, М.Шерматов, С.Ш. Ахмедов, С.Н.Каримов*  
Худжандский государственный университет им. Б.Гафурова  
Физико-технический институт им С. Умарова АН РТ

Изучению закономерностей и механизмов электропроводности полимеров искусственного и синтетического происхождения, а также влиянию внешних факторов (температура, легирование, влага, облучение и др.) на их электрические свойства посвящено большое количество работ [1-5]. Однако, в отношении природных полимеров (хлопок, шёлк, шерсть и др.) этого сказать нельзя. Известно лишь, что воздействие проникающего излучения на целлюлозу сопровождается деструкцией цепных молекул в аморфных и кристаллических областях, причем образуются ионогенные фрагменты и свободные кислородосодержащие группы в дополнение к уже существующему в объеме полимера растворенному кислороду, который является сильным электроноакцептором [6-8].

Цель настоящей работы заключается в исследовании влияния УФ- и гамма-облучения на электропроводность хлопковых волокон (ХВ), выращенных в обычных погодноклиматических условиях и условиях искусственного УФ –облучения.

В качестве объекта исследования использовали 70-дневной зрелости хлопковое волокно сорта 175-Ф. Образцы для испытаний изготавливались в виде пучка параллельно уложенных хлопковых волокон длиной 10 мм и массой 3 мг. Концы пучков склеивались с двумя выводами из медных проволок толщиной 1 мм электропроводящим клеем. К концам образцов прилагалось постоянное напряжение 300В. Опыты проводились в специальной барокамере в присутствии влагопоглощающего вещества. Предварительное УФ-облучение образцов производили при помощи кварцевой лампы ПРК-4, время облучения варьировали в пределах  $t=0-10$  час. Гамма-облучение образцов производили на установке «РХМ-гамма-20» от источника излучения  $^{60}\text{Co}$ . Дозу облучения  $D$  варьировали в пределах  $D=0-10^6$  Гр.

На рис. 1 представлена температурная зависимость электропроводности  $I(T)$  исходных (кривая 1) и подвергнутых предварительному УФ-облучению (кривые 2-4) хлопковых волокон. Как видно из рисунка, с увеличением времени облучения  $t$  (кривые  $I(T)$ ), во-первых, смещаются в низкотемпературную область, во-вторых, электропроводность образцов растет по экспоненциальному закону.

Поскольку хлопковая целлюлоза относится к деструктирующим системам, то воздействие УФ- и гамма-облучения может приводить к однотипным эффектам при исследовании электрических свойств подобных систем. Так, на рис.2 приведена температурная зависимость электропроводности исходных (кривая 1) хлопковых волокон и подвергнутых различным дозам гамма – облучения (кривые 2-5). Из рисунка 2 видно, что поведение электропроводности для этих образцов по характеру аналогично случаю УФ-облучённых, то есть с ростом дозы гамма-облучения  $D$  электропроводность растёт.

Далее, эти кривые были представлены в координатах  $\lg(I)=f(1/T)$  и из них определены величины температуры перехода  $T_n$  и энергии активации электропроводности  $\Delta U$ , которые представлены в табл. 1. Из таблицы видно, что вклад радиационных эффектов в проводимость в обоих случаях однотипный: с увеличением времени УФ-облучения и дозы гамма-облучения кривые  $I(T)$  смещаются в низкотемпературную область; они характеризуются низким значением  $T_n$  и энергией активизации  $\Delta U$  по сравнению с исходными образцами.

Интересным является то, что по мере роста времени УФ-облучения и дозы гамма-облучения обнаруживается постепенное исчезновение изломов на зависимостях  $\lg I=f(1/T)$  и уменьшение величины  $\Delta U_2$ . При достаточно больших значениях  $t$  и  $D$  на зависимостях  $\lg I=f(1/T)$  остаётся только одна прямая линия с угловым коэффициентом  $\Delta U$ .

Наблюдаемые изменения  $I(T)$  при облучении могут быть объяснены тем, что развитие деструкционных процессов цепных молекул в аморфных участках полимера и преобладание процессов радикалообразования над их рекомбинацией приводит к росту концентрации электроносителей и смещению  $T_n$  в область сравнительно низких температур. Однако, с ростом времени  $t$  и дозы облучения  $D$  процессы деструкции охватывают цепные молекулы не только в аморфных, но и в кристаллических участках. Причем одновременно происходит генерация, не только свободных зарядов (ионов, электронов и др.), но и кислорода и кислородосодержащих групп, являющихся сильными акцепторами электронов. Последнее приводит к резкому падению концентрации носителей за счёт стимуляции эффекта рекомбинации радикалов, захвата электронов «ловушками», уменьшению или увеличению межмолекулярного контакта и др. Видимо, этими причинами и обусловлены изменения в характере проводимости облученных волокон [9,10].

Рост электропроводности облучённых хлопковых волокон, прежде всего, связан с ростом концентрации носителей тока, образованием областей сопряжения в цепи в результате радиационно-химических процессов, а также возникновением межцепных «проводящих мостиков» при сшивке макромолекул целлюлозы и др. Из проведенных экспериментов следует, что радиационное воздействие может стать эффективным технологическим приёмом, позволяющим изменять характер проводимости хлопковых волокон в широких пределах.

Такие же результаты нами были получены для тонковолокнистых сортов хлопковых волокон 5904- и 5595В, которые представлены в табл.2.

Аналогичные эффекты можно наблюдать для хлопковых волокон, выращенных в искусственно облученных полях. Известно много работ, посвященных УФ-облучению растений, в частности хлопчатника [12]. В [12]

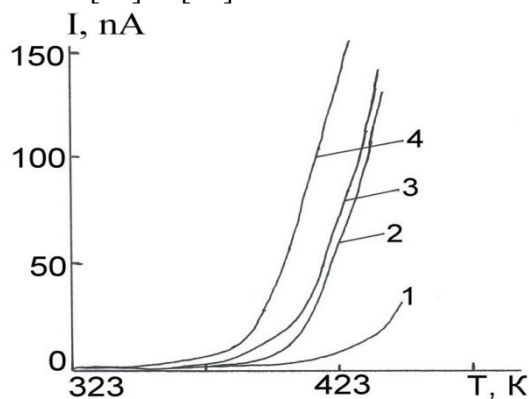


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности хлопковых волокон сорта 175Ф, подвергнутых УФ-облучению. 1-исходный,  $t=0$ ; 2-1; 3-5; 4-10 час.

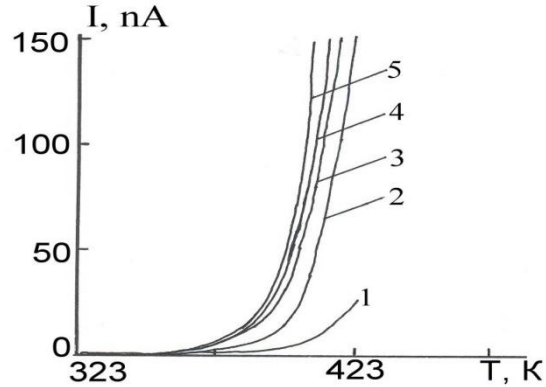


Рис.2. Температурная зависимость электропроводности хлопковых волокон сорта 175Ф подвергнутых гамма-облучению. 1-исходный, D=0; 2-  $10^4$ ; 3- $10^5$ ; 4 -  $5 \cdot 10^5$ ; 5 -  $10^6$  Гр.

отмечено, что даже однократное УФ-облучение хлопчатника в течение 15 мин приводит к повышению на 30-50% всех показателей роста и развития хлопчатника по сравнению с контрольным образцом. Поэтому вопрос о том, что УФ- облучение определенной дозой может приводить к увеличению урожайности хлопчатника, бесспорно является важным.

Многочисленными исследованиями установлено, что применение не только УФ-облучения, но и ультразвукового и ионизирующего

**Таблица 1. Изменение параметров проводимости ( $\Delta U_1, \Delta U_2$  и  $T_n$ ) при облучении хлопковых волокон сорта 175Ф**

Время УФ-облучения t, час.	0	1	5	10	
$T_n$ , К	416	400	390	300	
$\Delta U_1$ , эВ	0,35	0,36	0,42	0,43	
$\Delta U_2$ , эВ	1,25	1,20	1,10	0,80	
Доза гамма-облучения D, Гр	0	$10^4$	$10^5$	$0,5 \cdot 10^5$	$10^6$
$\Delta U_1$ , эВ	0,35	0,34	0,40	0,41	0,42
$\Delta U_2$ , эВ	1,25	1,26	0,90	0,82	
$T_n$ , К	416	402	390	357	300

**Таблица 2. Изменение параметров проводимости  $\Delta U_1, \Delta U_2$  и  $T_n$ , при облучении хлопковых волокон сорта 5904-И и 5595 В**

Время УФ-облучения t, час	0	1	2	5	7	10
$\Delta U_1$ , эВ	0,30	0,30	0,30	0,28	0,34	0,40
$\Delta U_2$ , эВ	1,40	1,26	1,12	1,00	0,90	0,85
$T_n$ , К	493	473	443	433	423	413
Доза гамма-облучения D, Гр облучения облуооблуч D <sub>Г</sub> , Гр	0	$10^4$	$10^5$	$10^6$		
$\Delta U_1$ , эВ	0,30	0,30	0,30	0,30		
$\Delta U_2$ , эВ	1,42	1,38	1,22	1,14		
$T_n$ , К	493	473	423	403		

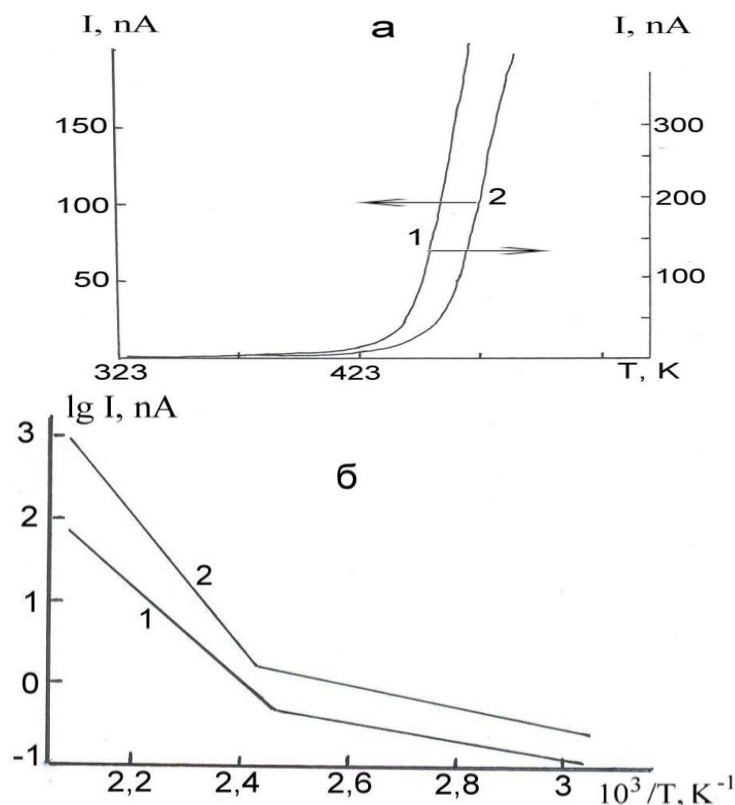


Рис.3.- Температурная зависимость  $I(T)$  (а) и  $\lg I(1/T)$  (б) для исходного (1) и облученного УФ-светом во время биосинтеза хлопкового волокна сорта 175Ф(2).

излучения, электрического поля приводит к изменению биоэлектрических свойств растений, особенностей обмена веществ и существенным физиологическим и биохимическим изменениям растений и плодов [12-13].

Результаты влияния УФ-облучения на температурные зависимости  $I(T)$  (а) и  $\lg I=f(1/T)$  (б) для исходного образца (1) и облученного в процессе биосинтеза (2) представлены на рис. 3. Как видно из рисунка 3, изменение  $I(T)$  носит экспоненциальный характер и состоит из областей замедленного и быстрого роста электропроводности. Они различаются величиной температуры начала нарастания силы тока  $T_n$ ; для исходного образца  $T_n=423K$  и для облученного 473 К; величины  $\Delta U_1$  образцов практически одинаковы, но величины  $\Delta U_2$  (исх.)  $< \Delta U_2$  (обл.) примерно в 1,5 раза. Следовательно, облученное хлопковое волокно обладает пониженной электропроводностью по сравнению с исходным.

В работе [11] масс-спектрометрическими исследованиями таких образцов установлено, что состав летучих продуктов в них не отличается. Различия термодеструкционных свойств образцов проявляются при изучении кинетики процесса. Оказалось, что температура начала термодеструкции хлопка 175Ф (контрольный образец) лежит примерно на  $60^\circ$  ниже, чем для облученного УФ-светом при выращивании хлопка. Энергия активации термодеструкции хлопка-контроль составляет величину 105-110 кДж/моль, что в два меньше, чем для полученного из предварительно УФ-обработанного хлопчатника (205-210 кДж/моль). Этот факт свидетельствует о том, что хлопковая целлюлоза, полученная из специально обработанных УФ-светом растений хлопчатника обладает более прочной химической структурой и является более термостабильной по сравнению с хлопковой целлюлозой, синтезируемой традиционным способом.



Таким образом, УФ-облучение хлопчатника в период вегетации приводит к улучшению механических, тепловых и электрических свойств хлопковых волокон.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические свойства полимеров / Б.И. Сажин и др. [и др.]. -Л: Химия, 1986. -226с.
2. Гуль В.Е. Электропроводящие полимерные композиции / В.Е. Гуль, Л.З. Шенфиль. -М.: Химия, 1984. -210с.
3. Дулов А.Н. Органические полупроводники / А.Н. Дулов, А.А. Слинкин. -М.: Наука, 1970. -125с.
4. Тугов И.И. Физико-химия полимеров / И.И. Тугов, Г.И. Кострыкина.-М.: Химия, 1989. -431с.
5. Мыльников В.С. Фотопроводимость полимеров / В.С. Мыльников. -Л.: Химия, 1990. - 240 с.
6. Ястербинский А.А. Структурная механика некоторых химических и природных волокон: дисс.докт. хим. наук / А.А. Ястербинский. -Ташкент, 1982. -457 с.
7. Кузнецова А.М. Выявление надмолекулярной структуры хлопка и вискозы путем избирательной молекулярной деструкции: дисс.канд. физ-мат наук / А.М. Кузнецова. -Ташкент, 1985. -194 с.
8. Туйчиев Ш. Деформационное и термическое поведение структурных элементов, ориентированных полимерных систем: дисс. д-ра, физмат наук / Ш. Туйчиев. - Л.: ИВС АН СССР, 1990. -355с.
9. Влияние ультрафиолетовой радиации на электропроводность хлопковых волокон / З.А. Додобоев, М. Шерматов и др. // Тезис докл. 1-ой международной конференции «Современные проблемы физики полупроводников и диэлектриков». -Ташкент, 1995. -С.137.
10. Электропроводимость хлопковых волокон, облученных гамма-лучами / З.А. Додобоев, М. Шерматов и др. // Тезис докл. 1-ой международной конференции «Современные проблемы физики полупроводников и диэлектриков». -Ташкент, 1995. -С.128.
11. Табаров С.Х. Масс-спектроскопические исследования термодеструкции хлопка сорта 108Ф / [С.Х. Табаров, А.А. Ястребинский, В.Ф. Лобанцова и др.] // ДАН. Тадж.ССР, 1989. -Т.32, N10. -С.667-670.
12. Дубров А.П. Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на растения / А.П. Дубров. -М.: Химия, 1967. -С.64-107.
13. Болибеков У. Физико-химические методы исследования структуры и свойств биополимеров / У. Болибеков, С.Н. Каримов, Ш. Туйчиев. -Худжанд, 1994. -С. 311.

#### ВЛИЯНИЕ УФ И ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН

В работе исследовано влияние УФ-и гамма-облучения на электропроводность хлопковых волокон. Установлено, что вклад радиационных эффектов в проводимость хлопковых волокон в обоих случаях однотипен: с ростом времени УФ- облучения и дозы гамма-облучения кривые температурных зависимостей проводимости смещаются в низкотемпературную область; они характеризуются низкими значениями переходных температур  $T_n$  и энергией активации электропроводности  $\Delta U$  по сравнению с исходными образцами.

**Ключевые слова:** УФ- и гамма- облучение, энергия активации.

#### EFFECT OF UV AND GAMMA IRRADIATION ON ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF COTTON

In this work is investigated the influence of UV and gamma irradiation on the electrical conductivity of cotton fibers. Found that the contribution of radiation effects in the electrical conductivity of the cotton in both cases is same type: with increasing the time of UV radiation and gamma - radiation curves of temperature dependences of conductivity shifted to lower temperatures region.

It is characterized low values of the transition temperature  $T_n$  and the activation energy  $\Delta U$  compared with the original samples.

**Key words:** UV and gamma radiation, the energy of activation.

**Сведения об авторах:** *З.А. Додобоев* – старший преподаватель кафедры теоретической физики Худжандского государственного университета им. Б.Гафурова. Телефон: **92-790-34-41**

*М. Шерматов* – доцент кафедры общей физики Худжандского государственного университета им. Б.Гафурова. Телефон: **92-717-88-12**

*С.Ш. Ахмедов* – д.ф.м.н., заведующий лабораторией ФТИ им С. Умаров АН РТ. Телефон: **227-71-02 (дом)**

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Б.А. Аминов, Дж.Б. Аминов, Х.М. Маджидов*  
Физико-технический институт им. С.У. Умарова АН РТ,  
Таджикский технический университет им. М.С. Осими,  
Таджикский государственный университет коммерции

Существует много методов определения электрофизических свойств твёрдых материалов при высоких температурах. Опыты показывают, что измерения электрофизических свойств твёрдых веществ является одной из труднейших задач [1].

В связи с широким использованием электрофизических свойств различных веществ в различных отраслях промышленности актуальной стала проблема разработки скоростных методов измерения электрофизических характеристик изучаемых материалов [2].

Предлагается комплексный метод измерения электрофизических свойств твёрдых тел при высоких температурах, на установке ИЭ-600 (измеритель электропроводности) основанный на теории ступенчатого нагрева [3] разработанный в лаборатории ЦИИВЭ (центр исследования источников возобновляемой энергии) при ФТИ им. С.У. Умарова АН РТ. Схема экспериментальной установки для измерения электрических сопротивлений и электропроводности показана на рис. 1. Преимущество предлагаемого метода заключается в том, что требуется измерение температуры нагрева образца только в одной точке его поверхности. Это уменьшает погрешность эксперимента и утечки тепла по проводам термопары.

Принцип ступенчатого нагрева является качественно новым подходом в практике тепло- и электрофизических измерений и может применяться в широком интервале температуры (298-673 К). Исследуемые образцы использовались в виде сплошного цилиндра высотой  $15 \pm 0,5$  мм и диаметром  $12 \pm 0,5$  мм.

Для измерения электрических сопротивлений и электропроводности исследуемых объектов к экспериментальной установке подключается мостиковая схема (мост Уитстона), (рис. 1). Мост уравнивается вручную с помощью магазинов сопротивлений в плечах моста.

Для исключения процесса окисления, исследуемые объекты размещены в вакууме. Процесс измерения электропроводности образцов на данной установке продолжается 4 часа. На экспериментальной установке контрольные измерения проводились на медных и алюминиевых образцах. Полученные экспериментальные данные по электрическим сопротивлениям и электропроводности контрольных образцов с погрешностью до 10% совпадают с данными [3].

**Методика исследования.** Испытуемый образец 1 прижимается между двумя медными столиками 2 и 3 с помощью изоляторов 6 и 7. Резбанной винтик 5 урегулируется по высоте размером образца 1. По образцу нагрев из печи 8 медленно передается через медный сердечник в столик 2.

Вся установка удерживается с помощью олуидового стояка 9, которая одевается на нижнюю часть установки с помощью механизма 10. Кварцевый колпак 11 с помощью винтика 15 и с помощью резиновой муфты 16 соединяются к нижней части установки 12, то есть к вакуумной системе.

Испытуемый образец 1 во время установления на столик изолируется от окружающей среды с помощью кварцевой трубки и наполненной теплоизоляционной ватой.

Измерительная часть системы к прибору вводится с помощью выводов 13 и 14. Нижняя часть установки охлаждается с помощью сточной воды 17. Для определения электрических сопротивлений исследуемых образцов к данной установке подключается мостиковая схема, которая показана на рис. 1, при этом испытуемый образец изолируется диэлектрической фольгой от верхнего и нижнего медных столиков.

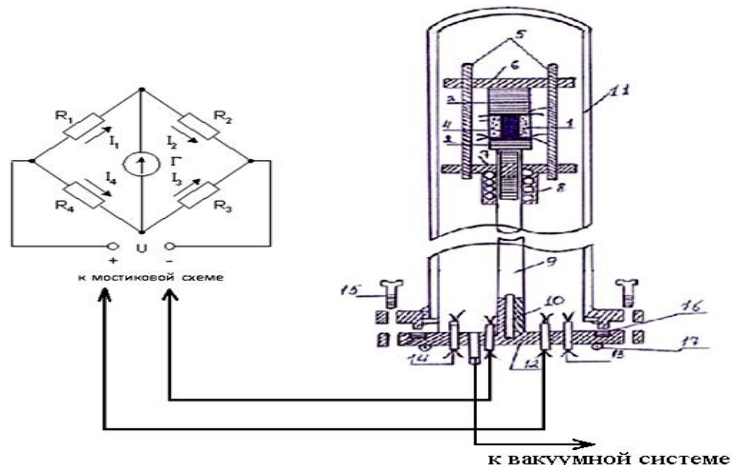


Рис. 1. Схематический разрез установки для измерения электрофизических свойств твёрдых тел при высоких температурах:

1 – испытуемый образец; 2 – нижний столик (медный); 3 – верхний столик (медный); 4 – кварцевая трубка с заполненной теплоизоляционной ватой; 5 – регулирующий винт; 6 – 7 – теплоизоляционный асбест; 8 – нагреватель; 9 – олуновый стоик (трубка); 10 – металлический крепеж; 11 – кварцевая колонка; 12 – нижняя часть установки; 13 – 14 – выводы измерительной части установки; 15 – винт крепления; 16 – вакуумный уплотнитель; 17 – охлаждающая стена

После проведения контрольных измерений проводилось исследование электрических сопротивлений и электропроводности углеродмедьсодержащих композиционных материалов на основе алюминия в зависимости от температуры.

Характер изменения электропроводности исследуемых образцов в зависимости от температуры в вакууме показаны на рис.1 и 2. Согласно табл. 1 и рис. 1, 2 с ростом температуры электрическое сопротивление всех исследуемых образцов растёт, а их электропроводность уменьшается. Самой большой электропроводностью обладает медный, алюминиевый слиток и прессованный алюминиевый порошок, а с ростом температуры их электропроводность быстрее падает, чем у образцов содержащих углерод и медь.

С ростом концентрации углерода электрическое сопротивление прессованного алюминиевого порошка растёт, а электропроводность уменьшается. Электрическое сопротивление исследуемых образцов с увеличением концентрации меди уменьшается, а их электропроводность заметно растёт. Исследуемые образцы, содержащие медь имеют меньшее электрическое сопротивление, чем образцы содержащие углерод, а их электропроводность больше, чем у этих. Таким образом, добавки, (композиты) обладающие большой электропроводностью увеличивают электропроводность прессованных алюминиевых порошков.

Для обобщения опытных данных по электропроводности углеродмедьсодержащих композиционных материалов на основе алюминия нами использован метод приведенных координат в виде следующей функциональной зависимости:

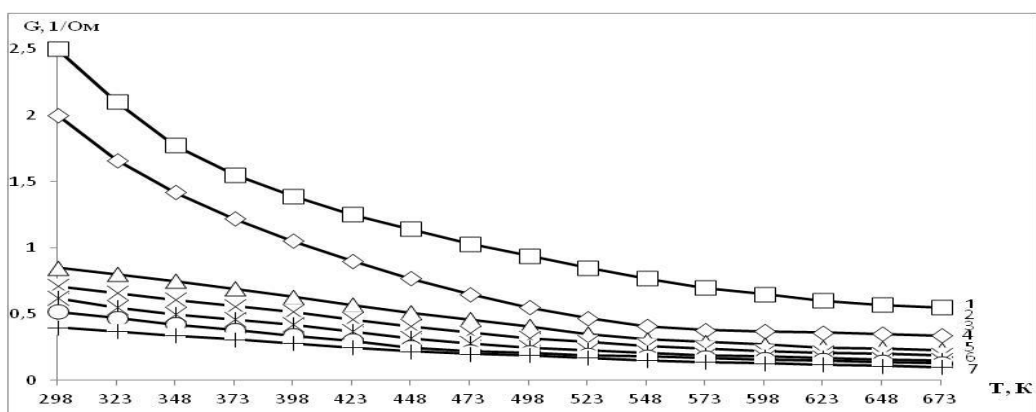
$$\frac{G}{G_1} = f\left(\frac{T}{T_1}\right), \quad (1)$$

где  $G$  – электропроводность исследуемых образцов при температуре  $T$ ,  $G_1$  – электропроводность исследуемых образцов при температуре  $T_1 = 473\text{K}$ .

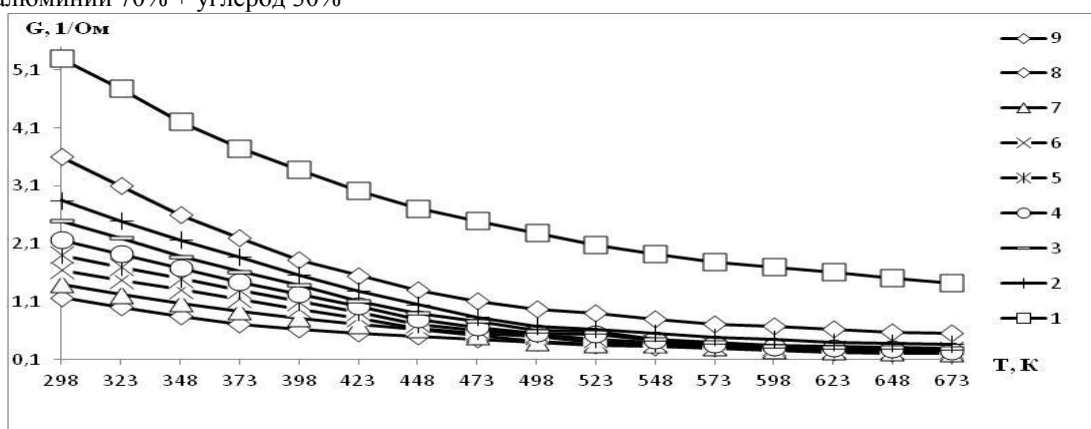
Выполнимость зависимости (1) для исследуемых образцов показана на рис.3. Опытные данные по электропроводности исследуемых материалов хорошо ложатся вдоль общей кривой. Некоторые точки для исследуемых объектов вследствие тесноты расположения или совпадения с другими точками на рис. 3 не показаны.

**Таблица 1. Электропроводность и электрические сопротивления углеродмедьсодержащих композиционных материалов на основе алюминия в зависимости от температуры**

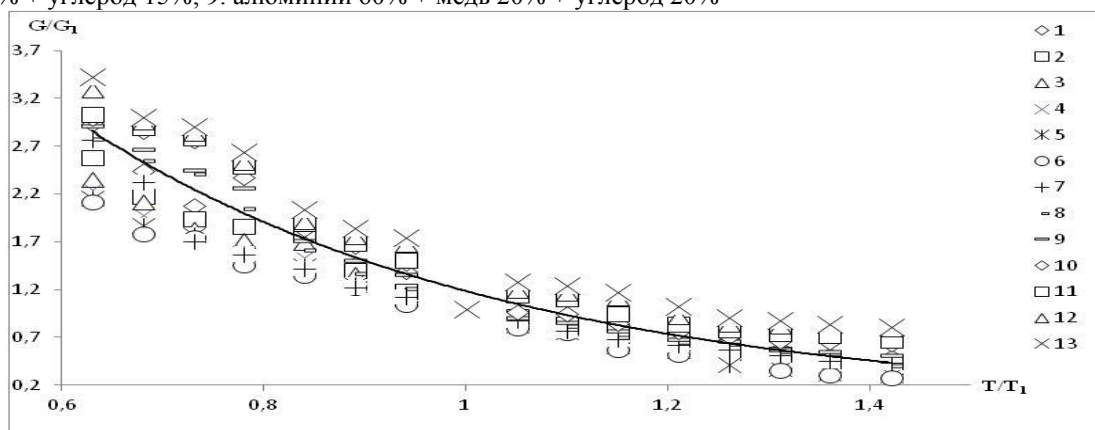
Эталонный образец №1 медь (слиток)																
T, K	298	323	348	373	398	423	448	473	498	523	548	573	598	623	648	673
R, Ом	0,2	0,21	0,22	0,24	0,25	0,3	0,36	0,4	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,62	0,66	0,7
G, 1/Ом	5	4,76	4,54	4,16	4	3,33	2,77	2,5	2,32	2,1	1,92	1,8	1,72	1,61	1,51	1,42
Эталонный образец №2 алюминий (слиток)																
R, Ом	0,4	0,55	0,6	0,67	0,7	0,8	0,85	0,9	1,05	1,1	1,25	1,4	1,45	1,6	1,75	1,8
G, 1/Ом	2,5	1,8	1,6	1,5	1,42	1,25	1,17	1,11	0,95	0,9	0,8	0,71	0,68	0,62	0,57	0,55
Образец №3 алюминий (порошок прессованный)																
R, Ом	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,95	1,11	1,45	1,8	1,9	2,4	2,6	2,7	2,77	2,85	2,91
G, 1/Ом	2	1,66	1,42	1,25	1,1	1	0,95	0,68	0,55	0,52	0,41	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34
Образец №4 алюминий 95% + углерод 5%																
R, Ом	1,3	1,36	1,38	1,44	1,5	1,9	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3
G, 1/Ом	0,77	0,73	0,72	0,69	0,66	0,52	0,41	0,37	0,34	0,32	0,3	0,29	0,27	0,25	0,24	0,23
Образец №5 алюминий 90% + углерод 10%																
R, Ом	1,4	1,5	1,55	1,6	1,7	2,3	2,6	2,9	3,1	3,4	3,5	3,6	4,6	4,7	4,8	4,9
G, 1/Ом	0,71	0,66	0,64	0,62	0,58	0,43	0,38	0,34	0,32	0,29	0,28	0,27	0,22	0,21	0,2	0,19
Образец №6 алюминий 85% + углерод 15%																
R, Ом	1,6	1,8	2,3	2,55	2,7	3,2	3,6	4,1	4,3	4,8	5	5,2	5,6	5,8	6,1	6,2
G, 1/Ом	0,62	0,55	0,43	0,39	0,37	0,31	0,27	0,24	0,23	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15
Образец №7 алюминий 80% + углерод 20%																
R, Ом	1,9	2,1	2,55	2,7	3,1	3,6	3,9	4,4	4,7	5,2	5,55	5,8	6,2	6,5	6,8	6,95
G, 1/Ом	0,52	0,47	0,39	0,37	0,32	0,27	0,25	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
Образец №8 алюминий 70% + углерод 30%																
R, Ом	2,2	2,55	2,8	3,1	3,4	3,95	4,3	4,9	5,2	5,85	6,4	6,85	7,2	7,8	8,4	9,8
G, 1/Ом	0,45	0,39	0,35	0,32	0,29	0,25	0,23	0,2	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1
Образец №9 алюминий 95% + медь 2,5% + углерод 2,5%																
R, Ом	0,8	0,95	1,3	1,4	1,55	1,8	1,95	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,85	4,3	4,7	4,9
G, 1/Ом	1,25	1,05	0,77	0,71	0,64	0,55	0,51	0,45	0,4	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,2
Образец №10 алюминий 90% + медь 5% + углерод 5%																
R, Ом	0,7	0,75	0,8	0,95	1,2	1,35	1,6	1,95	2,4	2,65	2,75	3,1	3,7	4,2	4,5	4,75
G, 1/Ом	1,42	1,3	1,25	1,05	0,83	0,7	0,62	0,51	0,41	0,37	0,36	0,32	0,27	0,23	0,22	0,21
Образец №11 алюминий 85% + медь 7,5% + углерод 7,5%																
R, Ом	0,62	0,68	0,75	0,8	1,05	1,2	1,55	1,8	2	2,5	2,7	3	3,6	3,85	4	4,2
G, 1/Ом	1,61	1,47	1,33	1,25	0,95	0,83	0,64	0,55	0,5	0,4	0,37	0,33	0,27	0,26	0,25	0,23
Образец №12 алюминий 80% + медь 10% + углерод 10%																
R, Ом	0,55	0,58	0,6	0,76	0,9	1	1,4	1,6	1,85	2,2	2,55	2,9	3,2	3,5	3,65	3,8
G, 1/Ом	1,8	1,72	1,66	1,31	1,1	1	0,71	0,6	0,54	0,45	0,39	0,34	0,31	0,28	0,27	0,26
Образец №13 алюминий 70% + медь 15% + углерод 15%																
R, Ом	0,5	0,52	0,56	0,72	0,8	0,95	1,25	1,5	1,77	1,85	2,3	2,75	3,05	3,45	3,4	3,72
G, 1/Ом	2	1,92	1,78	1,38	1,25	1,05	0,8	0,66	0,56	0,54	0,43	0,36	0,32	0,29	0,28	0,25
Образец №14 алюминий 60% + медь 20% + углерод 20%																
R, Ом	0,4	0,48	0,53	0,68	0,72	0,9	1,1	1,31	1,66	1,7	2,2	2,5	2,9	3,1	3,2	3,25
G, 1/Ом	2,5	2,1	1,88	1,47	1,38	1,11	0,9	0,76	0,6	0,58	0,45	0,4	0,34	0,32	0,31	0,3
Образец №15 алюминий 50% + медь 25% + углерод 25%																
R, Ом	0,35	0,4	0,46	0,5	0,64	0,78	0,89	1,2	1,47	1,55	1,85	2,2	2,65	2,75	2,82	2,85
G, 1/Ом	2,85	2,5	2,17	2	1,56	1,28	1,12	0,83	0,68	0,64	0,54	0,45	0,37	0,36	0,35	0,34



**Рис. 1.** Электропроводность углеродсодержащих композиционных материалов на основе алюминия в зависимости от температуры: 1. алюминий слиток; 2. алюминий порошок прессованный; 3. алюминий 95% + углерод 5%; 4. алюминий 90% + углерод 10%; 5. алюминий 85% + углерод 15%; 6. алюминий 80% + углерод 20%; 7. алюминий 70% + углерод 30%



**Рис. 2** Электропроводность углеродмедьсодержащих композиционных материалов на основе алюминия в зависимости от температуры: 1. медь слиток эталонный; 2. алюминий слиток эталонный; 3. алюминий порошок прессованный; 4. алюминий 95% + медь 2,5% + углерод 2,5%; 5. алюминий 90% + медь 5% + углерод 5%; 6. алюминий 85% + медь 7,5% + углерод 7,5%; 7. алюминий 80% + медь 10% + углерод 10%; 8. алюминий 70% + медь 15% + углерод 15%; 9. алюминий 60% + медь 20% + углерод 20%



**Рис. 3** Зависимость  $\frac{G}{G_1}$  от  $\frac{T}{T_1}$  для углеродмедьсодержащих композиционных материалов на основе алюминия: 1. алюминий порошок прессованный; 2. алюминий 95% + углерод 5%; 3. алюминий 90% + углерод 10%; 4. алюминий 85% + углерод 15%; 5. алюминий 80% + углерод 20%; 6. алюминий 70% + углерод 30%; 7. алюминий 95% + медь 2,5% + углерод 2,5%; 8. алюминий 90% + медь 5% + углерод 5%; 9. алюминий 85% + медь 7,5% +

углерод 7,5%; 10. алюминий 80% + медь 10% + углерод 10%; 11. алюминий 70% + медь 15% + углерод 15%; 12. алюминий 60% + медь 20% + углерод 20%; 13. алюминий 50% + медь 25% + углерод 25%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Свойства конструкционных материалов на основе углерода: справочник. под ред. канд. техн. наук. В.П. Соседова. -М.: Металлургия, 1975. - 334 с.
2. Лившиц Б.Г. Физические свойства металлов и сплавов / Б.Г. Лившиц, В.С. Крапошин, Я.Л. Линецкий. -М.: "Металлургия", 1980, -320с.
3. Духин С.С. Электропроводность и электрокинетические свойства дисперсных систем / С.С. Духин. -Киев: Наук. Думка, 1975.

#### УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Приводится описание экспериментальной установки для исследования электрофизических свойств твёрдых цилиндрических тел, а также результаты исследования электрических сопротивлений и электропроводности углеродмедьсодержащих композиционных материалов на основе алюминия в зависимости от температуры.

**Ключевые слова:** электропроводность, электрическое сопротивление, композиционные материалы, ступенчатый нагрев.

#### INSTALLATION FOR RESEARCH OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF FIRM SUBSTANCES AT HEATS

In article is represented the principle of work and the basic parts of installation for research of electrophysical properties, and also measurement of electric conductivity of composite materials on the basis of aluminium depending on temperature.

**Key words:** electric conductivity, electric resistance, composite materials, step heating.

**Сведения об авторах:** *Б.А. Аминов* – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Физико-технического института им.С.У. Умарова АН РТ. Телефон: **985-60-10-04**. E-mail: [buronkul@mail.ru](mailto:buronkul@mail.ru).

*Дж.Б. Аминов* – ассистент кафедры ТОЭТ ТТУ им. М.С. Осими. Телефон: **919-56-69-93**

*Х.М.Маджидов* – доктор технических наук, профессор ТГУК. Телефон: **918-24-61-05**

#### ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ СЕМЕЙСТВА $R_3Sb_5O_{12}$ (R=Gd,Pr,Nd,Er)

*М.Ф. Умаров, А.К. Ходжибаев, К.С. Козиев, С.Ш. Ахмедов*  
Вологодский государственный технический университет  
Худжандский государственный университет им. Б.Гафурова,  
Горно-металлургический институт Таджикистана  
Физико-технический институт им С. Умарова АН РТ

**Введение.** Явления, связанные со структурными фазовыми переходами в кристаллических твердых телах, издавна привлекают внимание, а в последнее время проблема фазовых переходов стала одной из центральных в современной физике твердого тела и одним из главных направлений макрофизики. Исследование структурных фазовых переходов играет большую роль не только для фундаментальных наук, но и с точки зрения прикладного значения.

Стремительное развитие элементной базы современной техники требует создания веществ, обладающих совокупностью уникальных физических свойств, в том числе, сильно восприимчивых к внешним воздействиям, способных резко менять свои свойства при незначительных изменениях внешних условий. В области структурного фазового перехода

кристаллическая решетка неустойчива, физические свойства становятся здесь нелинейными и экстремальными.

Фазовый переход обычно сопровождается возникновением новых интересных физических явлений – сегнетоэлектрических, пьезоэлектрических, пироэлектрических, суперионных и т.д., что делает объект привлекательным для практического применения. В этой связи особый смысл приобретает поиск новых материалов, обладающих разнообразными свойствами, в которых происходят фазовые превращения, соответственно чрезвычайно актуальным является обнаружение и исследование фазовых переходов в ранее не изучавшихся семействах кристаллов.

Для исследования фазовых переходов используются различные физические методы, среди которых особое место занимают диэлектрические измерения, так как диэлектрические свойства теснейшим образом связаны с составом и строением вещества, т.е. являются чрезвычайно чувствительным инструментом обнаружения фазовых переходов, позволяют уточнить их характер и механизм, несут информацию о взаимодействии структурных элементов кристалла. Кроме того, изучение диэлектрических свойств позволяет получить обширные сведения, полезные для практического применения.

В последнее десятилетие на основе оксидов сурьмы, синтезированы новые соединения с лантаноидами [1-3], в которых обнаружены сегнетоэлектрические и пьезоэлектрические свойства [4,5]. Одно из таких соединений - антимонит празеодима ( $\text{Pr}_3\text{Sb}_5\text{O}_{12}$ ) - родоначальник целого семейства полярных диэлектриков нового структурного типа  $\text{R}_3\text{Sb}_5\text{O}_{12}$  ( $\text{R} = \text{Gd}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Er}$ ). Очевидно, что без знания структуры, закономерностей фазовых переходов и диэлектрических особенностей разных структурных модификаций этого типа невозможно представить себе зависимость свойств от характера межатомных взаимодействий. В свою очередь, можно надеяться, что изучение микроскопических механизмов фазовых переходов в разных структурных типах, будет способствовать целенаправленному поиску новых материалов, обладающих ценными в практическом отношении нелинейными свойствами, и дальнейшему развитию материаловедения в целом. Кроме того, интерес к сложным системам является естественным шагом в развитии теории ряда вопросов физики твердого тела.

В связи с этим, целью данной статьи является то, что для эффективного практического использования новых кристаллов семейства  $\text{R}_3\text{Sb}_5\text{O}_{12}$  ( $\text{R} = \text{Gd}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Er}$ ), изучить их диэлектрические свойства при различных температурах, включая температуру структурного фазового перехода.

**Методика эксперимента.** В качестве объектов исследования нами были использованы кристаллы семейства антимонитов  $\text{R}_3\text{Sb}_5\text{O}_{12}$  ( $\text{R} = \text{Gd}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Er}$ ). Размеры кристаллов, отбираемых для исследований, составляли по соответствующим кристаллографическим осям X,Y,Z величины, например 4, 9, 12 мм. Из таких кристаллов вырезали образцы, имеющие форму прямоугольных пластинок, в направлении перпендикулярном полярной оси толщиной 1 мм и площадью  $3 \times 5 \text{ мм}^2$ . Затем на исследуемый кристалл, имеющий форму пластинки, наносят электроды методом выжигания серебра. Получившийся конденсатор  $C_x$ , помещают в схему установки (рис.1).

Величину спонтанной поляризации ( $P_c$ ) и ее зависимость от температуры  $P_c=f(T)$  можно найти, используя стандартную схему (рис.1), впервые описанную Соьером и Тауэром [6]. Переменное напряжение  $U_~$  прикладывается к параллельно соединенным эталонному линейному конденсатору  $C_3$  и исследуемому конденсатору  $C_x$  с образцом. Поскольку величина емкости  $C_3 \gg C_x$ , то  $U_x \gg U_3$  и можно считать, что  $U_x \approx U_~$ . Это же напряжение

подается на горизонтальные пластины осциллографа. На вертикальные пластины осциллографа подается напряжение  $U_{C_3}$  с эталонного конденсатора  $C_3$ , пропорциональное его заряду и заряду на конденсатор  $C_x$ .

Так как емкости  $C_3$  и  $C_x$  соединены последовательно, то исходя из соотношения  $C_x U_x = C_3 U_3 = Q$ , где  $Q$  – заряд на конденсаторе с учетом соотношений  $P = \sigma$  и  $Q = \sigma S$ , где  $\sigma$  – поверхностная плотность заряда,  $S$  – площадь конденсатора,  $P$  – поляризация, получим:

$$P = C_3 U_3 / S. \quad (1)$$

Как видно из соотношения (1) для измерения поляризации в рассматриваемой схеме необходимо знать площадь конденсатора с исследуемым образцом и величину  $U_3$ , пропорционального отклонению луча осциллографа по вертикали. Изменяя температуру от комнатной до 800К с помощью термостата  $T$

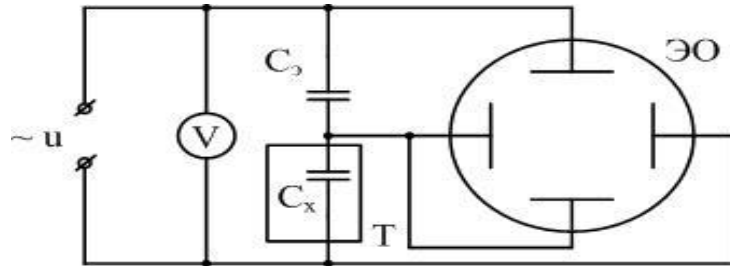


Рис.1. Принципиальная схема установки для исследования спонтанной поляризации диэлектриков (по Сойеру и Тауэру):  $u$  – источник переменного напряжения;  $V$  – вольтметр;  $C_x$  – исследуемый конденсатор с образцом;  $C_3$  – эталонный линейный конденсатор подобранный так, чтобы  $C_3 \gg C_x$ ;  $T$  – термостат; ЭО – электронный осциллограф.

на экспериментальной установке (см. рис.1), можно измерить температурную зависимость спонтанной поляризации кристаллов.

В случае твердых диэлектриков диэлектрические измерения часто сводятся к измерению емкости плоского электрического конденсатора, между пластинами которого помещен исследуемый диэлектрик. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры  $\epsilon = f(T)$  можно найти, сняв зависимость емкости исследуемого образца от температуры. Для измерений использовалась установка мостового типа для измерения температурной зависимости диэлектрической проницаемости в слабых переменных полях.

На рис.2 приводится схема экспериментальной установки для определения температурной зависимости диэлектрической проницаемости.

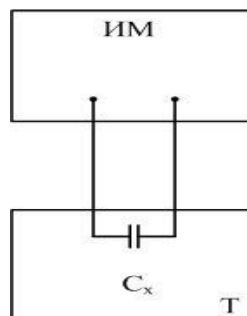


Рис.2. Принципиальная схема установки для определения температурной зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектриков: ИМ – измерительный мост (УМ-3);  $C_x$  – исследуемый конденсатор с образцом;  $T$  – термостат.



Исследуемые образцы как в первом случае вырезались в виде пластинок. Две противоположные грани образца, площадью  $S$  каждая, покрыты тонким проводящим слоем на серебряной основе. Эти слои создают надежный электрический контакт с образцом и служат «пластинами» конденсатора, заполненного исследуемым сегнетоэлектриком. Толщина образца  $d$  есть расстояние между пластинами этого конденсатора. Измерив, его емкость  $C$ , можно вычислить диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon$  исследуемого материала из формулы плоского конденсатора:

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 S/d, \tag{2}$$

$$\varepsilon = Cd/\varepsilon_0 S, \tag{3}$$

где  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная.

**Результаты и их обсуждение.** На рис.3 представлена температурная зависимость спонтанной поляризации исследуемых кристаллов семейства антимонов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ).

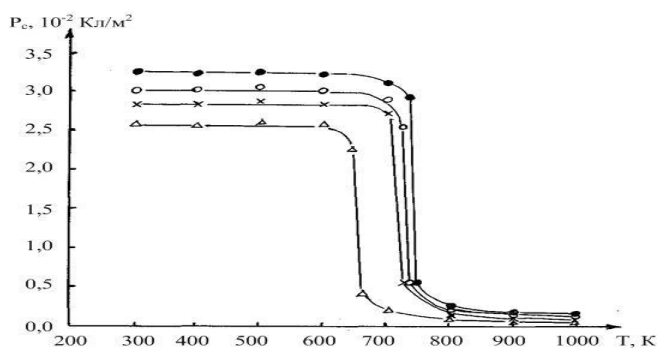


Рис.3. Температурная зависимость спонтанной поляризации ( $P_c$ ) исследуемых кристаллов семейства антимонов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) (● - Pr; ○ – Nd; × - Gd; Δ - Er)

Рассмотрим природу спонтанной поляризации в таких материалах на примере  $Pr_3Sb_5O_{12}$  [4]. Элементарную ячейку кристаллической решетки этого материала можно представить следующим образом (рис.4). Как

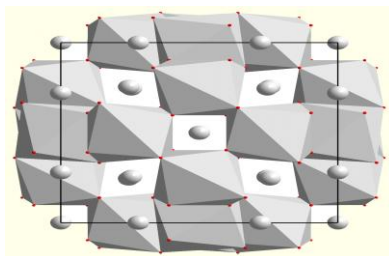


Рис.4. Вид структуры кристаллической решетки кристалла  $Pr_3Sb_5O_{12}$ . Атомы празеодима находятся в полиэдрах, представляющих собой искаженный «свернутый (томпсоновский) куб». Они образуют трехмерный каркас, в пустотах которого расположены атомы Sb [4].

видно из данного рисунка, атомы празеодима (Pr) имеют окружение из восьми анионов кислорода, т.е. находятся в восьмивершинниках, представляющих собой искаженный «свернутый (томпсоновский) куб». Эти полиэдры связаны друг с другом общими ребрами и образуют трехмерный каркас, в пустотах которого расположены атомы сурьмы (Sb). Поскольку между атомами празеодима, кислорода и сурьмы осуществляется ионная связь, кристаллическая решетка данного соединения упакована неплотно. Следовательно, ион празеодима может смещаться относительно центра элементарной ячейки. При смещении иона празеодима, к какому либо иону кислорода, кулоновские силы удерживают ион

празеодима в этом положении, и элементарная ячейка становится поляризованной. Поляризация одной элементарной ячейки приводит к появлению диполя, электрическое поле которого поляризует соседние элементарные ячейки. Таким образом, кристалл самопроизвольно (спонтанно) поляризуется. При дальнейшем повышении температуры образца, происходит активизация колебаний иона празеодима и при равенстве энергии теплового движения данного иона с энергией электростатического взаимодействия с ионами кислорода, элементарные ячейки кристалла деполяризуются. После этого, кристалл переходит из сегнетоэлектрического в параэлектрическое состояние.

Обычно при помещении сегнетоэлектрика в электрическое поле суммарные моменты диполей ориентируются по полю и поляризация сегнетоэлектрика возрастает. При дальнейшем росте напряженности поля наблюдается насыщение величины поляризации. Именно такая ситуация наблюдается и в наших кристаллах (рис.5).

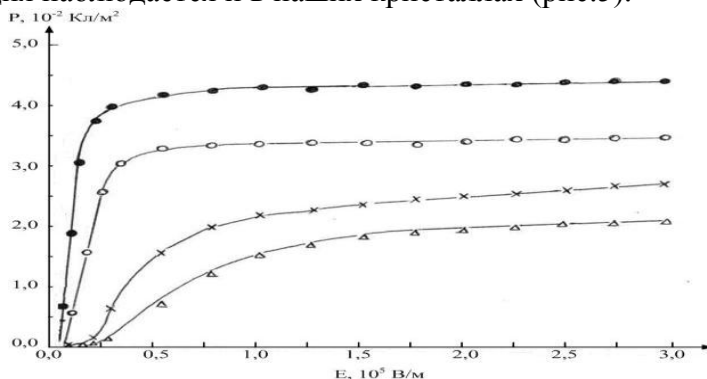


Рис.5. Зависимость поляризации от напряженности внешнего электрического поля для образцов кристаллов семейства антимоновитов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) (● - Pr; ○ - Nd; × - Gd; Δ - Er)

Существенное влияние на диэлектрическую проницаемость оказывает температура. Повышение температуры увеличивает межатомные расстояния, вследствие чего связь между отдельными ионами ослабляется и облегчается взаимное смещение ионов под действием электрического поля. Поэтому при повышении температуры диэлектрическая проницаемость ионных кристаллов возрастает (рис.6). С другой стороны при повышении температуры кинетическая энергия ангармонических колебаний ионов возрастает, и электростатическая связь между ионами ослабевает. Максимум диэлектрической проницаемости наблюдается при температуре фазового перехода. Кроме того, как видно из рис.6, при легировании семейство антимоновитов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) приводит к

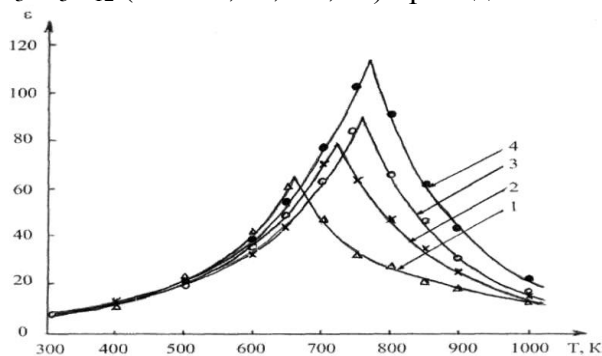


Рис. 6. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) исследуемых кристаллов семейства антимоновитов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) (● - Pr; ○ - Nd; × - Gd; Δ - Er)

изменению энергии между ионами и дает возможность изменять температуру структурного фазового перехода и величину диэлектрической проницаемости.

**Заключение.** Впервые исследованы диэлектрические свойства кристаллов семейства антимонов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) при различных температурах, включая температуру структурного фазового перехода и при разной напряженности электрического поля. Разработаны экспериментальные установки для исследования спонтанной поляризации и диэлектрической проницаемости диэлектриков при различных температурах. На основе полученных результатов показано, каким образом исследуемые кристаллы спонтанно поляризуются и при какой температуре, образец переходит из сегнетоэлектрического в параэлектрическое состояние. Установлено, что при помещении образца в электрическое поле, величина спонтанной поляризации с ростом значения напряженности электрического поля возрастает и постепенно насыщается. Описаны причины возрастания величины диэлектрической проницаемости в окрестности температуры структурного фазового перехода и каким образом меняются температуры фазового перехода и величины диэлектрической проницаемости от легированных атомов Gd, Pr, Nd, Er в соединении  $R_3Sb_5O_{12}$ .

Работа выполнена при поддержке Президентского фонда фундаментальных исследований при правительстве Республики Таджикистан №18 от 20 июня 2008 г. по проекту: «Исследование структуры и физических свойств диэлектрических кристаллов спектроскопическим методом».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курбанов Х.М. Гидротермальный синтез и физико-химические свойства монокристаллов  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = La, Pr, Tb, Yb$ ) со структурой типа  $R_3Sb_5O_{12}$  / [Х.М. Курбанов, М.Н. Цейтлин, Р.Ч. Бичурин и др.] // Доклады АН РТ, 1981. – Т. 24, № 8. – С.494–498.
2. Курбанов Х.М. Кристаллическая структура антимонита празеодима  $Pr_3Sb_5O_{12}$  / Х.М. Курбанов [и др.] // Доклады АН СССР, 1985. – Т. 281, № 5. –С.1119–1121.
3. Гукалова А.Г. Структурные исследования антимонов празеодима и индия / А.Г. Гукалова, В.П. Глякин, М.Н. Цейтлин. Координационная химия, 1987. – Т. 13, № 7. – С.918-921.
4. Умаров М.Ф. Структурные и сегнетоэлектрические свойства соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) / М.Ф. Умаров, А.Н. Втюрин, А.К. Ходжибаев. // Труды 13-го Международного симпозиума «Порядок, беспорядок и свойства оксидов» ОДРО-13 -Ростов-на-Дону: п.Лео, 16-21 сентября 2010. -Т.2. – С.178-181.
5. Умаров М.Ф. Оптический метод контроля акустической добротности пьезоэлектрических кристаллов  $Pr_3 Sb_5 O_{12}$  и  $Nb_3 Sb_5 O_{12}$  / М.Ф. Умаров, К.С. Козиев, А.К. Ходжибаев // Ученые записки ХГУ, 2012.

#### ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ СЕМЕЙСТВА $R_3Sb_5O_{12}$ ( $R=Gd,Pr,Nd,Er$ )

В данной работе впервые исследованы диэлектрические свойства новых соединений  $R_3Sb_5O_{12}$  ( $R = Gd, Pr, Nd, Er$ ) при различных температурах и напряженности электрического поля. Разработаны экспериментальные установки для исследования спонтанной поляризации и диэлектрической проницаемости диэлектриков при различных температурах. Показано, каким образом исследуемые кристаллы спонтанно поляризуются и при какой температуре, образец переходит из сегнетоэлектрического в параэлектрическое состояние. Установлено, что при помещении образца в электрическом поле, величина спонтанной поляризации с ростом значения напряженности электрического поля возрастает и постепенно насыщается. Описаны причины возрастания величины диэлектрической проницаемости в окрестности температуры структурного фазового перехода.

**Ключевые слова:** спонтанная поляризация, диэлектрическая проницаемость, сегнетоэлектрические материалы, paraelectrician, напряженность электрического поля.

#### DIELECTRIC PROPERTIES OF CRYSTALS OF FAMILY $R_3SB_5O_{12}$ ( $R=Gd, Pr, Nd, Er$ )

The dielectrical properties of the new combinations  $R_3 SB_5 O_{12}$  ( $R= Gd, PR, Nd, Er$ ) under the different temperatures and tensions of the electrical field are researched in this research work. The experimental directions for researching self polarization and dielectrical penetrating of dielectrics under the different temperatures are worked up.

How the researched crystals self polarized and under what temperature the model turn (pass) from ferroelectric to the paraelectric state (condition) is also shown in this research work. It is discovered that on placing the model at the electrical field the increase of self polarization with the growth (height) the meaning of the tension of the electrical field increase and gradually filled. The reason of the growth of the neighborhood of the temperature of the structural phase is also described in this work.

**Key words:** spontaneous polarisation, dielectric permeability, a ferroelectric material, the paraelectrician, intensity of electric field.

**Сведения об авторе:** *А.К. Ходжибаев* - старший преподаватель кафедры теоретической физики и МФ физического факультета ХГУ им.Б.Гафурова. Телефон: **92-702-11-57**

*М.Ф. Умаров* – доктор физико-математических наук, профессор кафедры биомедицинской техники, Вологодский государственный технический университет. Телефон: **890-95-96-76-65**

*К.С. Козиев* - кандидат физико-математических наук, доцент, проректор Горно-металлургического института Таджикистана. Телефон: **92-820-05-19**

*С.Ш. Ахмедов* – д.ф.м.н., заведующий лабораторией ФТИ им С. Умарова АН РТ. Телефон: **227-71-02 (дом)**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОЛЕКУЛ ВОДЫ В ЭРИТРОЦИТЕ КРОВИ

*С.Б. Идиев., П.Е. Египбеков*

Таджикский государственный университет коммерции

Таджикский аграрный университет им.Ш.Шотемура

Эритроциты очень важные форменные элементы крови, которые составляют 45 процентов объема крови и выполняют совместно с гемоглобином неоценимую роль в живом организме, в переносе молекулярного кислорода по всему телу. Именно эти безъядерные клетки (эритроциты) крови содержат внутри себя растворимый гемоглобин, тот пигмент который дает крови красный цвет [1].

Известно, что кровь более чем на 90 процентов состоит из воды и 42 процента из нее приходится на внутриклеточную жидкость. Это означает, что внутри эритроцита имеется вода. В настоящей работе мы решили определить количество молекул воды внутри эритроцита крови человека.

В нормальном состоянии эритроцит человека имеет форму двояковогнутого диска. Такая форма наиболее выгодна для содержания и переноса молекулярного кислорода по кровеносным сосудам. Диаметр эритроцита ( $d$ ) согласно работы [2,20,10,11] составляет (7.5 – 8.7)  $\mu\text{м}$ , а толщина в центре ( $h$ ) 1  $\mu\text{м}$ , в самой толстой части диска (на краю диска  $H$ ) составляет 2.5  $\mu\text{м}$  [1,5,6,18,19] (рис 1).

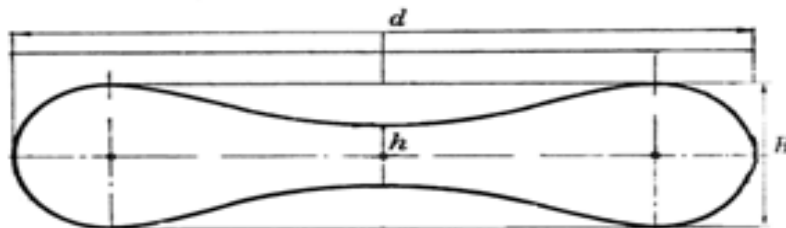


Рис. 1.

Форма эритроцита человека обеспечивает максимальное отношение его поверхности  $S$  к объему  $V$  ( $S/V = 1.638$ ). При отношении  $S/V = 1.638$ , энергия деформации мембраны имеет минимальное значение в микрососудах [7]. Эритроцит крови движется вдоль сосуда

своей узкой стороной. Площадь поверхности эритроцита согласно работы [12,13,14,15] составляет  $(120-155)\text{мкм}^2$ . В работе [3] приводится формула для расчета площади поверхности эритроцита ( $S$ ), которая имеет вид:

$$S = \frac{2V_3}{T} + 2\pi rT, \quad (1)$$

где  $T = \frac{H+h}{2}$  – средняя толщина эритроцита,  $V_3$  – средний объем и  $r = \frac{d}{2}$  – средний радиус эритроцита.

Из выражения (1) легко можно определить средний объем эритроцита

$$V = \frac{ST - 2\pi rT^2}{2}.$$

Для постоянного содержания физиологических процессов в эритроците, необходимо постоянство осмотического давления в нем [4].

Благодаря осмотическому давлению происходит проникновение жидкости через клеточные оболочки, что обеспечивает обмен воды между оболочкой и клеткой.

Прочность мембраны эритроцита зависит от осмотического давления, которое зависит от проницаемости и содержания воды в клетке (эритроците). Проницаемость мембраны эритроцита для воды согласно [2,16,17] очень высока. Механизм проницаемости воды через клеточные мембраны предложили американские ученые Питер Эгра и Родерик Мак – Киннон, за что получили Нобелевскую премию. Транспорт воды через мембрану проходит с помощью белка аквапорина – способствующего создать белковые поры сквозь клеточную мембрану [9]. В гипотоническом растворе за счет воды увеличивается объем эритроцита. При этом он становится сферическим, теряет своё содержимое и одновременно, разрывается мембрана клетки. Этот процесс называется гемолизом. Сферические эритроциты не могут деформироваться как обычные клетки, они не проходят без разрушения через капилляры диаметром  $2-3\text{мкм}$  [2].

Интересно было определить массу одного эритроцита. Ее можно легко определить по формуле

$$m = \rho_3 V_3 = \rho_3 \cdot \frac{ST - 2\pi rT^2}{2}, \quad (2)$$

где  $\rho_3$  – плотность эритроцита,  $S$  – средняя площадь поверхности эритроцита. Подставляя в формулу (2) численное значение:  $\rho_3 = 1.09 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  [8],  $S = 137.5\text{мкм}^2$ ,  $T = 1.75\text{мкм}$  и  $r = 4.05\text{мкм}$ , находим  $m = 88,69 \cdot 10^{-12}\text{г}$ .

Согласно работе [5] в каждом кубическом миллиметре крови содержится 5 миллионов эритроцитов. Если в организме человека имеется 5 литров крови, то легко можно найти полное число эритроцитов крови. Полное число эритроцитов в человеческом теле определяется следующим образом:

$$N_3 = n \cdot V_k = 5 \cdot 10^6 \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10^{-9}} = 25 \cdot 10^{12} \text{ эритроцит,}$$

где  $n$  – концентрация эритроцитов в крови,  $V_k$  – объем крови.

Общую массу эритроцитов в человеческом организме находим по формуле:

$$m_{\varepsilon} = mN_{\varepsilon} = \rho_{\varepsilon} \cdot \frac{ST - 2\pi rT^2}{2} n \cdot V_{\varepsilon}, \quad (3)$$

где  $m$  – масса одного эритроцита,  $N_{\varepsilon}$  – число эритроцитов в человеческом теле.

Теперь, подставляя численное значение  $m = 88,69 \cdot 10^{-12} \text{ г}$  и значение

$N_{\varepsilon} = 25 \cdot 10^{12}$  в (3), находим  $m_{\varepsilon} = 2.2173 \text{ кг}$ .

Интересно было выяснить массу и число молекул воды в эритроците крови. Согласно работе [5] 65 процентов массы эритроцитов составляет вода, то есть масса воды внутри эритроцитов составляет  $M_{H_2O} = 1.441 \text{ кг}$ .

Из известного соотношения

$$m_{H_2O} = \frac{\mu}{N_A} \quad (4)$$

где  $\mu = 18 \cdot 10^{-26} \text{ кг/моль}$  – молярная масса воды,  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  – число Авогадро, определим массу одной молекулы воды. Подставляя в (4) числовые значения  $\mu$  и  $N_A$  находим  $m_{H_2O} = 2.988 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ .

Общее число молекул воды в эритроцитах крови человека составляет:

$$N_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{m_{H_2O}} = \frac{1.441 \text{ кг}}{2.988 \cdot 10^{-26} \text{ кг}} = 0.48 \cdot 10^{26}$$

Зная значение ( $N_{H_2O}$ ) и полное число эритроцитов ( $N_{\varepsilon}$ ) в организме, находим число молекул воды в одном эритроците:

$$n_{H_2O} = \frac{N_{H_2O}}{N_{\varepsilon}} = \frac{0.48 \cdot 10^{26}}{25 \cdot 10^{12}} = 1.92 \cdot 10^{12}. \quad (5)$$

Значение (5) выражает нормальное состояние эритроцита, но если в два раза будет больше, тогда осмотическое давление увеличивается и мембрана клетки разрывается.

Масса воды в одном эритроците составляет:

$$(m_{H_2O})_{\varepsilon} = m_{H_2O} \cdot n_{H_2O} = 2.988 \cdot 10^{-26} \text{ кг} \cdot 1.92 \cdot 10^{12} = 5.74 \cdot 10^{-14} \text{ кг}.$$

Следовательно, эти оценки биофизических параметров необходимо учесть при анализе крови и они представляют весьма важный интерес в современной биофизике и медицине.

### **Выводы**

1. Получены формулы для расчета молекул воды в эритроците.
2. Разработан способ расчета массы эритроцитов крови в организме человека.
3. Определено количество молекул воды в эритроцитах крови и их число в одном эритроците здорового человека.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Егибеков П.Е. Жидкий кристалл и тайны крови / П.Е. Егибеков, И.С. Садиков. - Душанбе, 2011. - С.24.
2. Атаулаханов Ф.И. Как регулируется объем эритроцита, или что могут и что не могут математические модели в биологии: биологические мембраны / [Ф.И. Атаулаханов, Н.О. Корунова, И.С. Спиридонов и др.], - том 26, №3, 2009. - С.166.
3. Крюкова Л.В. Физико-биохимические и цитометрические методы исследования эритроцитов / Л.В. Крюкова. –Барнаул: Алтайское книжное издательство, 1976.

4. Костюк П.Г. Биофизика. Регуляция осмотического давления крови / [П.Г. Костюк, Д.М. Гродзинский, В.Л. Зима и др.]. –Киев: Издательство «Выща школа», 1988. -С.486.
5. Механика кровообращения. перевод с английского Лукошковой Е.В. и Рогозы А.Н. осмотическое давление плазмы / К. Каро [и др.]. - М.: Издательство «Мир», 1981. -С.187-198.
6. Уайт А. Основы биохимии. Анеми / [А. Уайт, Ф. Хендлер и др.]; том 3, перевод с английского Гиномдана Л.М. -М.: Издательство «Мир», 1981. -С.1258.
7. Цветков В.Д. Кислородное обеспечение сердца и принцип оптимального вхождения. Кислороднесущие системы / В.Д. Цветков. Пушино, 2004.
8. Белановский А.С. Основы биофизики в ветеринарии / А.С. Белановский. -М.: 1989. -С. 3.
9. Лозовская Е. Мембранные каналы: вода отдельно от ионов, а ионы - друг от друга / Е. Лозовская. Наука и жизнь, №12, 2003.
10. Glaser R. Mathematical modeling of shape-transformations of human erythrocytes / R. Glaser, A. Leitmannova. Acta. Biol.Med. Ger, 1977. V.36. № 5–6. -P.859–869.
11. Leitmannova A. Mathematical modeling of human echinocytes and the membrane bending of discocytes, stomatocytes and echinocytes / A. Leitmannova, R. Glaser. Studia biophysica, 1977. V.64. №2. -P.123–141
12. Fung Y.C. High-resolution data on the geometry of red blood cells. / Y.C. Fung, W.C. Tsang, P. Patitucci. Bio rheology, 1981. V. 18. №3–6. -P. 369–385.
13. Canham P.B. Distribution of size and shape in populations of normal human red cells / P.B. Canham, A.C. Burton. Circ. Res, 1968. V. 22.№3. -P. 405–422.
14. Waugh R.E. Effects of lost surface area on red blood cells and red blood cell survival in mice / R.E. Waugh, I.H. Sarelius. Am. J. Physiol, 1996. V. 271. №6. Pt 1. -P.1847–1852.
15. Clark M.R. Computation of the average shear-induced de-formation of red blood cells as a function of osmolality / M.R. Clark. Blood Cells, 1989. V.15. №2. -P.427.
16. Weed R.J. Metabolic dependence of red cell deformability / R.J. Weed, C.F. Reed. Amer. J. Med, 1966. V.41. - P.681–698.
17. Whittam R. Vectorial aspects of adenosine - triphosphatase activity in erythrocyte membranes / R. Whittam, M.E. Ager. Bio-chem. J., 1964. V.93. -P.337–348.
18. Markin V.S. Lateral organization of membranes and cell shapes / V.S. Markin. Biophys. J., 1981. V.36. №1. -P.1-19.
19. Glaser R. Mathematical modeling of human echinocytes and the membrane bending of dissociates stomatocytes and echinocyt / R. Glaser, A. Leitmannova. Studiabiophysica, 1977. V.64, №2, -P.123-141.
20. Markin V.S. Lateral organization of membranes and cell shapes / V.S. Markin. J. Biophys, 1981. V.36. №1. -P.1–19.

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОЛЕКУЛ ВОДЫ В ЭРИТРОЦИТЕ КРОВИ**

В работе приводятся результаты расчета массы одного эритроцита и общей массы эритроцитов крови в организме человека, которая составляет  $m_y = 2.2173 \text{ кг}$ , а также рассчитано общее число молекулы воды в эритроцитах крови ( $N_{H_2O} = 0.48 \cdot 10^{26}$ ), а число молекул воды в одном эритроците составляет ( $n_{H_2O} = 1.92 \cdot 10^{12}$ ).

Результаты исследования представляют собой весьма важные интересы в современной биофизике и медицине.

**Ключевые слова:** масса, объем, концентрация эритроцитов, массы воды, число молекулы воды.

#### **DETERMINATION THE CONTENT OF WATER MOLECULES IN BLOOD ERYTHROCYTE**

This article is the results of mass calculation for one blood erythrocyte in human body, which is equal to  $m_y = 2.2173 \text{ kg}$  was brought. Also was founded the total number of water molecules in blood erythrocyte ( $N_{H_2O} = 0.48 \cdot 10^{26}$ ) molecule and the number of water molecules in one erythrocyte ( $n_{H_2O} = 1.92 \cdot 10^{12}$ ) molecule.

It is important to note that the studied result of blood analyses for biophysical parameter must take in to consideration, which has an important interest in modern biophysics and medicine.

**Key words:** mass, volume, erythrocytes concentration, water mass, the number of water molecules.

**Сведения об авторах:** *С.Б. Идиев* - соискатель Таджикского государственного университета коммерции.

E-mail: **idiev-71 @ mail.ru**. Телефон: **988-62-91-30**

*П.Е. Егубеков* – кандидат физико-математических наук, доцент Таджикского аграрного университета им.Ш.Шотемура. Телефон: **231-71-19 (дом)**

## МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКО - ЧИСТОГО МАГНИЯ

*Б.А. Аминов, Дж.Б. Аминов, Ю.А. Рыбин*

**Физико-технический институт им. С.У.Умарова АН РТ,**

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

**Институт неорганической химии Сибирского отделения Академии наук России**

В соответствии с диаграммами состояния магний с другими элементами [1], то есть с примесями образует соединения, как с ограниченной растворимостью, так и с неограниченной растворимостью в жидком и твёрдом состояниях. Соединения с щелочными металлами Na, Li, K, Rb, и Cs, а также тугоплавкими переходными металлами V, Nb, Ru, Hf, Ta, Mo, W и Re относятся к соединениям с ограниченной растворимостью.

Магний с литием образует соединение с неограниченной растворимостью в жидком состоянии и ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии.

Большинство соединений магния с примесями образуют интерметаллические соединения. Магний с щелочноземельными металлами, такими как Ca, Sr, Ba, а также с большинством непереходных элементов (Al, Ga, Te, Si, Ge, Sn, Pb, Bi, Cu, и Au) образует соединения, они считаются трудноудаляемыми примесями. Магний с другими переходными металлами, такими как Co, Ni, Th, Zn, Pd, Ag, Y, Na, Ce, Pr, а также Gd, образует соединения по перитектической реакции. Обычно магний хорошо растворяется в твёрдом и в жидком состоянии с примесями Zn, Cd, Pd, Sn, Bi, Te, и In. Среди названных примесей растворимость кадмия с магнием неограниченна. Такие примеси как In, Sc, Ni, Al, Zn, Sn, а также гадолиний имеют с магнием максимальную растворимость. Поэтому коэффициент распределения большинства примесей с магнием не определён [2]. Известно, что из всех металлов магний менее подвергался процессу очистки вследствие его активности к материалу контейнера и высокого давления паров [3].

Поэтому процесс кристаллизации магния требует более тонких технологических подходов. Ранее очистка магния зонной плавкой в неподвижном контейнере была проведено авторами [4-5]. Исходя из этих способов очистки и используя условия свободного роста во вращающемся контейнере [6], которые требуют:

- 1) чтобы расплав не смачивал стенки контейнера;
- 2) чтобы вращение контейнера было вокруг продольной оси;
- 3) над расплавом у фронта кристаллизации должна быть свободная полость;

Нами был разработан технологический процесс очистки магния и его свободной кристаллизации во вращающемся контейнере в атмосфере инертного газа [7]. Процесс очистки осуществлялся в двухсекционном контейнере, изготовленном специально для очистки магния. Вырезанные цилиндрические слитки первичного магния марки МГ-96 подвергались травлению в концентрате уксусной кислоты и загружались в специальные кварцевые вкладыши в первой секции двухсекционного контейнера.

По достижении вакуума в двухсекционном контейнере до  $1 \cdot 10^{-4}$  мм. рт. ст. с помощью системы фильтров в контейнер запускали кислород. В течение 1,5 часов при температуре  $400-500^{\circ}\text{C}$  поверхность слитков магния окислялась, затем с помощью вакуумной линии кислород откачивали до  $1 \cdot 10^{-4}$  мм. рт. ст. После откачки в контейнер запускали очищенный аргон 0,4 ат. и контейнер заполняли. После чего в атмосфере аргона нагревателем слиток магния расплавляли визуалью при вращении контейнера.



Расплавленный магний после получасового перемешивания со скоростью 150 об/мин в футляре оксидной плёнки магния, сливали во вторую секцию контейнера, которая была покрыта сажей.

Таким образом, с помощью нагревателя проводили направленную кристаллизацию со скоростью 1 мм/мин. Данный процесс повторяли трёхкратно. По длине слитка после одного и трёхкратного цикла, а также по остатку оксидной плёнки стало известно, что содержание примесей мало. Однако, по степени очистки полученные слитки отличаются (см. табл. 1).

Результаты анализа показали, что интенсивное перемешивание расплава в оксидной плёнке дает возможность сорбирования как щелочных, так и тугоплавких примесей внутри плёнок магния. Поэтому такие примеси, как Na, Al, Si, Cl, K, Ca, Mn, Zn и Ba хорошо сорбируются в оксидных плёнках.

Магний, в отличие от других металлов при кристаллизации во вращающемся контейнере в атмосфере аргона в футляре углерода ведёт себя свободно: т. е. когда диаметр контейнера 16 мм, скорость вращения контейнера 150 об/мин при свободной поверхности над расплавом 14-15% регулируется углом наклона контейнера свободной кристаллизацией магния.

Далее рассматривается исследование удельной теплоёмкости образцов, которые были получены в лаборатории ЦИИВЭ (Центр исследования источников возобновляемой энергии) при ФТИ им. С.У.Умарова АН РТ и имели определенную цилиндрическую форму диаметром  $16 \pm 0.5$  мм, высотой  $10 \pm 0.5$  мм.

**Таблица 1. Результаты химико-спектрального и атомно-абсорбционного анализа магния, полученного во вращающемся контейнере\***

Элемент (примесь)	Содержание примесей, $C \cdot 10^3$ (по массе)			
	МГ-96	В оксидной плёнке магния	После одного цикла	После трёх циклов
Натрий	2.2	3.5	0.11	0.0023
Алюминий	1.5	11	0.23	0.034
Кремний	3.4	22	0.32	0.022
Сера	1.6	5.4	0.13	0.0035
Хлор	4.5	31	0.25	0.024
Калий	0.26	1.2	0.054	0.012
Кальций	9.3	32	0.14	0.0025
Скандий	0.024	0.12	0.017	0.033
Титан	0.012	0.14	0.0022	0.00043
Хром	0.16	2.2	0.012	0.032
Марганец	1.3	9.4	0.24	0.0044
Железо	2.9	43	0.32	0.035
Кобальт	0.0034	0.014	0.0014	0.00011
Медь	0.6	3.3	0.22	0.014
Цинк	1.8	16	0.36	0.026
Стронций	0.0017	0.042	0.0014	0.00016
Кадмий	0.023	0.15	0.012	0.0033
Бериллий	0.18	2.4	0.022	0.00041

\*Анализ был проведён в Институте неорганической химии СО АН России г. Новосибирск.

Для исследования удельной теплоёмкости объектов использован метод монотонного разогрева [8]. Общая относительная погрешность измерения составляет около 7%.

Градуировка прибора проводилась на медных и алюминиевых цилиндрических образцах. Полученные результаты по значениям удельной теплоёмкости эталонных образцов в интервале температур 298-673 К, соответствуют литературным данным [9].

Ниже в табл. 2 приводятся сравнительные экспериментальные данные по удельной теплоёмкости образцов магния в интервале температур 298-673 К. На рис. 1 показан характер зависимости удельной теплоёмкости исследуемых объектов в интервале температур 298-673 К. Согласно табл. 2 и рис. 1 удельная теплоёмкость образцов с ростом температуры увеличивается. Надо отметить, что с увеличением температуры удельная теплоёмкость исходного магния слабо растёт.

Для исследования коэффициента теплопроводности исследуемых материалов также использован метод монотонного разогрева [8]. Общая относительная погрешность измерения составляет около 8%. Градуировка прибора проводилась на медных и алюминиевых цилиндрических образцах. Теплопроводность контрольных образцов совпадает с данными приведенными в [9].

На рис. 2 показан характер зависимости коэффициента теплопроводности исследуемых материалов в зависимости от температуры. Ниже в табл. 2 приводятся экспериментальные данные по теплопроводности исследуемых объектов. Согласно рис. 2 и табл. 2 теплопроводность образцов магния с ростом температуры уменьшается. Выявлено, что после глубокой очистки магния во вращающемся контейнере коэффициент теплопроводности объекта становится больше.

Далее для расчёта коэффициента температуропроводности исследуемых объектов в зависимости от температуры использована следующая формула:

$$\alpha = \frac{\lambda}{C_p \cdot \rho} \quad (1)$$

где  $\lambda$  – *теплопроводность*,  $C_p$  – *изобарная удельная теплоёмкость*,  $\rho$  – *плотность исследуемых объектов*.

Согласно табл. 2 с увеличением температуры температуропроводность образцов заметно уменьшается. Величина плотности, приведённая в табл. 2 для исследуемых объектов, определялось расчётным путём. Ниже на рис. 3 показано изменение плотности образцов магния в зависимости от температуры. На основе расчётных данных о плотности выявлено, что чем чище объект, тем он легче становится. На рис. 4 показан характер зависимости коэффициента температуропроводности исследуемых материалов в зависимости от температуры. Из рис. 4 видно, что с увеличением степени чистоты магния характер уменьшения принимает более линейный порядок.

**Таблица 2. Теплофизические свойства исследуемых образцов магния в зависимости от температуры**

Наименование	Исходный магний															
	298	323	348	373	398	423	448	473	498	523	548	573	598	623	648	673
$T, K$	298	323	348	373	398	423	448	473	498	523	548	573	598	623	648	673
$\rho, 10^3 \text{ кг/м}^3$	1.996	1.992	1.988	1.986	1.981	1.978	1.974	1.971	1.967	1.963	1.959	1.956	1.953	1.949	1.945	1.942
$C_p, \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$	1020	1025	1030	1035	1040	1045	1050	1055	1060	1065	1070	1075	1080	1085	1090	1095
$\lambda, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$	140	127	115	104	94	84	74	63	53	42	33	25	19	14	12	10
$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	68.76	62.20	56.16	50.59	45.62	40.64	35.70	30.29	25.42	20.1	15.74	11.89	9	6.62	5.66	4.7
Наименование	Магний особой чистоты															
	298	323	348	373	398	423	448	473	498	523	548	573	598	623	648	673
$T, K$	298	323	348	373	398	423	448	473	498	523	548	573	598	623	648	673
$\rho, 10^3 \text{ кг/м}^3$	1.761	1.758	1.754	1.751	1.748	1.744	1.742	1.738	1.735	1.732	1.729	1.724	1.722	1.719	1.714	1.713
$C_p, \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190
$\lambda, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$	155	151	145	141	135	131	125	119	115	109	105	99	95	89	85	79
$a, 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	84.63	81.8	77.98	75.25	71.75	68.91	65.23	61.68	59.18	55.69	53.27	49.93	47.55	44.25	42.02	38.75

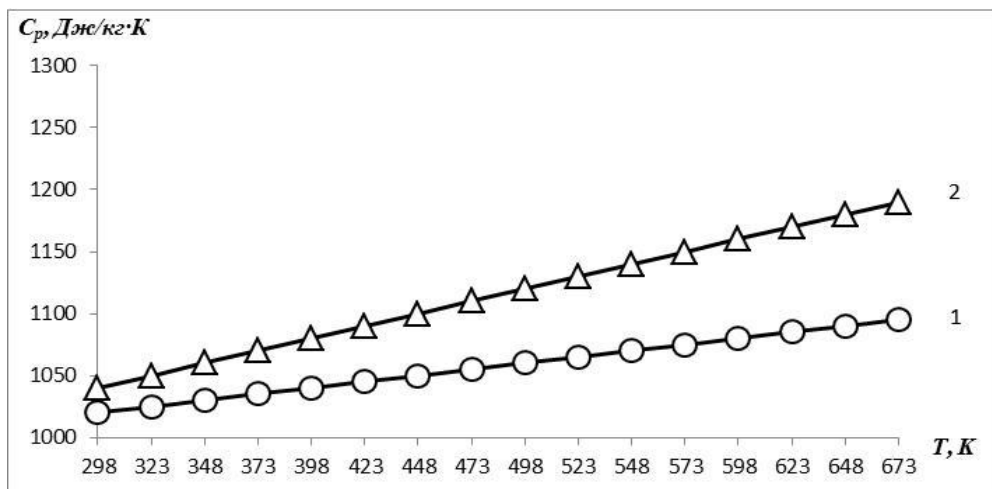


Рис. 1. Зависимость удельной теплоёмкости образцов магния от температуры: 1. исходный (неочищенный) магний; 2. Магний особой чистоты (после глубокой очистки во вращающемся контейнере).

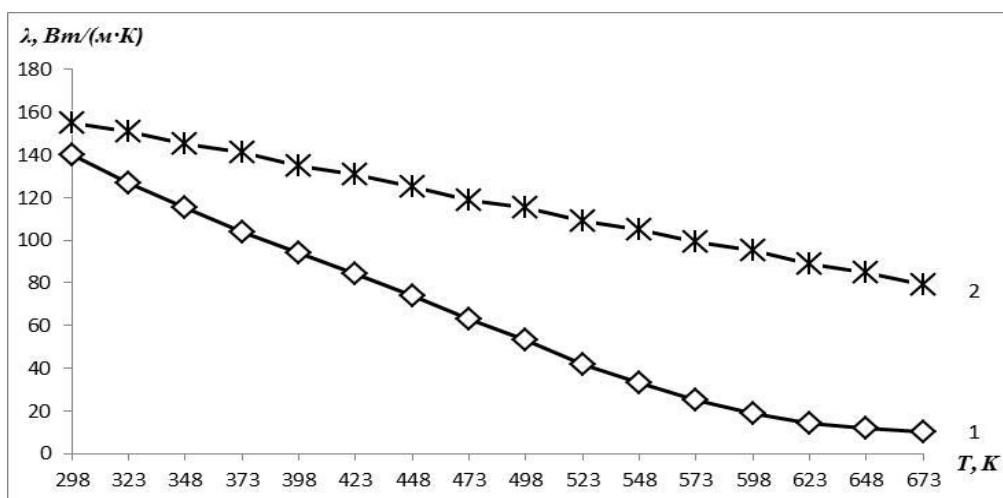


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности образцов магния от температуры: 1. исходный (неочищенный) магний; 2. Магний особой чистоты (после глубокой очистки во вращающемся контейнере).

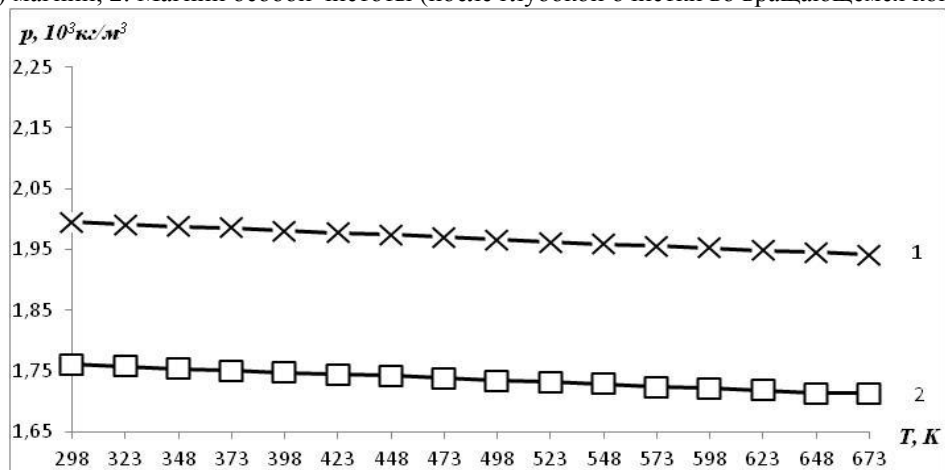
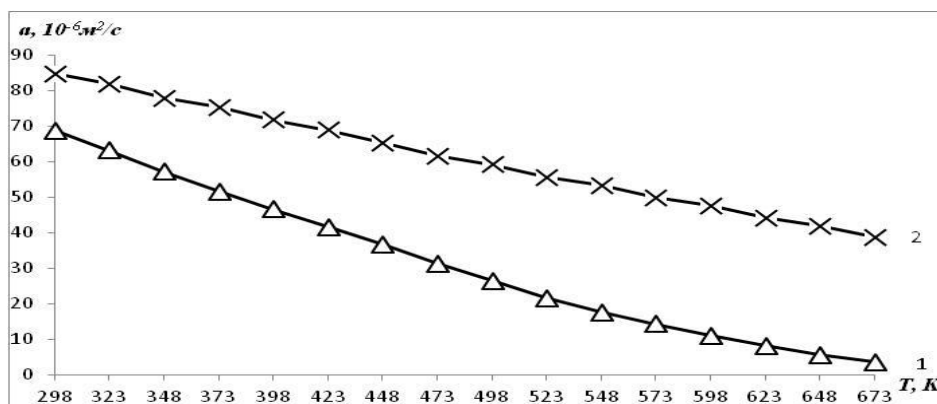


Рис. 3. Изменение плотности образцов магния в зависимости от температуры: 1. исходный (неочищенный) магний; 2. Магний особой чистоты (после глубокой очистки во вращающемся контейнере).



**Рис. 4.** Температуропроводность образцов магния в зависимости от температуры: 1. исходный (неочищенный) магний; 2. Магний особой чистоты (после глубокой очистки во вращающемся контейнере).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Диаграмма состояния систем на основе алюминия и магния / Справочник. -М.: Наука, 1972. -227 с.
2. Кристаллизация из расплава / Справочник. -М.: Metallurgia, 1987. -320 с.
3. Глазов В.М. Фазовые диаграммы простых веществ / В.М. Глазов, В.Б. Лазарев, В.В. Жаров. -М.: Наука. 1980. -276 с.
4. Вигдарович В.Н. Направленная кристаллизация и физико-химический анализ / В.Н. Вигдарович, А.Е. Вольян, Г.М. Курдюмов. -М.: Химия, 1976. -199 с.
5. Вигдарович В.Н. Очистка металлов и полупроводников кристаллизацией / В.Н. Вигдарович. -М.: Metallurgia, 1969. -296 с.
6. Рыбин Ю.А. СО АН СССР. сер. хим. наук / Ю.А. Рыбин, А.Н. Киргинцев, 1971. №2, вып. 1. -38 с.
7. Аминов Б.А. Кристаллизация и очистка магния во вращающемся контейнере / Б.А. Аминов, Ф.Р. Одинаев, Ю.А. Рыбин // Материалы Международной конференции, посвящённой 100-летию академика С.У.Умарова, «современные проблемы физики»—Душанбе, 2008. -С. 118-122.
8. Платунов Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме / Е.С. Платунов. – М.: Энергия, 1973. - 144 с.
9. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах: справочник. / В.Е. Зиновьев. -М.: Metallurgia, 1989. -384 с.

#### МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКО - ЧИСТОГО МАГНИЯ

Представляется методика получения высоко – чистого магния и экспериментальные результаты теплопроводности, плотности, температуропроводности, а также удельной теплоёмкости особо – чистого магния в интервале температур 298-673 К.

**Ключевые слова:** удельная теплоёмкость, коэффициент теплопроводности, плотность, температуропроводность, магний особой чистоты, вращающийся контейнер, соединения.

#### METHOD OF RECEPTION AND RESEARCH OF TEPLOFIZICHESKY PROPERTIES HIGHLY - PURE MAGNESIUM

In the article the reception technique highly - pure magnesium and experimental results of heat conductivity, density, temperature conductivity, and also a specific thermal capacity especially - pure magnesium in the range of temperatures 298-673 K, is resulted to.

**Key words:** a specific thermal capacity, heat conductivity factor, density, temperature conductivity, magnesium of special cleanliness, the rotating container, connections.

**Сведения об авторах:** **Б.А. Аминов** - кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Физико-технического институт аим.С.У. Умарова АН РТ. Телефон: **985-60-10-04**. E-mail: [buronkul@mail.ru](mailto:buronkul@mail.ru)

**Дж.Б. Аминов** - ассистент кафедры ТОЭТ ТТУ. М.С. Осими. Телефон: **919-56-69-93**

**Ю.А. Рыбин** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института неорганической химии Сибирского отделения Академии наук России

# АППРОКСИМАЦИИ ФРОНТА И ПОПЕРЕЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕР С ЭНЕРГИЕЙ 1 ПЭВ НА ВЫСОТЕ 4250М НАД УРОВНЕМ МОРЯ

*С.З. Латипова*

Таджикский национальный университет

Для изучения энергетического спектра и массового состава ПКИ достаточно измерить направление прихода, энергию и тип первичной частицы.

По характеристикам ШАЛ.

ЧС ШАЛ может предоставить всю эту информацию.

Для измерения основных параметров частиц используется пространственное, угловое и временное распределение ЧС.

Вся эти характеристики несут информацию о развитии ливни, включая данные о его основной продольной характеристике, т.е каскадной кривой.

Каскадная кривая зависит от:

- свойство Ядро-ядерных взаимодействий (которые до сих пор известны не достаточно хорошо);

- энергии первичной частицы;

- массы первичной частицы.

Увеличение первичной энергии, и уменьшение массы приводит к росту продольного размера ШАЛ и смещения максимума  $X_{max}$  каскадной кривой глубже в атмосферу. Это регулярное поведение размыто каскадными флуктуациями, если говорить об отдельных ливнях.

1. Энергетический спектр и массовый состав первичного космического излучения(ПКИ) до сих пор исследованных недостаточно хорошо при энергиях выше  $10^{15}$  эВ (1ПэВ).

2. Уникальные возможности для изучения обеих характеристик ПКИ предоставит новая установка Памир-XXI.

3. Массовый состав ПКИ на Памир-XXI будет в основном исследоваться по пространственно-угловым характеристикам черенковского света ШАЛ.

Анализ пространственно-углового распределения (ПУР) ЧС ШАЛ с использованием традиционных и вновь вводимых параметров углового изображения на различных расстояниях от оси показывает, что можно измерить массу первичной частицы с достаточно высоким разрешением с помощью набора черенковских телескопов с полем зрения не менее  $20^\circ$  и размером пикселя  $0,5-0,8^\circ$  при поддержке сети быстрых оптических детекторов с размером ячейки  $\sim 30$  м.

Рис.1 Демонстрирует относительную геометрию ШАЛ и телескопа и изображения на различных R. Характерный угловой масштаб, на котором проявляются различия изображений составляет  $\sim 0,5^\circ$ .

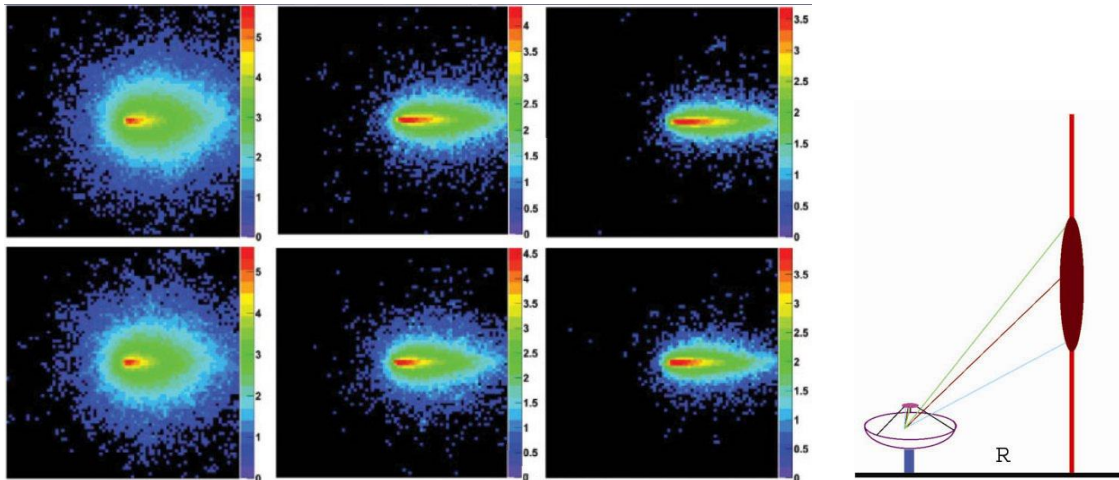


Рис.1. Слева: угловые распределения (УР) черенковского света, генерируемые 10 ПэВ-ными протонами (верхний ряд) и ядрами азота (нижний ряд) и зарегистрированные телескопом на разных расстояниях R. Слева направо: R = 40 м, 120 м, 200 м. Справа: относительная геометрия телескопа и ливня, их оси параллельны.

4. Критерий разделения событий по массе первичного ядра требует точного определения направления первичной частицы (с ошибкой не более 0,1 градуса дуги).

5. Для создания алгоритма оценки первичного направления необходимы расчетные модели черенковского фронта и поперечного распределения черенковского света ШАЛ от разных первичных ядер.

На рисунке 2 приведены аппроксимации среднего поперечного распределения и флуктуации поперечного распределения черенковского света ШАЛ от первичного ядра He с энергий 1 ПэВ на высоте 4250м над уровнем моря.

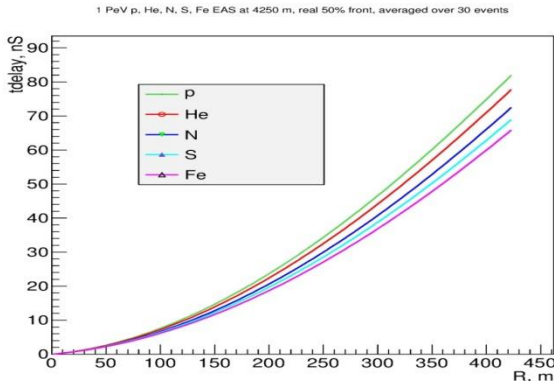


Рис.4. Аппроксимации среднего фронта и флуктуации фронта света ШАЛ от первичных ядер He, p, N, S, Fe с энергии 1 ПэВ. Аппроксимирующие функции:  $F(R)=P_0 \cdot R + P_1 \cdot R^2 + P_2 \cdot R^3$ .

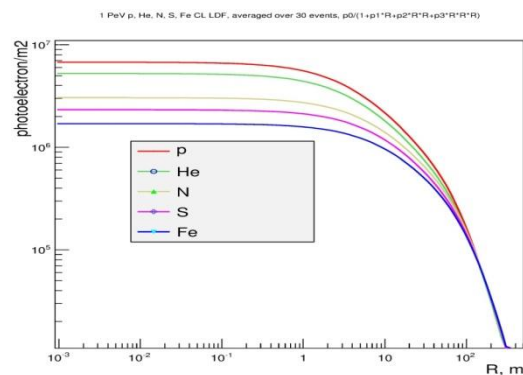


Рис.5. Аппроксимации среднего поперечного распределения и флуктуации поперечного распределения черенковского света ШАЛ от первичных ядер He, p, N, S, Fe с энергии 1 ПэВ.

Наша цель создать установку Памир-XXI нового поколения на основе двух оригинальных подходов:

- новой технологии измерения черенковского света ШАЛ, использующей набор из нескольких оптических телескопов с зеркалами площадью 2-4 м<sup>2</sup>, размером поля зрения не менее 20° и пикселями диаметром 0,5-0,8°, способных различать ливни, инициированные различными первичными ядрами, а также сеть быстрых широкоугольных (40-50°) оптических

детекторов с размером ячейки  $\sim 30$  м, которая может определить направление прихода ШАЛ с высокой точностью ( $\sim 0,1^\circ$ ), а также положение оси ливни и энергию первичной частицы;

- нового типа центрального калориметра, совмещенного с эмульсионной камерой, который будет изучать адроны высоких энергий в стволах ливней и использовать данные сцинтилляторных слоев как целеуказание для эффективного поиска событий в слоях рентгеновской эмульсии.

Поверхностные детекторы заряженных частиц установки Памир-XXI будут иметь традиционную конструкцию, оптимизированную для регистрации ШАЛ на высотах гор.

В этих условиях можно сформулировать общую концепцию массива поверхностной установки, способной решить проблему энергетического спектра и массового состава ПКЛ в диапазоне энергий  $10^{14}$ - $10^{17}$  эВ с использованием характеристик ЧС ШАЛ:

1) установка должна включать в себя оптические детекторы двух типов - широкоугольные быстрые детекторы площадью  $0.5$ - $1.0$  м<sup>2</sup> и полем зрения диаметром  $40$ - $50^\circ$ , способные регистрировать ПВР ЧС и оптические телескопы с зеркалами площадью  $2$ - $4$  м<sup>2</sup>, полем зрения диаметром не менее  $20^\circ$  и диаметром пиксела  $0,5$ - $0,8^\circ$  (должны быть оптимизированы по отношению к уровню наблюдения или интересующему энергетическому диапазону), которые могут различать ливни от разных первичных ядер;

2) сеть быстрых детекторов с размером ячейки  $\sim 30$  м определяет направление прихода ливней, положение осей и энергии и позволяет анализировать форму импульса ЧС;

3) набор из нескольких (3-4) телескопов, раздвинутых на  $\sim 100$  м друг от друга позволяет анализировать ПУР ЧС для оценки первичной массы;

Одновременное использование ПУР ЧС и ПР ЧС обеспечивает максимальное разделение событий с различными первичными массами;

5) все детекторы массива должны быть направлены одинаково в зенит, или, если толщина слоя воздуха выше уровня наблюдения слишком мала для того, чтобы ливни интересующей энергии генерировали достаточно света, под определенным углом к вертикали;

6) телескопы должны быть расположены в центральной части сети быстрых детекторов;

7) измерения при энергиях выше  $10^{16}$  эВ, вероятно, потребуют увеличения масштаба установки и, следовательно, ее структура должна быть масштабируемой

### **Выводы**

1. Данные моделирования хорошо описывают аппроксимирующую функцию.
2. Форма фронта и особенно форма поперечного распределения зависит от массы первичного ядра.
3. Решение обратной задачи для протонных ливней показало что точность полученных аппроксимации достаточно для направления определения ливня и точки падения оси.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Мурзин В.С. Введение в физику космических лучей / В.С. Мурзин. -М.: Атомиздат, 1979. -303 с.
2. Нестерова Н.М. Исследование взаимодействий компоненты широких атмосферных ливней космических лучей с энергией свыше  $10^{15}$  эВ: дис.докт.физ.-мат. наук / Н.М. Нестерова. -М.: ФИАН СССР, 1988. – 260 с.
3. Информация о CORSIKA может быть также найдена в World Wide Web на странице // [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www-ik3.fzk.de/~черт/corsika/.1Version>
4. Особенности взаимодействий адронов космических лучей сверхвысоких энергий по данным свинцовых рентгеноэмульсионных камер эксперимента «Памир»: Издательство Московского университета 2000. Зацепин Г.Т.
5. Ядерно-каскадный процесс и его роль в развитии широких атмосферных ливней: докл. АН. СССР, 1949.

6. Розенталь И.Л. О ядерно-каскадном процессе в широких атмосферных ливнях космических лучей / И.Л. Розенталь. - ДАН СССР, 1954.
7. Григоров Н.Л. Метод измерения энергии частиц в области энергий выше  $10^{11}$  эВ / Н.Л. Григоров, В.С. Мурзин, И.Д. Раппорт. -ЖЭТФ, 1958. -34. -2. с. 506.
8. Мурзин В.С. Космические лучи и их взаимодействие / В.С. Мурзин, Л.И. Сарычева. -М.: Атомиздат, 1968. - 391 с.
9. Григоров Н.Л. Частицы высоких энергий в космических лучах / Н.Л. Григоров, И.Д. Раппорт, В.Я. Шестоперов. -М.: Наука, 1977. -203 с.
10. Ерлыкин А.Д. Многомерный анализ адронных каскадов в атмосфере для ядерных и астрофизических исследований космических лучей: дис.докт.физ.-мат.наук / А.Д. Ерлыкин. -М.:ФИАН СССР, 1958. -319 с.
11. Байбурина С.А. Взаимодействия адронов космических лучей сверхвысоких энергий. Эксперимент «Памир» / [С.А. Байбурина, А.С. Барисов, З.М. Гусев и др.]. -М.: Наука, 1984. Труды ФИАН.
12. Калмыков Н.Н. Модель КГС с учетом струй и ШАЛ / Н.Н. Калмыков, С.С. Остапченко. Ядерная физика, 1994.
13. Mukhamedshin R.A. Comparison between the parameters of some models of nuclear -electromagnetic cascade simulation.// R.A. Mukhamedshin. -Bulletin Soc. Sci. Lettr. Ser. Rech. Def. Lodz. 1994.
14. Pamiр Collabaration. Experiment «Pamiр»: Energy spektra and angulardistributions of high energy gamma-quanta and hadrons.// Proc. Of 18 ICRC. 1983.
15. Левченко Б.Б. Эксклюзивное описание множественного рождения на ядрах в кварковой модели. взаимодействие кварков с ядрами // Б.Б. Левченко, Н.Н. Николаев. Ядерная физика, 1983 Т.37. Вып.4. -с. 1016-1029.
16. Пискунова О.И. Инклюзивные спектры адронов во взаимодействиях высокой энергии и модель кварк-глюонных струн: дисс.канд.физ.-мат.наук / О.И. Пискунова. -М.: ИТЭФ, 1988.

#### **АППРОКСИМАЦИИ ФРОНТА И ПОПЕРЕЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕР С ЭНЕРГИЕЙ 1 ПЭВ НА ВЫСОТЕ 4250М НАД УРОВНЕМ МОРЯ**

Для измерения основных параметров частиц используются пространственное, угловое и временное распределение ЧС. Все эти характеристики несут информации о развитии ливня, включая данные о его основной продольной характеристике, т.е каскадной кривой. Увеличение первичной энергии и уменьшение массы приводит к росту продольного размера ШАЛ и смещения максимума  $X_{max}$  каскадной кривой глубже в атмосферу. Это регулярное поведение размыто каскадными флуктуациями, если говорить об отдельных ливнях.

**Ключевые слова:** первичные космические излучения (ПКИ), черенковский свет широких атмосферных ливней (ЧС ШАЛ), каскадная кривая, пространственно-углового распределения (ПУР), угловые распределения (УР).

#### **APPROXIMATIONS OF THE FRONT AND LATERAL DISTRIBUTION OF EAS CHERENKOV LIGHT FROM VARIOUS NUCLEI OF ENERGY OF 1 PEV AT THE ALTITUDE OF 4250M ABOVE SEA LEVEL**

It is necessary to measure the arrival directions, energy and type of primary particles in order to the study of an energy spectrum and mass structure of PCR.

The increase of primary energy, and reduction of mass lead to the growth of EAS Cherenkov longitudinal size and the shift of a maximum  $X_{max}$  of a cascade curve deeper in the atmosphere. This regular behavior is smeared by cascade fluctuations if individual shower is concerned.

**Key words:** primory cosmic rays (PCR), Cherenkov light extensive air showers (ChL EAS), cascade curve, spatial-angular distribution (SAD), angular distribution (AD).

**Сведения об авторе:** *С.З. Латипова* – аспирантка физического факультета Таджикского национального университета. Телефон: **987-14-74-68**



# ХИМИЯ ВА БИОЛОГИЯ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АКТИВИРОВАННЫХ ЭФИРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА ПЕПТИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

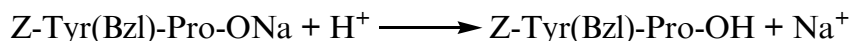
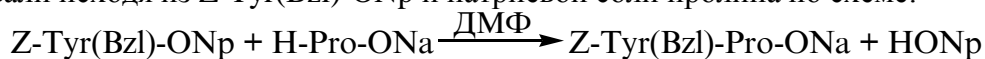
*М.З. Кодиров, Ш.Х. Халиков*

Таджикский национальный университет

Проблема регуляции болевой чувствительности в современной нейробиологии и медицине занимает одно из центральных мест. Ряд синтетических пептидов и их производные широко используются как анальгетические препараты, а также как стимуляторы биологических процессов в организме.

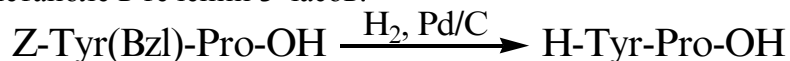
Аминокислоты, пептиды и их производные применяются в качестве лекарственных средств как в свободном, так и в виде композиции с другими биологически активными соединениями. Они могут обладать рядом таких свойств, как усиление действия лекарственного препарата, снижение его токсичности и увеличение растворимости в воде и водных растворах.

Модификация аминокислот и пептидов приводящих к повышению биологической активности проводятся разными методами. Например, используя методы синтеза пептидов можно получить комбинированный аспирин-аминокислот и пептидов устраняющий недостатки аспирина и улучшающий патологический процесс и саногенез [1]. Представляет также определенный интерес создание комплексов аминокислотных и пептидных лигандов включающих ароматические оксикислоты и их ацильные производные [2,3]. С целью изучения болеутоляющих, жаропонижающих и противовоспалительных свойств ацетилсалициловой кислоты нами синтезирован пептидный производный ацетилсалициловой кислоты – Ac-Sal-Tyr-Pro-OH методом активированных эфиров. Дипептид Z-Tyr(Bzl)-Pro-OH синтезировали исходя из Z-Tyr(Bzl)-ONp и натриевой соли пролина по схеме:



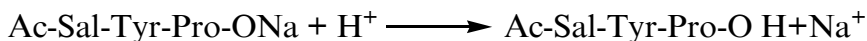
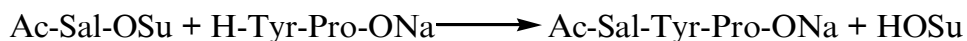
Необходимо отметить, что во время обработки, разделение органической и водной фаз происходит очень медленно, вследствие образования устойчивой эмульсии. Поэтому обработку проводили в присутствии насыщенного раствора Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Полученный продукт очищали первоначально осаждением гексаном из эфира, а затем эфиром из этилацетата.

Удаление карбобензоксид- и бензильной защитных групп из дипептида Z-Tyr(Bzl)-Pro-OH осуществляли одновременно каталитическим гидрогенолизом над палладиевым катализатором в метаноле в течении 3 часов:



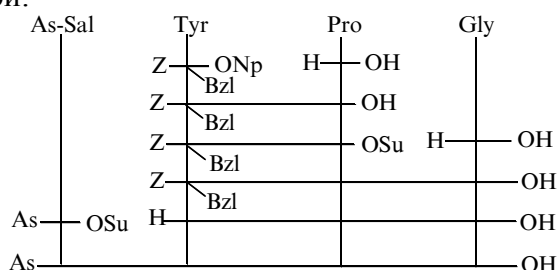
После удаления катализатора и упаривания растворителя получали белый аморфный продукт, который в дальнейшем использовали для получения пептидного производного ацетилсалициловой кислоты- Ac-Sal-Tyr-Pro-OH.

Ac-Sal-Tyr-Pro-OH синтезировали методом активированных эфиров в диметилформамиде (ДМФ) при комнатной температуре взаимодействием N-оксисукцинимидного эфира ацетилсалициловой кислоты с натриевой солью дипептида H-Tyr-Pro-ONa по схеме:



Полученный продукт очищали осаждением первоначально из эфира прибавлением гексана, а затем переосаждением из этилацетата эфиром. Чистоту полученного кристаллического дипептидного производного ацетилсалициловой кислоты контролировали тонкослойной хроматографией. Физико-химические константы полученных соединений приведены в таблице 1.

Далее синтезировали ацетилсалицилоилтрипептид с последовательностью - Ac-Sal-Tyr-Pro-Gly-OH. Целью получения данного соединения являлось повышение растворимости в воде исходных соединений, снижение побочного действия и повышение фармакологических эффектов ацетилсалициловой кислоты и фрагмента β-казоморфина-5. Ацетилсалицилоилтрипептид был получен методом активированных эфиров, в соответствии с приведённой ниже схемой:



Синтез проводили классическими методами пептидной химии в растворе с использованием метода активированных эфиров. В качестве защитных групп для α-NH<sub>2</sub> и —OH функций тирозина использовали, соответственно, карбобензоксид (Z-) и бензильную (Bzl-) группы. Аминокислоты применяли в L-форме. Защищенный дипептид Z-Tyr(Bzl)-Pro-OH получали конденсацией Z-Tyr(Bzl)-ONp с пролином в щелочной среде. Основным продуктом был выделен экстракцией этилацетатом из подкисленного до pH 3-4 водного раствора реакционной смеси.

Дополнительную очистку синтезированного дипептида проводили на колонке, заполненной силикагелем марки L-100/160. Для удаления непрореагировавшего карбобензоксид-О-бензилтирозина колонку первоначально элюировали смесью бензол-ацетон-уксусной кислоты (100:50:2), а затем метанолом для полного извлечения дипептида

Z-Tyr(Bzl)-Pro-OH, выход которого после очистки составил 72%.

Защищенный трипептид Z-Tyr(Bzl)-Pro-Gly-OH получали конденсацией Z-Tyr(Bzl)-Pro-Osu с глицином в диметилформамидном растворе с выходом 68,3%. N-оксисукцинимидный эфир дипептида получали карбодиимидным методом с использованием дициклогексилкарбодиимида в смеси диоксан-этилацетат. Реакцию конденсации проводили в диметилформамиде вследствие низкой растворимости исходных и основного продуктов в большинстве органических растворителей, используемых в пептидной химии. Очистку защищенного трипептида осуществляли путём экстракции этилацетатом из подкисленного (pH 3-4) водного раствора реакционной смеси и последующего осаждения из этилацетата гексаном. Удаление карбобензоксид- и бензильной группы с защищенного трипептида осуществляли каталитическим гидрогенолизом над палладиевым катализатором.

Ac-Sal-Tyr-Pro-Gly-OH синтезировали конденсацией Ac-Sal-Osu с натриевой солью H-Tyr-Pro-Gly-OH в диметилформамиде.

Конечный продукт был выделен экстракцией этилацетатом из подкисленного водного раствора реакционной смеси. Полученный Ac-Sal-Tyr-Pro-Gly-OH кристаллизовали из эфира гексаном, а затем перекристаллизовывали из этилацетата эфиром.

Индивидуальность и степень чистоты полученных соединений контролировали с помощью бумажной и тонкослойной хроматографии. Физико-химические константы полученных соединений приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Физико-химические константы полученных соединений**

Наименования соединений	Выход, %	T <sub>пл.</sub> , °C	Элементный анализ N-Найд. / Выч.%	R <sub>f</sub> <sup>*</sup> А	R <sub>f</sub> Б	R <sub>f</sub> В
Z-Tyr(Bzl)-Pro-OH	72,1	68	5,04/5,57	-	0,86	0,50
H-Tyr-Pro-OH	72	аморф.	9,69/10,10	0,1	-	-
Ac-Sal-Tyr-Pro-OH	81	113-115	6,72/6,38	0,55	0,37	0,41
Z-Tyr(Bzl)-Pro-Gly-OH	68,3	81-83	7,22/7,51	0,94	0,91	0,58
H-Tyr-Pro-Gly-OH	79,6	Аморф	12,23/12,60	0,1	-	0,41
Ac-Sal-Tyr-Pro-Gly-OH	68,5	123-125	8,12/8,45	0,6	0,37	0,39

R<sub>f</sub><sup>\*</sup>) А-хлороформ: метанол (60:13); Б-хлороформ: метанол: уксусная кислота (90:10:5); В-бензол: ацетон: уксусная кислота (100:50:2)

В следующем сообщении рассматривается изучение противовоспалительной активности синтезированных пептидных производных ацетилсалициловой кислоты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kwapiszewski W. Przydanoss niektoruch metod od otrzymama aminokwasowych poshodnych kwasu acetylosalicylowego / W. Kwapiszewski, L. Borkowsri //Acta pol. pharm. 1983. -V.40.- №2. -P.245-247.
2. Voigt B. Synthesis von N- $\alpha$ (Benzoyl glycyll)-und N- $\alpha$ -Benzyloxycarbonyl-glycyl / B. Voigt, G. Wagner. -4-amidinophenyl-alaninamiden a ts throm binhibitozen. J.Pharm. 1985. -V.40.-№8. -P.527-529.
3. Synthesis and in vitro aldose reductare inhibitor activity of compounds containingan N-acyl-glycin moiety / I. Devuiter [et al.] //J. Med. Chem. -1989. -V.32. -P.1033-1038.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АКТИВИРОВАННЫХ ЭФИРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА ПЕПТИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Используя метод активированных эфиров синтезированы дипептидные и трипептидные производные ацетилсалициловой кислоты, изучены физико-химические свойства синтезированных соединений.

**Ключевые слова:** аминокислота, пептид, ацетилсалициловая кислота, активированный эфир, гидронолиз, конденсация, этилацетат, эфир.

#### USAGE OF ACTIVATED ESTERS FOR SYNTHESIS OF PEPTIDE DERIVATIVES ACETYLSALICYLIC ACID

Using the method of activated esters synthesized dipeptide and tripeptide derivatives of acetylsalicylic acid, studied the physicochemical properties of the synthesized compounds.

**Key words:** amino acid, peptide, acetylsalicylic acid, an activated ester, hydrogenolysis, condensation, ethyl acetate, ether.

**Сведения об авторах:** *М.З. Кодиров* – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой органической химии Таджикского национального университета. Телефон: **93-598-38-47**. E-mail: **kaf.org.chem@mail.ru**

*Ш.Х. Халиков* – доктор химических наук, профессор кафедры органической химии Таджикского национального университета. Телефон: **2-27-94-17; 907-11-55-13**. E-mail: **kaf.org.chem@mail.ru**

# КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗА С БЕНЗИМИДАЗОЛОМ И ДИБАЗОЛОМ

*У.Р. Раджабов, С.Г. Ёрмамадова, Р.Н. Рахимова*

Таджикский национальный университет,

Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибни Сино

**Актуальность.** Исследование процессов комплексообразования железа с производными азолов, особенно с бензимидазолом и дибазолом имеет большое практическое и теоретическое значение, т.к. эти соединения проявляют сосудорасширяющие, спазмолитические, гипотензивные и иммуностимулирующие свойства. Кроме того, они являются антимикробными, антигрибковыми и антигельминтными средствами. Следует отметить, что в современном обществе день за днем увеличивается число болезней, связанных с понижением иммунной системы организма человека. Поэтому создание на основе координационных соединений переходных металлов с азолами иммуностимуляторов и лекарственных препаратов с малой токсичностью и высокой активностью, обеспечение здорового образа жизни и благополучия населения является приоритетной задачей не только здравоохранения, но и химической науки[1].

**Цель исследования.** Настоящее исследование проведено с целью установления состава и определения термодинамических характеристик соединений образующихся в водно-перхлоратных растворах бензимидазола и дибазола.

**Материал и методы исследования.** Работа выполнена методом окислительного потенциала [2-5] в интервале температур 288–318К и ионной силе 0,5 моль/литр. Данный метод позволил нам при совместном анализе экспериментально полученных зависимостей  $\varphi$  от активности ионов водорода, концентрации азола и концентрации ионов железа установить число и тип соединений, образующихся в системе, содержащей одновременно окисленную и восстановленную формы иона комплексообразователя. Состав и константа устойчивости координационных соединений Fe (III) и Fe (II) с азолом уточнены также с помощью окислительной функции. По рассчитанным значениям констант образования комплексов методом температурного коэффициента были определены значения изменения стандартной энтальпии.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Исследования процессов комплексообразования ионов железа (III) и железа (II) в водных растворах азолов в интервале температур 288 – 318К позволили получить достоверные сведения о составе и устойчивости координационных соединений.

Эндотермический эффект образования координационных соединений Fe (III) и Fe (II) свидетельствует о том, что для разрушения старых связей тратится больше энергии, чем выделяется при образовании новых (табл.1 и рис.1). Поскольку азолы выступают в качестве монодентатных лигандов, но значительно крупнее молекул воды, то в процессе комплексообразования в гидратных оболочках может вызывать перемещение более, чем одной молекулы воды.

Отрицательные значения  $\Delta G^0$  с повышением температуры увеличиваются в случае образования комплексных соединений железа (III) и железа (II). Это говорит о том, что с ростом температуры вероятность самопроизвольного образования координационных соединений железа (II) и железа (III) с азолами увеличивается. Положительное значение  $\Delta S^0$  при образовании координационных соединений как железа (II), так и железа (III) связано с тем, что в ходе реакции комплексообразования вытесняется большое количество молекул воды.

На основании вышеизложенного факта можно сказать, что в реализациях реакции образования координационных соединений положительные изменения энтропии связаны как со смещением молекулы воды из внутренней координационной сферы, так и освобождением нескольких молекул воды из гидратных оболочек металлов комплексообразователей и лиганда.

Численные значения термодинамических функций реакций комплексообразования в водных растворах и литературные данные по теплотам гидратации ионов, составляющих комплексы [6] позволили рассчитать величины энергии связи Fe (III) - лиганд и Fe (II) - лиганд в моноядерных соединениях (табл. 2).

Рассчитанные величины энергии связи Fe (III) - лиганд и Fe (II) - лиганд в моноядерных соединениях показали, что связь между ионами Fe (III) бензимидазолом более ковалентна, чем Fe (II) с тем же лигандом, так как для разрыва ковалентной связи необходимо затратить большое количество энергии.

Анализ экспериментальных зависимостей окислительного потенциала от концентрационных переменных показал, что ионная сила и температура в изученных системах не влияют на состав образующихся комплексов, но оказывают заметное влияние на численные значения констант образования и областей их доминирования.

**Таблица 1. Термодинамические функции реакций образования координационных соединений системы Fe (III) - Fe (II) - HDb -Na(H)ClO<sub>4</sub> – H<sub>2</sub>O при различных температурах и ионной силе раствора 0,5 моль/л**

Лиганд	Комплекс	Т, К				
		Т, Ф*	288,16	298,16	308,16	318,16
ДИБАЗОЛ	Fe HDb <sup>3+</sup>	$\Delta H^0_{кДж/моль}$	44,67	44,67	44,67	44,67
		$\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	118,30	118,80	117,80	118,90
		$-\Delta G^0_{кДж/моль}$	18,20	20,54	22,41	24,96
	FeOH <sup>2+</sup>	$-\Delta H^0_{кДж/моль}$	91,50	38,29	47,86	47,86
		$-\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	83,60	55,36	84,56	95,50
		$-\Delta G^0_{кДж/моль}$	-23,38	-21,79	-21,82	-23,87
	Fe HDb OH <sup>2+</sup>	$\Delta H^0_{кДж/моль}$	134,00	47,86	89,40	111,50
		$\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	174,90	85,70	182,00	211,50
$-\Delta G^0_{кДж/моль}$		67,57	74,74	82,56	95,71	
Fe HDb (OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	$-\Delta H^0_{кДж/моль}$	191,00	119,70	114,90	143,60	
	$-\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	64,38	153,70	125,30	151,70	
	$-\Delta G^0_{кДж/моль}$	20,46	14,26	14,68	94,98	
Fe <sub>2</sub> (HDb) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	$\Delta H^0_{кДж/моль}$	47,86	47,86	59,50	82,90	
	$\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	159,10	160,20	196,80	224,70	
	$-\Delta G^0_{кДж/моль}$	26,74	29,67	30,78	44,57	
Fe HDb <sup>2+</sup>	$\Delta H^0_{кДж/моль}$	32,18	32,18	32,18	32,18	
	$\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	113,50	110,60	110,60	111,50	
	$-\Delta G^0_{кДж/моль}$	20,51	20,77	21,88	23,26	
Fe (HDb) <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	$\Delta H^0_{кДж/моль}$	52,20	52,20	52,20	52,20	
	$\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	178,00	177,90	177,90	178,80	
	$-\Delta G^0_{кДж/моль}$	-46,04	-47,81	-49,59	-51,63	
Fe <sup>III</sup> Fe <sup>II</sup> (HDb) <sub>2</sub> (OH) <sub>4</sub> <sup>+</sup>	$\Delta H^0_{кДж/моль}$	69,62	69,62	69,62	69,62	
	$\Delta S^0_{Дж/моль \cdot К}$	126	122,9	122,9	124,9	
	$-\Delta G^0_{кДж/моль}$	29,61	29,67	30,9	32,6	

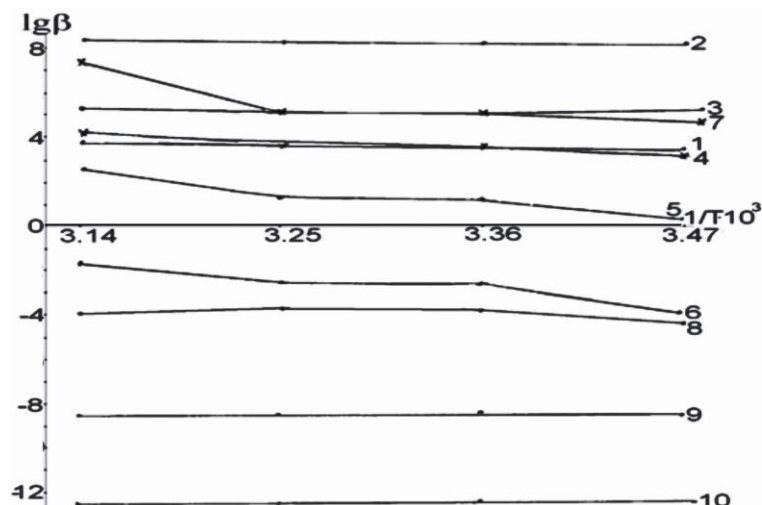


Рис. 1. Зависимость констант образования комплексных соединений ( $\lg\beta$ ) от температуры системы Fe (III) - Fe (II) - HDb - Na(HClO<sub>4</sub>) - H<sub>2</sub>O при J = 1,0 моль/л. Кривые относятся к: 1 - FeHDb<sup>2+</sup>; 2 - Fe(HDb)<sub>2</sub><sup>2+</sup>; 3 - Fe<sup>III</sup>Fe<sup>II</sup>(HDb)<sub>2</sub>(OH)<sub>4</sub><sup>+</sup>; 4 - FeHDb<sup>3+</sup>; 5 - FeHDbOH<sup>2+</sup>; 6 - FeHDb(OH)<sub>2</sub><sup>+</sup>; 7 - Fe<sub>2</sub>(HDb)<sub>2</sub>(OH)<sub>4</sub><sup>2+</sup>; 8 - FeOH<sup>2+</sup>; 9 - Fe(OH)<sub>2</sub><sup>+</sup>; 10 - Fe(OH)<sub>3</sub>

Таблица 2. Значение энергии связи железа (III, II) - лиганд

Связь	$\Delta H^0$ , кДж/моль
железо (III) - бензимидазол	4692
железо (II) - бензимидазол	1951

**Выводы.** Результаты расчета термодинамических функций показали, что температура не оказывает заметного влияния на изменение величины  $\Delta H^0$  для моноазольных комплексов железа (III) и железа (II), диазольного комплекса железа (II), а также гетеровалентного комплекса при всех ионных силах, что можно связать с близостью значений теплоемкостей компонентов реакций комплексообразования. Кроме того, это по-видимому, связано с тем, что азолы являются нейтральным лигандом и при образовании координационных соединений заряд комплексов не меняется.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кнорре Д.Г. Биологическая химия: учебник для хим., биол. и мед. спец.вузов/ Д.Г. Кнорре, С.Д. Мызина. - М.: Высш., шк., 2000. - С. 8-26.
2. Раджабов У.Р. Имидазольные и бензимидазольные комплексы железа / У.Р. Раджабов, М.М. Рахимова, З.Н. Юсупов // Естественные и технические науки, 2011. - №3. - С.63-70.
3. Раджабов У.Р. Комплексообразования железа (III, II) с бензимидазолом / У.Р. Раджабов, С.Г. Ёрмамадова, Р.Н. Рахимова // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Тенденции и перспективы развития современного научного знания». -Москва: 29 марта 2013г./НИИЦ «Институт Стратегических Исследований». -Москва: Изд-во «Спецкнига», 2013.- С. 39-42.
4. Патент Республики Таджикистан № TJ 403. Дифаферол проявляющий противомикробную активность/ У.Р. Раджабов [и др.] / Заявка №04000779 от 04.04.2003г., опубликовано в бюллетене №37, 2005. -С.43.
5. Имомов Р.Б. Новые биологически активные координационные соединения Fe(II) и Cu(II) с дибазолом / Р.Б. Имомов, З.Н. Юсупов, У.Р. Раджабов // Докл. АН РТ, 2008. - Т. 51, №5. - С.362-366.
6. Краткий справочник физико-химических величин /под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. -Л.: Химия, 1974. -С.138-140.

#### КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗА С БЕНЗИМИДАЗОЛОМ И ДИБАЗОЛОМ

Методом окислительного потенциала в интервале температур 288 – 318К и ионной силе 0,5 моль/литр исследованы процесс образования координационных соединений железа с бензимидазолом и дибазолом,

установлены состав и определены термодинамические характеристики соединений образующихся в водно-перхлоратных растворах бензимидазола и дибазола.

**Ключевые слова:** координационные соединения, железо, азолы, бензимидазол, дибазол.

### COMPLEXATION OF IRON AND BENZIMIDAZOLE AND DIBAZOL

By oxidative capacity in the temperature range 288 - 318K and an ionic strength of 0.5 mol / liter investigated the formation of coordination compounds of iron and bezimidazolom dibazolom, set the composition and the thermodynamic characteristics of the compounds formed in aqueous perchlorate solutions benzimidazole and dibazola.

**Key words:** coordination compounds, iron, azoles, benzimidazole, dibazol.

**Сведения об авторах:** *У. Раджабов* - д.х.н., доцент, заведующий кафедрой фармацевтической и токсикологической химии ТГМУ им. Абуали ибни Сино. E-mail: [umarali55@mail.ru](mailto:umarali55@mail.ru)

*С.Г. Ёрмамадова* – кандидат химических наук, доцент ТНУ. E-mail: [savri-2006@mail.ru](mailto:savri-2006@mail.ru)

*Р.Н. Рахимова* – ассистент кафедры фармацевтической и токсикологической химии ТГМУ им. Абуали ибни Сино

### ДИНАМИКА рН МОЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ЕЁ НУКЛЕАЦИИ В НОРМЕ И У БОЛЬНЫХ НЕФРОЛИТИАЗОМ

*Х.С. Сафаров, Х.Ш. Джураев, К.Х. Хайдаров, А.А. Саидов, С.А. Азимова*  
Институт химии им. В.И. Никитина АН РТ

**Актуальность.** Водородные ионы занимают особое положение среди других ионов, благодаря резко выраженному влиянию их на ход многих реакций, идущих в растворах. Влияние рН на физиологические процессы настолько велико, что уже незначительное изменение этой величины может заметно изменить скорость процесса или даже совсем приостановить его. Например, ферменты оказываются активными, только при определенном для каждого фермента значении рН. Так фермент пепсин, участвующий в реакции расщепления жиров в желудке, проявляет максимум активности при рН=1,5, т.е. в очень кислой среде. Или же в слюне, содержащийся в ней фермент пталин, ускоряющий процесс осахаривания крахмала, наиболее активен при рН=6,7, т.е. почти в нейтральной среде. То есть отклонение величины рН от оптимальных значений сильно снижает или даже вовсе прекращает активность ферментов. В настоящее время имеются несколько теорий образования почечных камней: физико–химическая, воспалительная или микробная, нарушение уродинамики и алиментарные факторы, [1,2,3,4,5]. В то же время на сегодняшний день нет единого мнения или теории о причинах образования почечных камней. Наши исследования в определенной степени дополняют данные сторонников физико-химической теории патогенеза мочекаменной болезни. Прежде всего, это относится к механизмам дестабилизации стабильной мочи (норма), которая является начальной стадией развития формирования почечных камней.

**Цель исследования:** Изучение динамики рН стабильной и дестабилизированной мочи от времени ее нуклеации.

**Материал и методы.** Исследования проводили в условиях *in vitro* при комнатной температуре (20±1°C). С целью избежания контакта мочи с воздухом, она в течение всей работы хранилась в эксикаторе заполненном инертным газом азот, измерения рН проводились на приборе рН -метр производства METTLER TOLDO. Время дестабилизации (седиментации) определяли визуально и микроскопическим методом, рН измеряли сразу же после взятия мочи. Впервые сутки рН измеряли каждый час, в последующем каждые сутки,

время замера не превышало 1 мин. Обследовано было 40 больных с различной патологией МКБ и 10 практически здоровых людей. Отбор здоровых и больных проводился после биохимического анализа мочи, крови и ультразвуковой диагностики.

**Результаты исследования.** Полученные результаты исследования представлены в табл.1. Как видно из таблицы изменения рН (6,84) мочи здоровых лиц (стабильная) в течение первых 8 часов практически не происходит. Незначительные изменения величины рН наблюдаются после 24 часов стояния, т.е. рН от 6,84 снижается до 6,54. Далее рН становится 6,2. и при этом наблюдается незначительное помутнение мочи. В коллоидной химии такое явление называется порогом коагуляции. После появления мути и образования осадка, значение рН мочи, до определенного времени принимает практически первоначальное значение 6,80. Иную картину мы наблюдали в случаях дестабилизированной мочи, т.е. мочи больных. Для исследования мы брали больных с хроническим пиелонефритом и острым пиелонефритом. Определено, что у большинства больных с диагнозом хр. пиелонефрит, рН мочи слабо щелочная 7,6-8,4, а с острым пиелонефритом рН слабо кислая, 5,6–6,3. Разница в значениях рН по всей вероятности зависит от характера течения болезни, от питания и лекарственной терапии. Как показали результаты исследования рН мочи больных с хроническим пиелонефритом практически не меняется в течение трех часов стояния (см. табл.). Изменения рН от 8,32 до 8,18 наблюдается после 6 часов стояния, а через сутки рН становится 7,61 и далее от времени рН снижается до 6,50, т.е. среда мочи становится слабо-кислой. Именно в этом разломе наблюдается образование хлопьев и далее осадка. После выпадения осадка до определенного времени, рН мочи опять становится слабо-щелочной, 7,85, т.е. моча практически приобретает первоначальную среду.

**Таблица 1. Динамика рН стабильной и дестабилизированной мочи от времени нуклеации**

№	Вид мочи	Время/час	Ср. величина рН	Прозрачность	
1	Стабильная – моча здоровых людей п.=10	0	6,84±0,5	прозрачная	
2		1	Без изменения		
3		3			
4		6			
5		8			
6		24			6,56±0,5
7		32			6,44±0,5
8		48			6,20±0,5
9		72			6,80±0,5
1	Дестабильная – моча больных хр.пиелонефрит. п=25	0		8,32±0,5	мутная
2		1	8,32±0,5		
3		3	8,32±0,5		
4		6	8,18±0,5		
5		8	8,07±0,5		
6		24	7,61±0,5	появление хлопьев	
7		32	6,85±0,5		
8		48	6,50±0,5		
9		72	7,83±0	осадка	



1	Дестабильная-моча больных ост. пиелонефрит. n=15	0	6,18±0,5	мутная
2		1	6,18±0,5	
3		3	6,18±0,5	
4		6	5,45±0,5	появление хлопьев
5		8	5,35±0,5	
6		24	6,30±0,5	осадка
7		32	6,28±0,5	
8		48	6,53±0,5	
9		72	6,53±0,5	

Аналогичные процессы наблюдаются и с мочой больных с острым пиелонефритом. Как видно из табл. рН мочи в течение 3 часов не изменяется. Изменение рН наблюдается после 6 часов стояния, при этом оно от 6,18 снижается до 5,45. Образование мути и осадка в моче происходит при рН 5,45 и 5,3, то есть среда становится слабо-кислой.

В соответствии с литературными данными в кислой среде в основном выпадают соли, которые имеют кислую реакцию наподобие щавелевой соли и мочевой кислоты. После выпадения осадка, рН мочи практически возвращается к первоначальному значению. Появление мути в моче свидетельствует о начальной стадии дестабилизации стабильной мочи, которая свидетельствует о начале образования осадка.

**Заключение.** Полученные результаты в условиях *in vitro* указывают на то, что процесс дестабилизации стабильной мочи от времени ее стояния, происходит вследствие изменения концентрации ионов водорода с образованием осадка. То есть, застой мочи в мочевом пузыре не только приводит к изменению рН мочи, но и со временем может стать одним из факторов развития мочекаменной болезни.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кодири Т.Р. Практические лекции по урологии Душанбе / Т.Р. Кодири. ДДТТ, 1996. -С. 245.
2. Люлько А.В. Воспалительные заболевания мочеполовых органов / А.В. Люлько, Т.Р. Кодири. –Душанбе: Ирфон, 1990. -С. 224.
3. Тиктинский О.Л. Уролитиаз / О.Л. Тиктинский. –Ленинград: «Медицина»,1980. -С. 176.
4. Агофонов Б.А. Канд. диссер./ Б.А. Агофонов. -Днепропетровск, 1987. -С. 86.
5. Воюцкий С.О. Курс коллоидной химии / С.О. Воюцкий. -Москва, 1964. -С. 258.

#### ДИНАМИКА рН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ НУКЛЕАЦИИ МОЧИ В НОРМЕ И У БОЛЬНЫХ МКБ

Полученные результаты в условиях *in vitro* указывают на то, что процесс дестабилизации стабильной мочи от времени ее стояния происходит вследствие изменения концентрации ионов водорода с образованием осадка. То есть, застой мочи в организме не только приводит к изменению рН мочи, но и со временем может стать одним из факторов развития мочекаменной болезни.

**Ключевые слова:** рН, нуклеация, динамика.

#### DYNAMICS OF pH IN CONNECTION TO THE TIME OF NUCLEATION OF NORMAL URINE AND URINE OF PATIENTS WITH UROLITHIASIS

The received results in the conditions of *in vitro* testify process of destabilization of stable urine (normal urine) depending on time of its stay occurs as the result of change of concentration of hydrogen ion pH with formation of sediment. Therefore, the congestion of urine in the organism not only cause the change of pH of urine but in the course of time can become one the development of urolithiasis disease.

**Key words:** time of destabilization, change of pH, turbidity, sediment.

**Сведения об авторах:** *К.Х. Хайдаров* - академик АН РТ, заведующий отделом Института химии АН РТ. Телефон: 98-711-09-56

*Х.Ш. Джураев* - кандидат химических наук, Институт питания. Телефон: 91-505-29-23

*А.А. Саидов* – доктор медицинских наук, Институт химии АН РТ. Телефон: 224-28-28  
*Х.С. Сафаров* – кандидат медицинских наук, главврач МСШ №7. Телефон: 918-59-96-09  
*С.А. Азимова* - врач акушер- гинеколог, МСР №7. Телефон: 91-903-96-56

## ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ ПРИ $25^\circ\text{C}$

*М.Т. Джумаев, Л. Солиев, Ш.Х. Авлоев*

Таджикский национальный университет,

Таджикский государственный педагогический университет им. Садриддина Айни

Знание закономерностей фазовых равновесий системы  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$  имеет не только научно-теоретическое значение, но и необходимо для создания оптимальных условий переработки природных и технических объектов, содержащих сульфаты, карбонаты и гидрокарбонаты кальция.

Как показывает анализ литературы [1] данная система не исследована. Нами она изучалась методом трансляции, который вытекает из принципа совместимости элементов строения частных составляющих и общей системы в одной диаграмме [2]. Метод трансляции предусматривает, что с увеличением компонентности системы с  $n$  до  $n+1$  элементы строения  $n$  - компонентных систем увеличивают свою размерность, трансформируются и переносятся (транслируются) на уровень  $n+1$  компонентного состава. На уровне  $n+1$  компонентного состава транслированные элементы  $n$ - компонентных систем, в соответствии со своими топологическими свойствами и правила фаз Гиббса, взаимно пересекаясь образуют элементы строения  $n+1$  компонентного уровня системы.

Применение метода трансляции для прогнозирования фазовых равновесий в многокомпонентных системах и построение их фазовых диаграмм более подробно рассмотрены в работах [3-4].

Четырёхкомпонентная система  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  включает следующие трёхкомпонентные системы:  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ ;  $\text{CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ ;  $\text{CaSO}_4\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ .

Согласно литературных данных [5], из вышеприведенных трёхкомпонентных систем только одна ( $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$ ) исследована экспериментально. Для неё обнаружена одна неинвариантная точка. Если строение экспериментально неисследованных систем ( $\text{CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  и  $\text{CaSO}_4\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ ) принять как эвтоническое, с одной неинвариантной точкой, то для вышеприведенных трёхкомпонентных систем при  $25^\circ\text{C}$  будут характерны следующие неинвариантные точки с равновесными твёрдыми фазами (табл.1).

**Таблица 1. Фазовый состав неинвариантных точек системы  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$  на уровне трёхкомпонентного состава**

Неинвариантные точки	Равновесные твёрдые фазы	Неинвариантные точки	Равновесные твёрдые фазы
Система $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-H}_2\text{O}$		Система $\text{CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$	
$E_1^3$	Гп+Сц	$E_3^3$	Сц+СаГ
Система $\text{CaSO}_4\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$			
$E_2^3$	Гп+СаГ		

В табл. 1 и далее  $E$  обозначает неинвариантную точку с верхним индексом, указывающим на кратность (компонентность) системы и нижним индексом, указывающим на

порядковый номер точки. Приняты следующие условные обозначения равновесных твёрдых фаз:

Гп – гипс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; Сц – кальцит  $\text{CaCO}_3$ ; СаГ – кальций гидрокарбонат  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Диаграмма фазовых равновесий системы  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$  на уровне трёхкомпонентного состава, в виде «развертки» трёхгранной призмы, приведена на рис. 1.

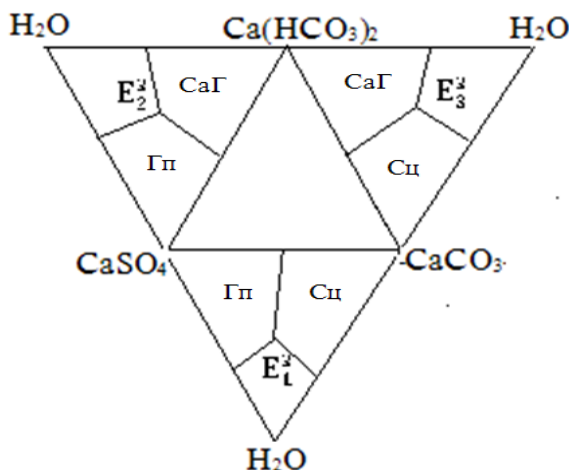
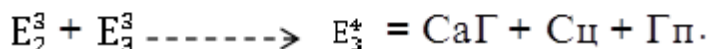
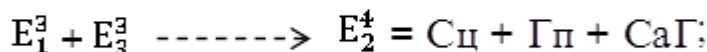
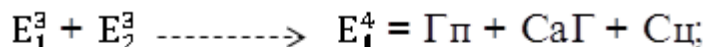
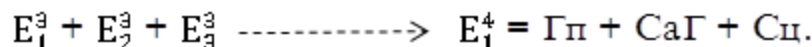


Рис. 1. Диаграмма фазовых равновесий системы  $\text{CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$  на уровне трёхкомпонентного состава.

«Сквозная» трансляция [3-4] невариантных точек уровня трёхкомпонентного состава на уровень четырёхкомпонентного состава приводит к образованию следующих четверных невариантных точек с равновесными твёрдыми фазами:



Как видно все три двухсторонние трансляции приводят к образованию четверных невариантных точек с идентичным фазовым составом осадков. Это означает, что исследуемая система характеризуется наличием одной невариантной точки которая образуется при трёхсторонней трансляции:



На рис. 2. представлена схематическая диаграмма [6] фазовых равновесий системы  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$ , построенная методом трансляции, где элементы строения системы на уровнях трёх – и четырёхкомпонентного составов, совмещены в виде их проекции на треугольнике состава.

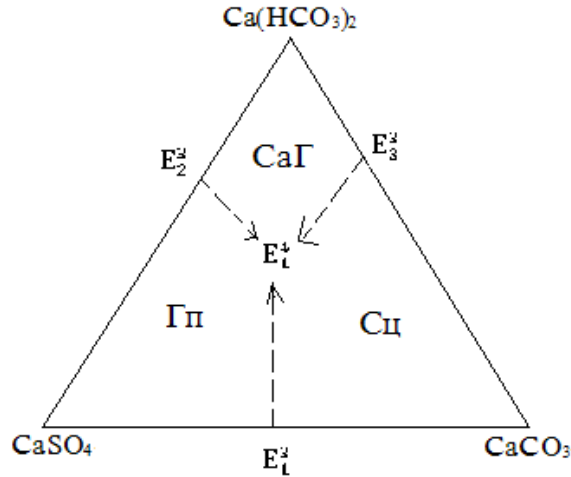


Рис. 2. Схематическая диаграмма фазовых равновесий системы  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$ , построенная методом трансляции

Как видно из рис. 2. исследуемой системе при  $25^\circ\text{C}$ , кроме одной невариантной точки, характерно также наличие 3 дивариантных полей однонасыщения и 3 моновариантных кривых двунасыщения равновесными твёрдыми фазами. Равновесные твёрдые фазы дивариантных полей указаны на рис. 2. Равновесные твёрдые моновариантных кривых идентичны по составу равновесным твёрдым фазам транслированных тройных невариантных точек (табл. 1).

В табл.2. приведены перечень и контуры дивариантных полей исследуемой системы при  $25^\circ\text{C}$ .

**Таблица 2. Равновесные твёрдые фазы и контуры дивариантных полей системы  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при  $25^\circ\text{C}$**

Равновесные твёрдые фазы полей	Контуры полей на диаграмме (рис. 2)	Равновесные твёрдые фазы полей	Контуры полей на диаграмме (рис. 2)
CaГ	$\text{Ca(HCO}_3)_2$ ————— $E_2^3$   $E_2^3$ ————— $E_1^4$	Сц	$E_1^4$ ————— $E_2^3$   $E_1^4$ ————— $\text{CaCO}_3$
Гп	$E_2^3$ ————— $E_1^4$   $\text{CaSO}_4$ ————— $E_1^4$		

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно - солевых систем.т.П., кн. 1-2. - СПб.: Химиздат, 2004. -1247 с.
2. Горошенко Я.Г. Массцентрический метод изображения многокомпонентных систем / Я.Г. Горошенко. -Киев: Наукова думка, 1982. -264 с.
3. Солиев Л. Прогнозирование строения диаграмм фазовых равновесий многокомпонентных водно-солевых систем методом трансляции / Л. Солиев. - М., 1987. -28 с. Деп. в ВИНТИ АН СССР 20.12.87г. №8990 - В87.

4. Солиев Л. Прогнозирование фазовых равновесий в многокомпонентной системе морского типа методом трансляции (книга 1) / Л. Солиев. – Душанбе: ТГПУ, 2000. -247 с.
5. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Т.1., кн. 1-2. - СПб.: Химиздат, 2003. -1151 с.
6. Солиев Л. - Журнал неорганической химии АН СССР / Л. Солиев, 1988, т.33, № 5. -С.1305-1310.

#### **ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ ПРИ 25<sup>0</sup>С**

Методом трансляции исследованы фазовые равновесия системы  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  при 25<sup>0</sup>С и впервые построена её фазовая диаграмма.

**Ключевые слова:** метод трансляции, инвариантные точки, моновариантные кривые, дивариантные поля, диаграмма, кальций, сульфат, карбонат, гидрокарбонат, фазовые равновесия.

#### **THE PHASES BALANCE SYSTEM $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ AT 25<sup>0</sup>С**

By method of compilation are investigated of phase balance of system  $\text{CaSO}_4\text{-CaCO}_3\text{-Ca(HCO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$  at 25<sup>0</sup>С and for the first time phase diagram is created.

**Key words:** method translations, invariant points, lites, divarianof field, calcium, sulphate, carbonate, hydrocarbonate, phase balances.

**Сведения об авторах:** *М.Т. Джумаев* - преподаватель лицея ТНУ. Телефон: **90 – 44-44-100**

*Л. Солиев* – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и неорганической химии ТГПУ им. С.Айни. Телефон: **236-14-82**

*Ш.Х. Авлоев* – кандидат химических наук, доцент кафедры общей и неорганической химии ТГПУ им. С.Айни. Телефон: **93-430-63-93**

### **КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ХЛОРИДОВОЗГОНКИ КОНЦЕНТРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧОРЕ**

*Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко*

**Таджикский национальный университет,  
Институт химии им. В.И. Никитина АН РТ**

Первоначальной стадией высокотемпературного хлорирования золота считается адсорбция элементарного хлора на поверхности золота, хотя температура процесса превышает температурный интервал (773–923 К), при котором не происходит адсорбция, и вообще прекращается взаимодействие золота с хлором. Адсорбция хлора на золоте при повышенных температурах происходит за счет активизации поверхности металла, обусловленной изменением поверхностной структуры при его нагревании. Нагрев золота до температуры (973–1173 К) не приводит к значительному изменению поверхности металла. При более высокой температуре (1173–1373 К) поверхность золота приобретает сильно развитую зернистую и почковатую структуру. Такая поверхностная модификация структуры золота значительно повышает его каталитическую активность. Напротив, катализирующее действие золота проявляется в меньшей степени при температурах 973–1173 К. таким образом, область температур хлорирования золота (973-1173 К) относится к менее катализируемой, а область более высоких температур (1173–1373 К) – к сильно катализируемой [1,2].

Нами был исследован процесс хлоридовозгонки золотомышьяксодержащих концентратов месторождения Чоре с применением хлоридов натрия и кальция.

При хлоридовозгонке золота в кипящем слое образующееся хлорное золото удаляется из печи вместе с газовой фазой (воздух), вводимой в реакционное пространство. В дальнейшем парс-газовая фаза поступает на конденсацию в мокрые скруббера конденсаторы.

При улавливании хлорида золота оно восстанавливается до металла хлористым железом, содержащимся в газовой фазе, и выпадает в осадок в виде шлама. Это дает возможность отделить извлеченное золото от других хлоридов, которые находятся в растворе. Растворы хлоридов хорошо отстаиваются и фильтруются, что имеет важное значение при операциях гидрометаллургической переработки хлоридных возгонов. Гидрометаллургическая схема переработки хлоридных возгонов позволяет регенерировать до 75% хлора в виде раствора хлористого натрия, снова поступающего в голову процесса – в узел приготовления шихты. Это в значительной мере обеспечивает экономичность данного метода.

Хлоридовозгонка концентрата проводилась в противнях в интервалах температур от 600 до 1000<sup>0</sup>С при продолжительности процесса от 1 до 3 часов.

Навеска концентрата 25г тщательно перемешивалась с расчетным количеством хлористого натрия и высыпалась в противень. Противни с шихтой помещались в электрическую муфельную печь типа CARBOLITE. Для поддержания окислительной атмосферы дверца муфельной печи периодически открывалась. После окончания опыта противень вынимался из печи и охлаждался. Хвосты хлоридовозгонки взвешивались и поступали на химический анализ.

Хлорирование проводили в окислительной атмосфере. Количество воздуха измеряли реометром и поддерживали на одном уровне –6 м<sup>3</sup>/ч. Принятая скорость подачи воздуха, оптимальная для разложения хлоридов натрия и кальция, была установлено специальными предварительными опытами.

Опыты по хлоридовозгонке проведены с шихтой, содержащей: золота 58,20–64,97 г/т, с навесками материала 26-30г (концентрат 25г, хлористый натрий 2-5г) при температурах 600, 700, 800, 900, 1000<sup>0</sup>С в течение 0,5, 1, 2 и 3 часов (табл.1).

Результаты опытов показывают, что при температуре 600<sup>0</sup>С извлекается 61,8% золота. С повышением температуры процесса до 900–1000<sup>0</sup>С извлечение золота резко увеличивается и составляет 91,5–96,5%. При температуре 1000<sup>0</sup>С увеличение продолжительности процесса до 2-х и более часов не влияет на извлечение золота и составляет 95,6%, в хвостах остается золота в пересчете 3,3г/т.

**Таблица 1. Извлечение золота при хлоридовозгонке Чоринского концентрата**

№ Опыта	Шихты		Загру зка	Содержани е золота в исходном	Получено хвосты содержание		Извлечение, Au %	°С	Длительн ость мин.
	к-т	CaCl <sub>2</sub>			Выход	Au			
	гр.	гр.					гр.		
1	25	4	29	58,20	23,2	27,81	61,77	600	60
2	25	4	29	58,20	22,0	19,77	74,20	700	60
3	25	4	29	58,20	21,5	12,51	84,07	800	60
4	25	4	29	58,20	21,8	6,605	91,48	900	60
5	25	4	29	58,20	20,2	5,74	96,48	1000	60
6	25	4	29	58,20	26,0	18,42	71,62	1000	30
7	25	4	29	58,20	23,0	7,78	89,39	1000	60
8	25	4	29	58,20	21,1	5,50	93,13	1000	90
9	25	4	29	58,20	22,3	3,32	95,62	1000	120
10	25	4	29	58,20	21,4	3,64	95,38	1000	150
11	25	1	26	64,98	23,4	35,77	50,44	1000	60
12	25	2	27	62,47	22,2	23,65	68,88	1000	60
13	25	3	28	60,31	21,8	12,15	84,31	1000	60

14	25	4	29	58,20	22,2	3,29	95,67	1000	60
15	25	5	30	55,83	21,5	3,02	96,12	1000	60

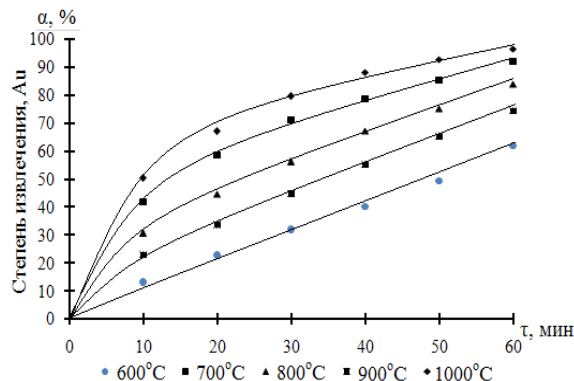


Рис.1. Зависимость степени извлечения золота от времени при различных температурах процесса хлоридовозгонки.

На рис.1. представлены экспериментальные данные зависимости степени извлечения золота от времени при различных температурах хлоридовозгонки.

Как видно из рис.1, кинетические кривые до 700<sup>0</sup>С имеют практически прямолинейный характер, а при 700–1000<sup>0</sup>С вначале прямолинейный, затем – параболический характер.

Эти кинетические кривые хорошо описываются уравнением первого порядка:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = k(1 - \alpha), \quad (1)$$

где:  $\alpha$  – степень извлечения золота;

$\tau$  – время, мин;

$k$  – константа скорости реакции, мин<sup>-1</sup>.

После математических преобразований уравнение (1) может быть представлено в виде:

$$\lg \frac{1}{(1 - \alpha)} = \frac{k\tau}{2.303} \quad (2)$$

На графике зависимости  $\lg \frac{1}{(1 - \alpha)}$  от времени (рис.2.а) полученные прямые имеют отрицательный наклон, равный  $k/2.303$ . Исходя из этого, обработкой этих кривых были рассчитаны значения констант скоростей в исследуемом интервале температур.

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывается уравнением Аррениуса:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$$

или:

$$\lg k = \lg k_0 - \frac{E}{2.303RT}, \quad (2)$$

где:  $k$  – константа скорости реакции;

$k_0$  – предэкспоненциальный множитель;

$E$  – кажущаяся энергия активации, кДж/моль;

$R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·град;

$T$  – абсолютная температура, К.

На графике зависимости  $\lg k$  от  $1/T$  (рис.2.б) почти все экспериментальные точки хорошо укладываются на прямую линию, по тангенсу угла наклона которой была определена эмпирическая энергия активации. Величина рассчитанной энергии активации (78,107 кДж/моль) свидетельствует о протекании процесса в кинетической области. Таким образом, можно сказать, что процесс высокотемпературного хлорирования золота хлоридами натрия, кальция протекает при более высокой температуре.

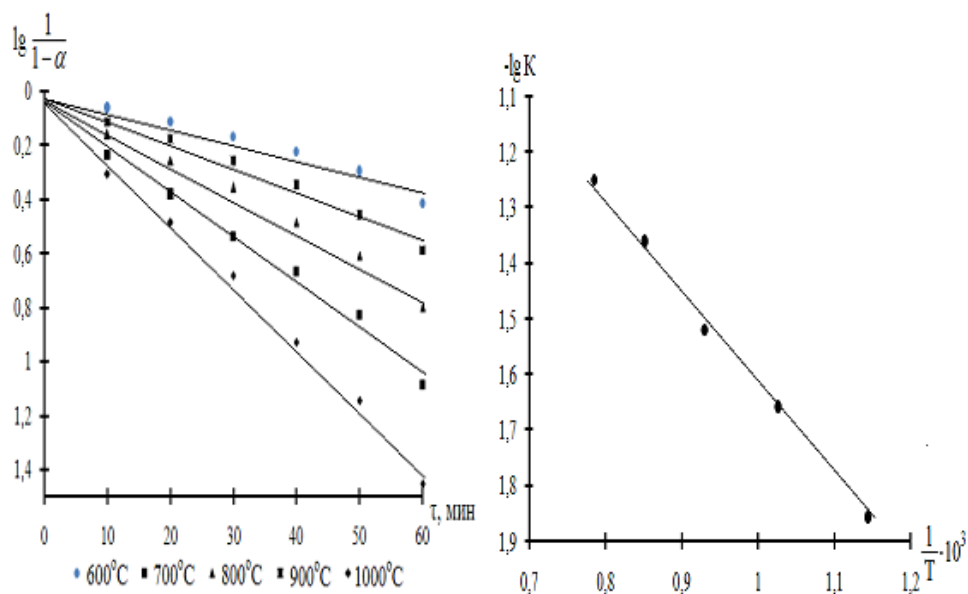


Рис. 2. Зависимости: а)  $\lg \frac{1}{1-\alpha}$  от времени, б)  $\lg k$  от обратной абсолютной температуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Котляр Ю.А. Металлургия благородных металлов / Ю.А. Котляр, М.А. Меретуков, Л.С. Стрижко. -М.: «МИСИС» ИД «Руда и металлы», 2005. кн.2. -392с.
2. Зырянов М.Н. О кинетике высокотемпературного хлорирования золота газообразным хлором и хлоридами солей / М.Н. Зырянов, Г.И. Батанова. Цветная металлургия, 1987.- №6. -С. 70–73.

#### КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ХЛОРИДОВОЗГОНКИ КОНЦЕНТРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧОРЕ

Представлены результаты исследований по кинетике хлоридовозгонки концентратов месторождения Чоре. Вычисленное рассчитанной энергии активации (78,107 кДж/моль) свидетельствует о протекании процесса в кинетической области.

**Ключевые слова:** кинетика, температура, энергия активации хлоридовозгонка концентратов, золотосодержащие руды, извлечение, месторождение.

#### KINETIK OF THE PROCESS CHLORIDE SUBLIMATION OF CHORE'S DEPOSIT CONCENTRATE.

The results of the studies on kinetics chloride sublimation process of Chore's deposit concentrates are presented. Computable calculated energy of activation (78,107 кДж/моль) is indicative of process in kinetic area.

**Key words:** kinetik, temperature, energy of activation, chloride sublimation of concentrates, gold containing ores, extraction, deposit.

**Сведения об авторах:** *Ш.Р. Самихов* - доцент кафедры ВМС и ХТ химического факультета Таджикского национального университета. Телефон: **48-700-66-72**

*З.А. Зипченко* - д.т.н., зав. лабораторией «Обогащение руд» Института химии им. В.И. Никитина АН РТ. Телефон: **918-65-05-15**



# РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ В ГИССАРСКОЙ ДОЛИНЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ПЛАТАНА ВОСТОЧНОГО (*Platanus orientalis L.*)

*Дж.М. Бобокалонов, Г.Н. Эргашева, А.Р.Ишбирдин*  
Таджикский национальный университет  
Башкирский государственный университет

**Актуальность.** Оценка качества среды становится важной задачей охраны природы и обеспечения экологической безопасности. Основными источниками загрязнения в условиях Гиссарской долины являются промышленные предприятия и автомобильный транспорт. Одним из перспективных подходов для характеристики качества среды является оценка состояние живых организмов по показателям стабильности развития, например, по уровню флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур [1].

Флуктуирующая асимметрия (ФА) представляет собой незначительные ненаправленные различия между признаками правой и левой сторон билатеральных морфологических структур и является результатом ошибок в ходе индивидуального развития организма под нарушающим воздействием внешней среды [2]. При нормальном состоянии окружающей среды их уровень минимален, при возрастающем негативном воздействии увеличивается, что ведет к повышению асимметрии [3,4]. Показатель (ФА) позволяет фиксировать даже незначительные отклонения параметров среды, еще не проводящие к существенному снижению жизнеспособности особи [5].

Древесные растения выполняют важнейшие средообразующие и средозащитные функции, связанные с выделением кислорода и фитонцидов, ионизацией воздуха и формированием своеобразного микроклимата. Насаждения, произрастающие на урбанизированных территориях, испытывают на себе постоянное отрицательное влияние техногенного загрязнения [6]. Поэтому с каждым годом все большее значение приобретает проблема изучения жизнедеятельности древесных растений в городских условиях, в том числе использования их в качестве биоиндикаторов состояния среды.

Целью исследований было оценить эффективность методики оценки качества среды по показателям ФА в Гиссарской долине на примере листьев платана восточного.

**Географическая характеристика Гиссарской долины.** С севера Гиссарская долина ограничена Гиссарским хребтом высотой более 4000 м над уровнем моря [7]. С юга окаймлена хребтами Боботаг, Актау, Рангентау, Каратау, которые достигают высоты 1400-1700 м над ур.м. С востока Каратегинским хребтом 3500-4000 м над ур.м. На западе Гиссарской долины находится продолжение в Сурхандаринскую долину находящуюся на территории Республики Узбекистан.

Климат района резко-континентальный, лето жаркое и сухое, осадки в это время почти прекращаются, их выпадает за несколько месяцев до 40 мм или около 6% от суммы годового количества. Температура в летние месяцы поднимается до 40 градусов и более. Влажность воздуха становится предельно низкой. Зима короткая, дождливая и тёплая, но иногда температура понижается до -27 градусов и более. Осадков за зимние месяцы выпадает около 400 мм.

Почвы в естественном состоянии представлены неразвитыми сильнокаменистыми разновидностями серозёмов.

**Материалы и методы.** Выбор объекта для биоиндикации определялся тем, что платан восточный является на исследуемой территории широко распространенным фоновым видом и обладает относительно высокой устойчивостью к загрязнению среды.

Платан восточный (чинар) (*Platanus orientalis* L), дерево семейства платановые (*Platanaceae*). Мощное дерево до 50 м высоты, имеет мощную, широкоокруглую, цилиндрическую, куполообразную или шаровидную крону более 30 м в диаметре. Обычно одноствольное дерево, реже с несколькими стволами с общим основанием. Листья очередные, пальчато-лопастные (15 x 18 см), опадающие на зиму или частично остающиеся при благоприятных условиях развития. Развертывание новых листьев совпадает с периодом цветения.

Сбор материала проводился по методике оценки состояния организмов по показателям нарушения стабильности развития. На территории Гиссарской долины отобраны пробы листьев платана восточного в 17 точках с различной техногенной нагрузкой. Всего с каждой точки было отобрано по 30 листьев с 5 деревьев – всего 150 листьев.

Расположение пробных площадок (ПП) представлено на рис. 1. ПП располагаются в зонах транспортного, промышленного загрязнения разной интенсивности.

1. Душанбе, Заравшон (102 м-рн) – Район Сино. Точка отбора пробы расположена у дороги, в непосредственной близости промышленных предприятий нет. Интенсивное, почти круглосуточное движение автотранспорта.

2. Душанбе, 9 км – район Шох-Мансур. Восток г. Душанбе. Эта ПП находится на расстоянии 1 км от магистрали Душанбе-Вахдат. Рядом с точкой отбора проб промышленных предприятий нет.

3. Душанбе, Цементный завод – район Исмоила Сомони. ПП расположена в 100 м от цементного завода и в 200 м от магистрали Душанбе-Чанак.

4. Душанбе, ТЭЦ – район Фирдавси. ПП расположена в 100 м от ТЭЦ и в 400 м от реки Душанбинка.

5. Душанбе, базар Султони-Кабир – район Фирдавси. Вокруг базара промышленных предприятий нет. Интенсивное транспортное загрязнение - вблизи располагается базар строительных материалов.

6. Душанбе, Лучоб – район Сино. Посёлок Лучоб расположен на северо-западе г. Душанбе в 2000 м от Цементного завода и в 100 м от реки Душанбинка. Высота ПП на 100 м выше по сравнению с другими ПП в г. Душанбе.

7. Шахринав, Джамоат Чептура. Шахринавский район расположен на западе Гиссарской долины. Точка отбора проб находится в 100 м от реки Каратаг и в 15 км от Аллюминиевого завода. Рядом магистраль Душанбе-Турсунзоде с интенсивным движением автотранспорта.

8. Турсунзоде, ул.Турсунзоде. Город Турсунзоде расположена на западе Гиссарской долины. ПП находится в центре горда Турсунзоде, в 3 км к югу от Аллюминиевого завода. В дневное время интенсивное движение автотранспорта.

9. Турсунзоде, 3 км к востоку от аллюминиевого завода. Рядом автомагистраль Душанбе-Турсунзоде с интенсивным круглосуточным движением.

10. Турсунзоде, аллюминиевый завод. ПП расположена в непосредственной близости к югу от аллюминиевого завода и в 3 км от центра города Турсунзоде.

11. Турсунзоде, Джамоат Батош. ПП расположена на востоке г. Турсунзоде на расстоянии 9 км от Аллюминиевого завода и в 3 км от р. Каратаг. До автомагистрали в 400 м

12. Турсунзоде, Джамоат Дусти. ПП расположена на северо-западе от г. Турсунзоде в 5 км от Аллюминиевого завода и в 200 м от магистрали Душанбе-Турсунзоде.

13. Вахдат, ул. Пурдона (Бозори боло). Город Вахдат расположен на восточной стороне Гиссарской долины ближе к Каратегинскому хребту. Точка отбора проб находится в 1,5 км от центра г. Вахдат у магистрали Вахдат-Файзабад. Интенсивное движение автотранспорта, вблизи ПП промышленных предприятий нет.

14. Вахдат, Центр (керосинка). ПП расположена в центре города в 1,5 км от магистрали Вахдат-Файзабад. В непосредственной близости промышленных предприятий нет. Движение автотранспорта не интенсивное.

15. Гиссар, центр. ПП находится в центре г. Гиссара. В 150 м от ПП имеются промышленные предприятия, в 100 м расположен большой Гиссарский канал (БГК) через который осуществляется круглосуточная переправа грузовых и легковых автомобилей. В 50 м от ПП проходит железная дорога, а в 1000 м расположен железнодорожный вокзал.

16. Алмосы, Искич. Эта ПП расположена на севере от г. Гиссар. Вблизи от ПП промышленных предприятий и населённых пунктов нет. Вокруг много виноградных садов, в 30 м от точки отбора проб проходит дорога в кишлак, по которой интенсивного движения транспорта не отмечается.

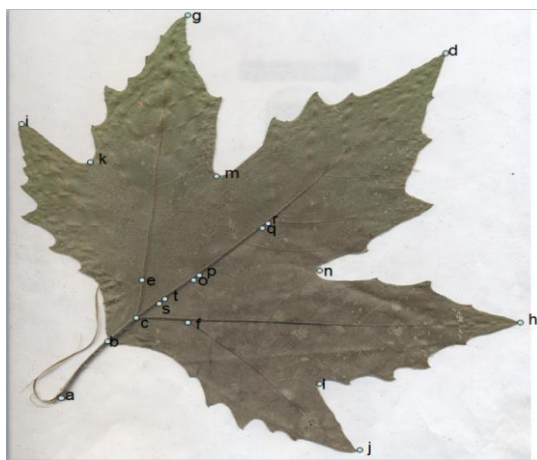
17. Алмосы, Кипчак. Эта точка расположена на севере г. Гиссара, в 15 км. Вблизи от точки отбора проб промышленных предприятий нет, но имеется большое количество населенных пунктов. В непосредственной близости дорога, по которой не отмечено интенсивного движения автотранспорта.

Исследован материал с деревьев, расположенных на расстоянии от 10 до 200 м от проезжей части и промышленных предприятий, а также удаленных от источников загрязнения.

Для оценки величин ФА, согласно существующим методикам, исследованы билатеральные признаки удобные для учёта и дающие возможность однозначной оценки.



Рис. 1. Схема расположения пробных площадок Гиссарской долины.



Измерения проводили с точностью, которая достигается используемой программой Adobe Photoshop CS5. На рис.2 представлена схема измерения параметров листовой пластинки.

Рис. 2. Измеряемые параметры листовой пластинки *Platanus orientalis*.

Примечание: 1 – расстояние от основания боковой жилки первого порядка до основания боковой жилки второго порядка (центральной жилки нижней лопасти – се, cf); 2 – длина центральной жилки нижней лопасти (ei, fi); 3 – длина центральной жилки средней лопасти (cg, ch); 4 – расстояние от выемки между нижней и средней лопастями до центральной жилки (ko, lp); 5 – расстояние

от выемки между средней и центральной лопастями до центральной жилки (mq, nr); 6 – расстояние от основания центральной жилки нижней лопасти до центральной жилки (es, ft); 7 – углы esо, fсо; 8 – углы ieg, jfh.

Для оценки качества среды разработана аналогичная предлагаемым в общепринятых методиках (4) балльная шкала, характеризующая уровень загрязнения территории на основе показателя ФА.

Установление границ градаций шкалы для оценки качества среды (табл. 1) проводилось равномерным делением на пять частей интервала  $m \pm 1,96 S$  (где  $m$  – среднее значение ФА по всем учитываемым признакам,  $S$  – стандартное отклонение).

Статистическая обработка данных проведена с использованием программы STATISTICA 6.0.

В таблице 2 приведены результаты оценки качества среды в Гиссарской долине. Приводятся основные источники загрязнения среды и ее интенсивность по экспертным оценкам, а также оценка качества среды по показателю ФА.

**Таблица 1. Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для платана восточного (*Platanus orientalis* L.)**

Балл	Величина показателя ФА	Характеристика
<b>I</b>	<0,065	Условно нормальное
<b>II</b>	0,065 -0,080	Начальные (незначительные) отклонения от нормы
<b>III</b>	0,081 - 0,095	Средний уровень отклонения от нормы
<b>IV</b>	0,096 - 0,110	Существенные (значительные) отклонения от нормы
<b>V</b>	>0,110	Критическое состояние

**Таблица 2. Оценка качества среды в Гиссарской долине**

№	Пункты отбора проб	Значения ФА	Качество среды	Источники загрязнения	Интенсивность загрязнения, примечания	
1.	Душанбе	Заравшон	0,097	IV. знач. отклонения от нормы	автотранспорт	сильное, круглосуточное
2.		9 км	0,068	II. незнач. отклонения от нормы	автотранспорт	слабое
3.		Цем. завод	0,123	V. критическое состояние	цементный завод	сильное
4.		ТЭЦ	0,083	III. ср. уровень откл. от нормы	ТЭЦ	среднее
5.		Султони-Кабир	0,095	III. ср. уровень откл. от нормы	автотранспорт	сильное, в дневное время
6.		Лучоб	0,105	IV. знач. отклонения от нормы	отсутствуют	превышение высоты точки отбора проб на 100м
7.	Шахринав	Центр	0,117	V. критическое состояние	автотранспорт	сильное, круглосуточное
8.	Турсун-зоде	Центр	0,075	II. незнач. отклонения от нормы	автотранспорт	сильное, в дневное время
9.		3 км от ал. завода ал. завод	0,059	I. условно нормальное	автотранспорт	сильное, круглосуточное

10.		Ал.завод	0,099	IV. знач. отклонения от нормы	алюминиевый завод	сильное
11.		Батош	0,078	II. незнач. отклонения от нормы	отсутствуют	
12.		Дусти	0,061	I. условно нормальное	отсутствуют	
13.	Вахдат	Базар	0,073	II. незнач. отклонения от нормы	автотранспорт	сильное, в дневное время
14.		центр	0,072	II. незнач. отклонения от нормы	отсутствуют	
15.	Гиссар	центр	0,109	IV. знач. отклонения от нормы	транспортное	сильное
16.	Алмосы	Искич	0,092	III. ср. уровень откл. от нормы	отсутствуют	
17.		Кипчак	0,086	III. ср. уровень откл. от нормы	отсутствуют	

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. В целом, интенсивность загрязнения среды выше в крупных городах.
2. Критическое состояние среды отмечено в непосредственной близости от промышленных предприятий (цементный завод, Душанбе) и автомагистралей с интенсивным круглосуточным движением (автомагистраль Душанбе-Турсунзоде).
3. Уровень ФА определяется не только интенсивностью загрязнения, но и географическим положением и высотой над уровнем моря (превышение уровня ФА от ожидаемой в точках 6, 16 и 17).

Требуют дополнительного исследования факты не соответствия интенсивности загрязнения и уровня ФА (низкие значения ФА в условиях интенсивного загрязнения в точках 9 и 13), не укладывающиеся в гипотезу о прямой зависимости этих показателей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по выполнению качества среды по состоянию живых существ. -М., 2009. – 25 с.
2. Ибрагимова Э.Э. Влияние техногенного химического загрязнения на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Armeniaca vulgaris* L.: учен.записки Таврического нац.университета им. В.И.Вернадского. Сер. «Биология. Химия» / Э.Э. Ибрагимова. -Т.23(62), №3, 2010. – С.62-67.
3. Струнников В.А. Реализационная изменчивость у тутового шелкопряда. проблемы генетики и теории эволюции / В.А. Струнников, И.М. Вышинский. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 99-114.
4. Захаров В.М. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили. – М.: Центр экологической политики России, 2001. – 148 с.
5. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга / К.С. Бурдин. – М., Изд. МГУ, 1985. – 158 с.
6. Качества урбаноcреды г.Кирова на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) / Л.С. Савинцева [и др.]. // Вестн. Удмурдского ун-та. Сер. «Биология. Науки о земле». Вып.2, 2012. – С.31-37.
7. Григорьев А.А. Классификация климатов СССР / А.А. Григорьев, М.И. Бутыко. –Изв. АН СССР, сер.география, 1959. №3.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ В ГИССАРСКОЙ ДОЛИНЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ПЛАТАНА ВОСТОЧНОГО (*Platanus orientalis* L.)

Изучена возможность использования флуктуирующей асимметрии (ФА) листьев *Platanus orientalis* L. при оценки качества среды в Гиссарской долины (Таджикистан). Показано влияние антропогенного загрязнения на формирование морфологических структур листовой пластинки и ставится задача дальнейшего исследования выбранного объекта.

**Ключевые слова:** флуктуирующая асимметрия, Гиссарская долина, листовая пластинка, платан восточный, *Platanus orientalis*.

**THE RESULTS OF EVALUATION OF ENVIRONMENTAL QUALITY IN HISSAR VALLEY,  
ACCORDING TO THE ANALYSIS OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF THE LEAF BLADE ORIENTAL  
PLANE TREE (*Platanus Orientalis* L.)**

The possibility of using fluctuating asymmetry (FA) leaves *Platanus orientalis* L., when assessing the quality of the environment in the Hissar Valley (Tajikistan). Showing the influence of anthropogenic pollution on the formation of morphological structures of the leaf blade and seeks to further.

**Key words:** fluctuating asymmetry, Hissar valley, lamina, oriental plane tree, *Platanus orientalis*.

**Сведения об авторах:** *Дж.М. Бобокалонов* – ассистент кафедры ботаники ТНУ. Телефон: **918-59-90-56** E-mail: **bobokalonov/1986@mail.ru**

*Г.Н. Эргашева* – доцент кафедры ботаники ТНУ. E-mail: **[gala2867@mail.ru](mailto:gala2867@mail.ru)**

*А.Р. Ишбирдин* – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники Башкирского государственного университета. Телефон: **8(347) 273-66-34**. E-mail: **[ishbirdin@mail.ru](mailto:ishbirdin@mail.ru)**

**РОЛЬ МЕДИОДОРСАЛЬНОЙ КОРЫ ПЕРЕДНЕГО МОЗГА В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ  
СЛОЖНЫХ ФОРМ ПОВЕДЕНИЯ У РЕПТИЛИЙ**

*П.Дж. Мусоева, М.Б. Устоев*  
**Таджикский национальный университет**

Несмотря на то, что в настоящее время существуют многочисленные работы посвященные анализу у рептилий врожденных поведенческих актов и форм поведения приобретенных в результате обучения [1,2,4,7,]. также существуют данные исследования о роли некоторых отделов конечного мозга на поведении многих видов рептилий. [5,3,6,8,]. Данные о роли наиболее дифференцированной структуре организации переднего мозга рептилий, гиппокампальной у ящериц и общей коры у черепаха, которые активно участвуют во многих поведенческих актах в различных физиологических состояниях немногочисленны.

Целью данного исследования является изучение роли медиодорсальной коры черепаха в осуществлении сложных форм нервной деятельности.

Эксперименты проводились в условиях хронических опытов на свободно передвигающихся животных по условно-рефлекторной пищевой методике на 18-черепахах на базе кафедры физиологии человека и животных ТНУ.

Животных отлавливали в апреле – мае. В лаборатории они содержались в специальной комнате. Прежде чем приступить к опытам животные в течение 20-25 дней обучались в экспериментальной камере, за этот период у животных угасали ориентировочные рефлексы на звуковые и световые раздражители, ежедневно принимая по 12-20 сочетаний, без подкрепления.

После того, как животные привыкали к условиям камеры, начали проводить эксперименты. Опыты проводились в фанерной камере, размером 80x50x40 в которой животные могли свободно передвигаться. Камера была разделена на две части. Место нахождения животных - стартовый отсек, место проведения экспериментов - рабочий отсек. Слева и справа от камеры были вмонтированы лампочки служащие как условный сигнал. В качестве безусловного сигнала использовались пища, лист подорожника, капуста или клевер. Животные были разделены на три группы, в трех сериях у опытов интактные с односторонним и двусторонним удалением медиодорсальной коры. Удаление

медииодорсальной коры проводилось в полустерильных условиях под нембуталовым наркозом из расчета 40мг/кг массы внутрибрюшинно. У наркотизированных животных произвели трепанацию черепа, удалили твердую мозговую оболочку при помощи глазных ножниц мягкой хирургической ложкой. Эксперименты возобновляли на 3-5 суток после операции.

Были проведены три серии экспериментов. Первая контрольная проводилась на 6-интактных животных. Опыты показали, что на место зажигания правой лампочки у всех животных положительный условный рефлекс начал проявляться на второй день после  $15 \pm 0,3$  и укрепился после  $35,5 \pm 2,0$  сочетаний. Латентный период (ЛП) двигательных реакций в среднем составлял  $35,0 \pm 0,3$  сек. время подхода к кормушке колебалось от 58 до 90 в среднем ( $73,1 \pm 0,5$ ) сек.

Дифференцировка места зажигания левой лампочки проявлялась после  $15,0 \pm 0,9$  его применения без пищевого подкрепления и укрепилась после  $38,0 \pm 1,1$  процент осуществления правильного ответа в среднем составлял  $89,0 \pm 0,8\%$ . На 20-25-ый опытный день все черепахи при зажигании правой лампочки подходили к кормушке, при зажигании левой лампочки они оставались лежать в исходном месте (рис. 1).

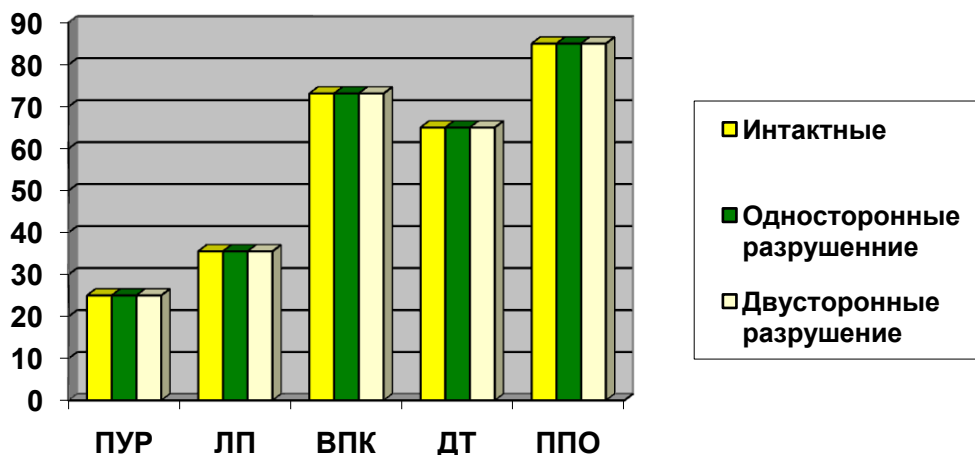


Рис. 1. Условное обозначение: ПУР –положительный условный рефлекс; ЛП – латентный период; ВПК – время подхода к кормушке; ДТ. - дифференцировочное торможение; ППО. – процент правильного ответа

После закрепления положительного и отрицательного условного рефлекса произвели переделку сигнального значения. При этом бывший положительный сигнал правая лампочка стал применяться без пищевого подкрепления, а бывший отрицательный, левая лампочка стал сочетаться с показом и подачей пищи. Переделка условного значения раздражителей у всех черепах происходит по одной схеме, с различной скоростью.

При первой переделке почти у всех животных, в основном, сохраняются старые отношения к раздражителем, в последующие дни наблюдается положительная реакция на оба раздражителя, и только постепенно меняется реакция на них. При этом наблюдалась следующая закономерность быстрее происходило изменение значения отрицательного сигнала на положительный, чем наоборот. Изменение положительного значения сигнала на отрицательное было более трудной задачей для животных. Кроме того, для превращения отрицательного сигнала в положительный, как правило, требовалось меньше сочетаний, чем для первичной выработки положительного условного рефлекса на индифферентный раздражитель. Эта закономерность отчетливее проявлялась в числе проб, необходимых для

первого появления условных реакций, чем для их закрепления. У черепах изменение значения отрицательного сигнала на положительный проявилось через  $16,1 \pm 1,0$  сочетаний и окончательно закрепилось после  $20,1 \pm 1,5$  проб. Переделка значения положительного раздражителя на отрицательный начала проявляться после  $24,1 \pm 1,6$  и закрепилось после  $60,0 \pm 1,0$  применения условного сигнала без пищевого подкрепления).

Первая переделка проводилась с тем, чтобы выявить наличие или отсутствие у них тренировки этого навыка, как видно из рисунка (2) изменение значения отрицательного сигнала на положительный потребовало меньше проб при первой переделке 15-40. Такая закономерность видна и при переделке положительного сигнала на отрицательный, при первой переделке  $24,1 \pm 1,6$  при второй  $6,0 \pm 2,0$  попытка образования третьей переделки количество сочетаний начало возрастать, у них наблюдается

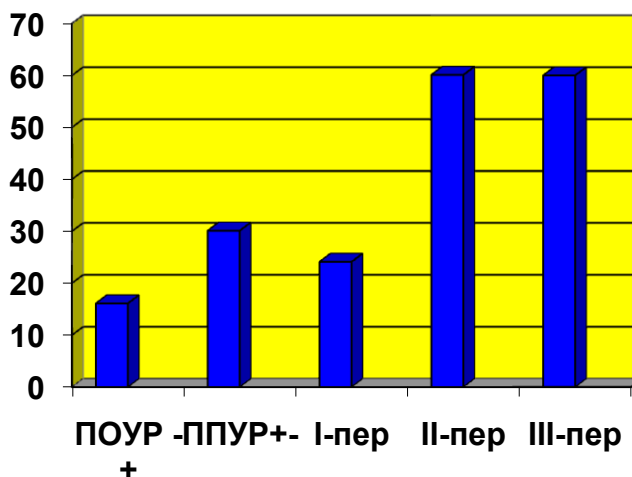


Рис 2. Условное обозначение: ПОУР -+ переделка отрицательного условного раздражителя на положительный. ППУР +- переделка положительного условного раздражителя на отрицательный. I – первая переделка; II – вторая переделка; III- третья переделка

и появление невротических состояний в виду отказа животных от пищи. Для восстановления нормальной работоспособности животным потребовался перерыв.

В третье серии экспериментов для выяснения роли медиодорсальной коры у животных произвели двустороннее удаление этой коры. После удаления в течении 3-5 дней оперированных животных наблюдался процесс нормализации двигательной активности. Животные с двусторонним удалением этой коры становятся беспомощными нарушается ориентация пространства. Место нахождения кормушки, а также условные сигналы.

Положительный условный рефлекс на месте зажигания правой лампочки у оперированных животных вырабатывался с меньшей скоростью он начинал появляться на пятый опытный день после  $55,1 \pm 1,0$  и закрепился после  $65,1 \pm 1,3$  предъявлений.

Следует отметить, что у животных с двусторонним удалением наблюдается более замедленная реакция по сравнению с односторонними. Латентный период (ЛП) в среднем составлял  $58,1 \pm 1,5$ с. Время подхода к кормушке удлинилось и составляло в среднем  $95,0 \pm 3,0$  с. В первую очередь это связано со слабой реакцией животных, они становились малоподвижными, сонливыми, не доходя до кормушек, делают много беспорядочных движений и не сразу находят нужную кормушку. Процесс стабилизации времени подхода к



кормушке намного удлиняется, чем у интактных животных и с односторонним удалением медиодорсальной коры (рис. 3).

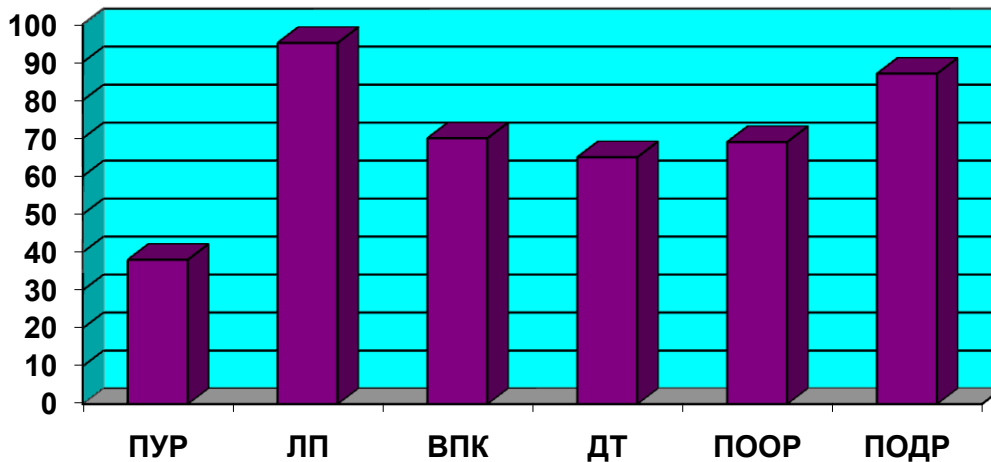


Рис. 3. Условное обозначение: ПУР –положительный условный рефлекс; ЛП – латентный период; ВПК – время подхода к кормушке; ДТ - дифференцировочное торможение; ПООР. – процент ответа с одностороннего разрушения; ПОДР - процент ответа с двустороннего разрушения

При включении дифференцировки зажигания левой лампочки наблюдается большая разница в ее проявлении по сравнению с односторонним удалением медиодорсальной коры. Она начала проявляться после  $38,0 \pm 1,0$  укреплялась после  $955,1 \pm 1,0$  проб и к этому времени дифференцировка достигает прочности. Это зависит от объема разрушения медиодорсальной коры. У всех подопытных животных мы не смогли образовать сравнительно одинаковую дифференцировку. Показано, что у животных № 1, 5, 7, 9 с двусторонним удалением и большим объемом разрушения дифференцировочное торможение достигало 50-60% при 80-90 проб применения раздражителя. Вместе с тем у черепах 2, 5, 7, 10 с односторонним удалением и с меньшим объемом разрушения медиодорсальной коры дифференцировочное торможение достигает 70-75% критерия выработки после её применения без подкрепления.

Осуществить переделку сигнального значения раздражителей у некоторых черепах с двусторонним удалением медиодорсальной коры удалось. Но, с меньшей скоростью в то время, как у животных с односторонним удалением возможности выработки переделки значения отрицательного сигнала на положительный к концу 8-10 дней опыта.

Что касается образования переделки значения положительного сигнала на отрицательный у них не была достигнута. При этом реакция животных становилась хаотичной, они проползали мимо кормушки или над ней. У них наблюдается легкая стадия невроза. Для восстановления нормальной работоспособности животным потребовались 3-5 дней перерыва в работе.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Изложенные данные свидетельствуют о том, что у интактных черепах можно образовать положительные условные рефлексы с 85-90% критерием проявления. Дифференцировочное торможение образуется, но не достигает 70-75%. опыты с усложнением выработки условных рефлексов переделки сигнальных значений места расположения положительных условных раздражителей показали, что у интактных черепах можно образовать до 2-х переделок сигнальных значений. Образование третьей переделки является для них трудной задачей и требует больших количеств сочетаний. Образование 4-ой переделки приведет к срыву высшей нервной деятельности.

Двустороннее удаление медиадорсальной коры показало, что у животных происходит определенное изменение в поведенческой деятельности, они становятся вялыми, малоподвижными, не реагируют на различные положительные и отрицательные сигналы, при этом у них наблюдается потеря ориентировочной реакции на экспериментатора. Нормальная работоспособность животных проявляется на 10-12 день после операции.

Следует отметить, что нарушение поведения животных зависело от объема удаления гиппокампа. Чем больше объем удаления, тем хуже вырабатывается дифференцировочное торможение.

Аналогичное явление наблюдали в своих исследованиях на ящерицах. Ивазов[3], Ахмедова[1]. Отчетливое влияние медиадорсальной коры было выявлено при проведении переделки сигнальных раздражителей. Показано, что у животных с большим объемом удаления медиадорсальной коры невозможно образование условных рефлексов переделки сигнальных значений, они быстро впадали в состояние невроза. В то время как у животных с меньшим объемом разрушения это явление отчетливо проявляется.

Таким образом, на основании полученных данных можно заключить, что у интактных черепах можно образовать различные формы положительных условных рефлексов и процессов внутреннего торможения.

У интактных животных можно образовать до двух устойчивых переделок условных сигналов. Попытка образования третьей и четвертой переделки приводит к срыву высшей нервной деятельности.

У животных с удалением медиодорсальной коры значительное нарушение наблюдается в образовании как положительных, так и отрицательных условных рефлексов. У оперированных животных невозможно образование переделок условных сигналов, а также наблюдается потеря ориентации в пространстве. Показано, что медиодорсальная кора играет важную роль в сложных формах поведения, как дифференцировочного, и в переделке сигнальных значений условных раздражителей и в пространственно расположенных предметах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедова Л. Роль гиппокампа в условно-рефлекторной деятельности рептилий и млекопитающих / Л. Ахмедова, 1998. -35с.
2. Ивазов Н.И. Роль гиппокампальной коры и дорсального вентрикулярного края в условно-рефлекторной деятельности ящериц, желтопузиков / Н.И. Ивазов // Журн. высш. нерв. деят., 1982. -Т.32.-вып.1. –С.86-93.
3. Карамян А.И. Эволюция конечного мозга позвоночных / А.И. Карамян. –Л: Наука, 1976. – 275с.
4. Сафаров Х.М. Пространственные условные рефлексы на световые раздражения после удаления переднего и среднего мозга: в кн.: действ. различ. факторов на струк. и функ. организма животных / Х.М. Сафаров. – Душанбе: Из-во ТГУ, 1980. Вып. 5. -С.33-42.
5. Сафаров Х.М. Сравнительно – физиологическое изучение высшей нервной деятельности у различных представителей рептилий и роли переднего мозга в ее организации / Х.М. Сафаров. -Л., 1998. -С.37.
6. Сафаров Х.М. Сравнительно – физиологическое изучение роли гиппокампа в интегративной деятельности мозга ящериц и насекомых: действия различных факторов на структуру и функции организма животных / Х.М. Сафаров, М.Б. Устоев, А.И. Ивазов. – Душанбе: «Сино», 1997 вып. IX. –С.10-19.
7. Соллертинская Т.Н. Роль гиппокампальных структур в регуляции условно-рефлекторной деятельности у рептилий грызунов / Т.Н. Соллертинская // В мат. конф., посвящ. 100-летию акад. Бериташвили. -Тбилиси, 1985. -С. 162-165.
8. Мусоева П.Дж. Роль дорсальной коры переднего мозга в условно-рефлекторной деятельности и пространственном анализе ящериц (*Ophisaurus fprodus*) / П.Дж. Мусоева, М.Б. Устоев. //Журн. Земледец 2 (54), 2012. -С.33-34.

## **РОЛЬ МЕДИОДОРСАЛЬНОЙ КОРЫ ПЕРЕДНЕГО МОЗГА В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СЛОЖНЫХ ФОРМ ПОВЕДЕНИЯ У РЕПТИЛИЙ**

В статье показано, что медиодорсальная кора играет значительную роль в сложных формах поведения животных, как дифференцированное таким переделам сигнальных значений условных раздражителей и их пространственного расположения.

**Ключевые слова:** медиодорсальная кора переднего мозга, сложные формы поведения животных, сигнальные значения условных раздражителей, поведение рептилий.

### **THE MEDIODORSAL CORTEX OF A FORWARD BRAIN ROLE IN REALIZATION COMPLICATED FORMS OF BEHAVIOR IN REPTILES**

The present article devoted to the role of mediodorsal cortex of a forward brain in realization the complex (difficult) forms of behavior. Mediodorsal cortex plays a significant role the complex (difficult) forms behaviour animal as differention by such of alteration of alarm meanings (importance) conditional reizstoffe and their spatial activities.

**Keywords:** mediodorsal cortex of the forebrain, sophisticated forms of behaviour of animals, signaling the conditional stimuli, the behavior of reptiles.

**Сведения об авторах:** *П.Дж. Мусоева* - аспирантка кафедры физиологии человека и животных Таджикского национального университета. Телефон: **907-33-10-39**

*М.Б. Устоев* - доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Таджикского национального университета. Телефон: **981-01-31-71**

## **РОЛЬ УФР И ФАР В ФОРМИРОВАНИИ АРХИТЕКТУРЫ ПОБЕГА И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ**

*Р.Г. Забиров*

Таджикский национальный университет

Для выяснения продукционного процесса культурных растений и оптимизации их посевов необходимо исследовать не только фотосинтетическую деятельность и архитектуру посева, но и необходимо создание различного радиационного режима (1-2, 3-5 и др.).

Особый интерес представляет изучение влияния разных частей солнечного спектра, в том числе УФР и ФАР в условиях высокогорий, где их в КВР солнца избыточно (6, 7, 8-9).

Нами в течение ряда лет исследовалось влияние УФР и ФАР на формирование архитектуры побега и продуктивность сортов яровой пшеницы в различных экологических условиях. Для выяснения роли УФР и ФАР в формировании архитектуры побега и продуктивности колоса яровой пшеницы нами был создан различный радиационный режим. Ряд исследований показали, что из всех изученных видов растений, наиболее чувствительными к УФР, оказались сельскохозяйственные культурные растения, которые считаются основными продуктами питания.

Работа проводилась в условиях Западного Памира. Объектом служили 3-и сорта яровой пшеницы (Сафедак, Навруз и Московская-35) различного эколого-географического происхождения. Методы проведения исследования показаны в работе (10-12).

**Результаты и обсуждение.** Как видно из табл. 1 изменение радиационного режима в течение всего онтогенеза или его части, начальные фазы роста растений (за счет затенения растений и создания различной густоты посева) приводит к значительным изменениям параметров продуктивности растений: общая масса растений ( $M_0$ ), масса зерен ( $M_3$ ), толщина пластинки листа и общая площадь листьев. Хотя такие важные параметры, как УППЛ, параметры строения стебля ( $Sp$ ,  $S_{скл.кл.}$ ,  $S_{арм.}$ ), определяющие будущую

продуктивность колоса и их соотношения между вариантами опытов и в пределах сорта остаются практически одинаковыми (табл. 1-3).

Изменение радиационного режима за счет УФР и ФАР также приведет к изменению мезоструктуры флагового листа главного побега всех изучаемых сортов пшеницы (табл. 1-3).

Для выяснения роли УФР и ФАР опытные растения затеняли в течение нескольких дней (10 дней) при помощи марли снижающей интенсивность ФАР и специальной пленки отсекающей коротковолновую ультрафиолетовую радиацию в области длины волн 290-320 нм. Полученные нами результаты показывают, что изменение радиационного режима за счет ФАР и УФР влияет на параметры строения стебля (общая площадь среза, площадь пучков, площадь склеренхимных клеток и др.) и листьев (количество хлоропластов на одной клетке и на см<sup>2</sup> листа, их поверхности т.д.) и через них на элементы продуктивности будущего колоса (табл. 1-3).

**Таблица 1. Изменение параметров пшеницы при различном радиационном режиме у сорта Сафедак**

Параметры, Варианты, пункты	Хорог		Хорог				Хорог		Душанбе	
	+УФ	-УФ	ФАР <sub>100</sub> УФР <sub>100</sub>	ФАР <sub>50</sub> УФР <sub>50</sub>	ФАР <sub>100</sub> УФР <sub>0</sub>	ФАР <sub>50</sub> УФР <sub>0</sub>	150	900	150	90
Мо, г (10 <sup>2</sup> )	542	546	485	536	555	625	718	546	613	448
Мз, г (10 <sup>2</sup> )	126	137	119	126	123	128	220	170	126	89
Сл, см <sup>2</sup>	48	56	58	82	74	86	-	-	-	-
УПП мг/см <sup>2</sup>	5,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,2	4,0	5,0	4,0
Тлиста, мкм	169	148	170	180	165	190	190	175	170	160
мм <sup>2</sup> (10 <sup>-2</sup> )										
So	390	375	318	328	321	328	-	-	-	-
Sp.	43	41	37	37	37	39	-	-	-	-
Скл. кл.	14	14	12	13	12	13	-	-	-	-
Сарм.	55	54	49	50	49	52	-	-	-	-
%										
Свып/ So	41	44	41	43	42	42	-	-	-	-
Сарм/ So,	14	14	15	15	15	16	-	-	-	-
Нкл см <sup>2</sup> .10 <sup>6</sup>	1,64	0,79	1,75	1,73	1,70	1,82	2,11	1,82	2,00	1,60
Нкл г.10 <sup>8</sup>	3,0	2,0	4,1	3,8	4,0	3,6	4,0	4,5	4,0	4,0
Нхлп кл <sup>-1</sup> шт	33	23	30	30	30	30	31	25	31	27
S <sup>1</sup> хлп мкм <sup>2</sup>	56	110	47	50	47	50	50	50	47	43,0
Нхлп см <sup>2</sup> .10 <sup>6</sup>	38,4	18,2	52,5	51,9	51,0	54,8	65,0	45,0	62,0	108
Нхлп г.10 <sup>8</sup>	70	46	125	115	121	110	124	114	124	21,2
Схлп см <sup>2</sup> /см <sup>2</sup>	30,3	20,0	24,4	25,8	24,2	27,4	32,9	29,9	29,0	5,3
Схлп г <sup>-1</sup>	5,5	5,0	5,8	5,7	5,8	5,5	6,3	5,7	5,8	

Примечание: приведенные величины округлены до целого числа. Мо-общая сухая биомасса, Мз-масса зерна, Сл-общая площадь листьев главного побега, УПП-удельная плотность массы листа, Тлиста-толщина пластинки листа, So -общая площадь среза, Sp-площадь проводящих пучков, Скл. кл.-площадь склеренхимных клеток, Сарм.-площадь арматурных элементов стебля, Нкл- количество клеток на определенной площади и грамм массы листа, Нхлп- число хлоропластов на одной клетке и грамм массы листа, S<sup>1</sup>хлп-площадь поверхности одного хлоропласта, Схлп-площадь хлоропластов на см<sup>2</sup> листа и грамм массы листа.

Что важно с точки зрения фотосинтетической деятельности клеток, соотношение между поверхностью единичного и объемом единичного хлоропласта и между объемом хлоропластов в клетке и объемом одной клетки как в присутствии, так и отсутствии УФР одинаковые.

Ранее (8-10) нами было показано, что отсутствие или присутствие УФР и ФАР не влияют на количество малых и больших проводящих пучков. Надо отметить, что максимальное количество больших пучков наблюдается у нижнего междоузлия и минимальное у верхнего междоузлия. Максимальное же число малых проводящих пучков во всех опытах наблюдалось у колосоносного междоузлия, что увеличивает роль малых пучков в устойчивости междоузлия.

**Таблица 2. Изменение параметров пшеницы при различном радиационном режиме у сорта Навруз**

Параметры, Варианты, пункты	Хорог		Хорог				Хорог		Душанбе	
	+УФ	-УФ	ФАР <sub>100</sub> УФР <sub>100</sub>	ФАР <sub>50</sub> УФР <sub>50</sub>	ФАР <sub>100</sub> УФР <sub>0</sub>	ФАР <sub>50</sub> УФР <sub>0</sub>	150	900	150	900
Мо, г (10 <sup>2</sup> )	452	510	750	848	799	913	817	674	715	549
Мз, г (10 <sup>2</sup> )	171	200	164	214	171	215	220	190	170	114
Сл, см <sup>2</sup>	58	64	66	75	67	80	-	-	-	-
УППмг/см <sup>2</sup>	5,5	4,4	5,0	5,0	5,0	5,0	7,0	4,8	6,5	4,8
Тлиста, мкм			230	260	240	270	263	220	250	220
мм <sup>2</sup> (10 <sup>-2</sup> )										
So	774	682	770	1170	886	1130	678	642	730	687
Sp.	70	70	69	98	81	98	75	69	61	57
Сскл. кл.	30	38	30	32	32	33	27	27	27	27
Сарм.	103	99	99	130	113	131	102	96	88	84
%										
Свып/ So	38	42	40	42	40	39	49	46	37	40
Soарм/ So,	13	14	13	11	13	11	15	15	12	12
Нкл см <sup>2</sup> .10 <sup>6</sup>	-	-	1,79	2,03	1,88	2,11	2,19	1,47	1,98	1,47
Нкл г.10 <sup>8</sup>	-	-	3,32	3,03	3,28	3,21	3,13	3,06	3,05	3,06
Нхлп кл <sup>-1</sup> шт	-	-	35	38	35	36	33	32	35	32
S <sup>1</sup> хлп мкм <sup>2</sup>	-	-	47,6	47,6	48,2	49,3	51,0	57,8	51,5	57,8
Нхлп см <sup>2</sup> .10 <sup>6</sup>	-	-	62,8	77,2	65,8	75,9	72,3	47,0	69,3	47,0
Нхлп г.10 <sup>8</sup>	-	-	116	115	115	115	103	98	106	98
Sхлп см <sup>2</sup> /см <sup>-2</sup>	-	-	29,9	36,7	31,7	37,4	37,0	27,2	35,5	27,2
Sхлп г <sup>-1</sup>	-	-	5,5	5,5	5,5	5,7	5,3	5,6	5,4	5,6

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 1.

Изучение толщины и число слоев склеренхимных клеток показывают, что присутствие или отсутствие УФР им не нужно. Снижение же интенсивности света привело к увеличению этих параметров. Отсутствие или присутствие УФР не сказывается и на общей площади срезов (So), площади выполненной части (Свып.), площади склеренхимных клеток (Сскл.кл.) и др. параметров побега. Уменьшение же интенсивности ФАР из общего потока положительно повлияло на эти параметры. Площадь этих параметров независимо от сорта и вариантов опыта закономерно уменьшается от нижнего к верхнему междоузлию, что обеспечивает прочность стебля. Это говорит о том, что регуляция строения стебля обусловлена именно ФАР. И именно в начальные фазы роста растений, что согласуется с данными полученными И.А. Шульгиным с сотрудниками (13-14) в условиях Подмосковья.

Для того, чтобы выяснить как именно ФАР и именно в начальной фазе роста (1-3 лист) растений влияет на параметры строения стебля и через них на элементы продуктивности колоса, нами были проведены опыты по изменению облученности ФАР в посевах разной густоты (табл. 1-3).

**Таблица 3. Изменение параметров пшеницы при различном радиационном режиме у сорта Московская-35**

Параметры, Варианты, пункты	Хорог		Хорог				Хорог		Душанбе	
	+УФ	-УФ	ФАР <sub>100</sub> УФР <sub>100</sub>	ФАР <sub>50</sub> УФР <sub>50</sub>	ФАР <sub>100</sub> УФР <sub>0</sub>	ФАР <sub>50</sub> УФР <sub>0</sub>	150	900	150	900
Мо, г (10 <sup>2</sup> )	418	513	612	714	645	728	787	685	775	544
Мз, г (10 <sup>2</sup> )	150	176	116	148	128	134	179	88	173	81
Сл, см <sup>2</sup>	79	96	76	89	82	99	-	-	-	-
УППмг/см <sup>2</sup>	5,5	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	7,5	5,3	7,2	5,3
Тлиста, мкм			220	240	230	245	230	180	220	170
мм <sup>2</sup> (10 <sup>-2</sup> )										
So	730	664	585	918	885	950	648	550	759	700
Sp.	56	57	59	59	58	65	59	48	54	48
Скл. кл.	29	28	31	32	31	29	29	29	29	29
Сарм.	85	85	90	91	89	94	88	77	83	77
%										
Свып/ So	32	37	43	42	43	42	40	45	31	35
Соарм/ So,	12	13	10	10	10	10	13	14	11	11
Нкл см <sup>2</sup> .10 <sup>6</sup>	-	-	1,96	2,00	2,05	2,04	2,13	1,49	1,96	1,36
Нкл г.10 <sup>8</sup>	-	-	3,50	2,98	3,50	3,00	2,83	2,83	2,72	2,58
Нхлп кл <sup>-1</sup> шт	-	-	36	36	36	36	38	35	41	37
S <sup>1</sup> хлп мкм <sup>2</sup>	-	-	44,2	47,3	46,6	49,5	43,8	53,0	47,3	53,5
Нхлп см <sup>2</sup> .10 <sup>6</sup>	-	-	70,7	72,0	73,9	73,5	81,0	52,0	80,0	50,0
Нхлп г.10 <sup>8</sup>	-	-	128	108	127	108	107	99	111	95
Схлп см <sup>2</sup> /см <sup>2</sup>	-	-	31,3	34,1	34,1	36,4	35,4	27,1	38,0	27,0
Схлп г <sup>-1</sup>	-	-	5,7	5,1	5,8	5,3	4,7	4,7	5,3	5,3

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 1.

Как видно из табл. 1-3 изменение радиационного режима за счет густоты посева в начальные периоды роста (1-3 листа) растений, приведет к существенному изменению ростовых процессов и продуктивности растений как в условиях Хорога (2250 м), так и Душанбе (800 м).

Как показывают таблицы, общая масса растений, масса зерен, площадь листьев, параметров строения стебля, таких как общая площадь среза, общая площадь проводящих пучков, площадь склеренхимных клеток и арматурных элементов побега в загущенном посеве, как в условиях Душанбе, так и Хорога, независимо от сорта, значительно ниже, чем в разреженном посеве. Это говорит о том, что в загущенном посеве растения раньше попадают в ценотическое взаимодействие по ФАР в начальные фазы роста. Недостаток света в начальные периоды роста, отрицательно влияет на будущие параметры элементов строения стебля, который в свою очередь влияет на продуктивность будущего колоса.

Таким образом, изменение радиационного режима за счет УФР в течение всего онтогенеза или его части, в начальные периоды роста информативно не повлияло на элементы строения стебля. Уменьшение интенсивности ФАР при помощи марли на 10-12 дней и за счет увеличения густоты посева привело к значительному изменению ростовых процессов, в том числе элементов строения побега, и через них информативно влияет на элементы продуктивности будущего колоса, как в условиях высокогорий Западного Памира, так и в условиях равнин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. -М.: Изд-во АН СССР, 1956.
2. Ничипорович А.А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений / А.А. Ничипорович. -Пушино, 1979.
3. Шульгин И.А. Растение и солнце / И.А. Шульгин. -Л.: Гидрометеиздат, 1973.
4. Шульгин И.А. Лучистая энергия и энергетический баланс растений/ И.А. Шульгин. -М.: Альтекс, 2004.
5. Шульгин И.А. Солнечные лучи в зелёном растении / И.А. Шульгин. -М., 2009.
6. Афанасьева В.П. Некоторые результаты актинометрических наблюдений на Восточном Памире / Афанасьева В.П. [и др.]. Изв. АН Тадж. ССР. Отд-е биол. наук, 1968. №4(33), -С. 94-98.
7. Толибеков Д.Т. К характеристике радиационного режима Западного Памира / Д.Т. Толибеков [и др.]. Изв. АН Тадж. ССР. Отд-е биол. наук, 1977. №2, -С. 59-64.
8. Забиров Р.Г. Некоторые характеристики радиационного режима приходящего к растениям на опытных участках / Р.Г. Забиров // Докл. АН РТ, 2004. -т.XLVII, №11-12, -С.42-52.
9. Забиров Р.Г. Приход солнечной радиации в зависимости от высотных факторов / Р.Г. Забиров // Вестник Таджикского национального университета (науч. журн.), 2009. №1(49), -С. 218-224.
10. Забиров Р.Г. О влиянии ультрафиолетовой радиации на продукционные параметры пшеницы / Р.Г. Забиров [и др.]. Изв. АН РТ. Отд. биол. наук, 1994. №1(33). -С. 33-36.
11. Забиров Р.Г. О влиянии ультрафиолетовой радиации на рост и морфогенез пшеницы / Р.Г. Забиров // Вестник Таджикского национального университета (науч. журн.), 2009. №1(49). -С. 212-217.
12. Забиров Р.Г. Влияние ЕУФР на элементы строения стебля и продуктивность колоса растений пшеницы: в сб. Фотосинтез и продуктивность сельскохозяйственных культур Таджикистана / Р.Г. Забиров. -Душанбе, 1999. -С. 172-183.
13. Шульгин И.А. Архитектура растений пшеницы как фактор их продуктивности / И.А. Шульгин [и др.]. Биол. науки, 1986. №5. -С. 5-26.
14. Шульгин И.А. Об энергетическом эффекте регуляции урожая пшеницы нижними листьями / И.А. Шульгин [и др.]. Биол. науки, 1988. №10. -С. 71-82.

## РОЛЬ УФР И ФАР В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ ПОБЕГА И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

В данной статье приведены данные о влиянии ультрафиолетовой и фотосинтетической активной радиации на основные параметры роста, развития и продуктивность сортов яровой пшеницы на разных этапах онтогенеза. Установлено, что отсечение УФР из общего потока солнечного спектра не влияет на элементы структуры побега и параметры продуктивности колоса сортов пшеницы. Снижение же интенсивности ФАР за счет марли или увеличения густоты посева существенно влияет на элементы строения побега. Изменение элементов строения побега в свою очередь впоследствии влияет на основные параметры элементов продуктивности колоса.

**Ключевые слова:** ультрафиолетовая радиация, фотосинтетическая активная радиация, изменение радиационного режима, ростовые процессы, арматурные элементы, строение стебля, элементы продуктивности колоса.

## THE ROLE OF ULTRA-VIOLET RADIATION AND PhAR RADIATION IN THE FORMATION STRUCTURES OF THE STEM AND THE REPRODUCTION OF THE WEAT PLANTS

In the present article is given the facts of influence ultra-violet and photosynthetic active radiation on the basis parameter growth development and productivity sort spring wheat on the different stage antigens. The put cutting off UFR from common flow suns spectrum don't influence on elements structure sprout and parameter productivity ear sorts wheat levering intensive FAR behind account gauze are increase thickness saving essential of influence on elements structure sprout in year turn in the consequence influence basis parameters elements productivity ears.

**Key words:** ultraviolet radiation, photosynthetic active radiation, radiation regime change, growth processes, reinforcement elements, the structure of the stem, productivity elements of the ear.

**Сведения об авторе:** *Р.Г. Забиров* - доцент кафедры экологии ТНУ. Телефон: (+992) 917-65-01-13; 919-14-79-20

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ К РАЗРАБОТКЕ НОВОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА ДЛЯ НУТРИЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ БАЗИСНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ

*А.С. Торгаутов*

Казахская академия питания, г.Алматы, Казахстан

Более 440 миллионов коз (по всему миру) производят примерно 4,8 миллиона тонн молока, которое в основном потребляется на месте, либо перерабатывается в различные виды сыров. Козье молоко употребляют практически везде, но больше всего в Средней Азии, на Северном Кавказе, в Закавказье, в Крыму. Много козьего молока употребляют жители Италии, Греции, стран Ближнего Востока. Семьдесят два процента всего производимого в мире молока составляет именно козье молоко[1]. Питательные свойства и пользу любого молока принято сравнивать с коровьим. Коза, вероятно, никогда не заменит корову для коммерческого производства молока, но козье молоко всегда будет популярным продуктом благодаря своим питательным и лечебным свойствам.

Древняя медицина (Плиний, Гиппократ, Авиценна) восхваляла целебные свойства козьего молока, успешно применяла его при лечении таких недугов, как туберкулез, нервные расстройства, мигрени, подавленное состояние, хроническая усталость, лихорадка, желчнокаменную болезнь, болезни желудочно-кишечного тракта[2].

Современная медицина подтверждает, что и в настоящее время козье молоко способно заметно улучшить самочувствие при перечисленных недугах, а в некоторых случаях и полностью их излечить.

Козье молоко по своим физико-химическим свойствам и вкусу выгодно отличается от коровьего молока и от молока других сельскохозяйственных животных. Высокое содержание бета-казеина приближает козье молоко к женскому грудному молоку. Большая часть белков козьего молока из-за повышенного содержания в них альбуминов легко усваивается организмом, не вызывая расстройств пищеварительной системы. Жир козьего молока лучше усваиваются организмом, а высокое содержание ненасыщенных жирных кислот, препятствует отложению холестерина в тканях организма человека и повышает защитные функции организма [3, 4].

Помимо вышеперечисленных особенностей козье молоко содержит кальций, магний, фосфор, марганец, медь, витамины: А, группы «В», С и Д. По сравнению с коровьим, козье молоко содержит в 6 раз больше кобальта, который входит в состав витамина В<sub>12</sub> и отвечает за процессы кроветворения. Повышенное содержание калия в молоке благоприятно влияет на деятельность сердечно-сосудистой системы [5].

По данным диетологов козье молоко полезно как здоровым людям всех возрастов, так и страдающим различными заболеваниями ЖКТ и верхних дыхательных путей. Молоко благоприятно влияет на защитные функции организма, великолепно балансирует питание, в связи с чем, оно может быть эффективно использовано в комплексной терапии при лечении туберкулеза, астмы, диатезов, аллергии, склероза, остеопороза, а также выведению токсинов и радионуклидов из организма [6].

Одно из свойств козьего молока, которое с полным основанием можно назвать лечебным, связано с его противовоспалительным действием и способностью восстанавливать целостность кишечного эпителия при разных формах патологии. Этот эффект приписывают совместному действию короткоцепочечных жирных кислот и эссенциальных аминокислот;



он подтвержден экспериментально - при индометационовом токсическом энтероколите и тепловом стрессе у животных.

Современные научные исследования доказывают высокую биологическую ценность козьего молока, которое по многим показателям ближе к женскому, чем коровье, а значит, более естественно воспринимается человеческим организмом, в особенности детским. Данный факт обуславливает необходимость увеличения объемов производства козьего молока и открывает широкие перспективы для разработки новых продуктов специального назначения. Легкоусвояемость козьего молока позволяет рекомендовать его для детского, диетического и лечебно-профилактического питания.

Если говорить о козьем молоке как о базовом сырье, или основе на которой можно конструировать продукты массового потребления и лечебно-профилактического назначения, то можно выделить несколько аргументов в пользу его использования:

- козье молоко обладает более мягким вкусом, оно легче усваивается, имеет природную гомогенность, что гораздо полезней для человеческого организма, нежели механически гомогенизированное коровье молоко;

- жировые шарики в козьем молоке в 5-8 раз меньше, чем в коровьем, что обеспечивает практически полную его усвояемость и пониженную нагрузку на печень, а белок козьего молока более усвояем, нежели белок коровьего молока;.

- хорошие антацидные и обволакивающие свойства козьего молока делают его идеальным для профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний;

- козы обладают естественным иммунитетом к туберкулезу, поэтому козье молоко используется в странах третьего мира для лечения туберкулеза благодаря присутствующим в нем антителам.

- в козьем молоке содержится более высокий по сравнению с коровьим молоком уровень бета-каротина (провитамина А), играющего существенную роль в профилактике онкологических заболеваний, а также туберкулеза.

Известно, что козье молоко используется для лечения желудочно-кишечных расстройств, заболеваний щитовидной железы. Оно служит профилактическим средством против опухолей, оказывает положительный эффект при заболеваниях дыхательных путей, туберкулезу. Козье молоко является профилактическим лечебным средством и диетическим продуктом питания для людей, больных язвой желудка. Козье молоко может применяться с целью выведения тяжелых металлов и радионуклидов из организма человека.

Таким образом, базируясь на основных патогенетических моментах, лежащих в основе развития туберкулеза, были обоснованы основные принципы конструирования новых функциональных продуктов на основе козьего молока для нутритивной поддержки больных туберкулезом:

- 1) Специализированный продукт должен способствовать повышению сопротивляемости организма, т.е. обладать иммуностимулирующими свойствами.

- 2) Продукт должен обеспечивать организм веществами, необходимыми для восстановления тканей и рубцевания дефекта тканей, вызванного туберкулезными палочками.

- 3) Продукт должен участвовать и содействовать нормализации обменных процессов.

- 4) Специализированный продукт должен восстанавливать витаминный и минеральный баланс в организме;

- 5) Обеспечивать достаточное поступление в организм полноценного белка, необходимого для восстановления тканевых белков и рубцевания очага; выработке противотуберкулезного иммунитета;

б) Восстанавливать в организме уровень витаминов группы В и липотропных факторов.

В основу конструирования должны быть положены также данные о том, что при туберкулезе:

- Полноценные белки должны составлять в суточном пищевом рационе не менее 50% от общего белка. Кроме животных белков, необходимо с пищей вводить белки растительного происхождения. В случаях резкого обострения туберкулезного процесса, протекающего с высокой температурой, содержание белков в суточном рационе должно увеличиться до 140-150 г.

- Особая роль должна быть отведена жировому компоненту специализированных продуктов и рационов питания, растительные жиры, в частности оливковое (подсолнечное масло)-источник ненасыщенных жирных кислот (линолевая, линоленовая) должны составлять не менее 25% от общего количества потребляемых жиров. Количество жиров в пищевом рационе больных туберкулезом, главным образом в виде сливочного масла, не должно превышать 90-100 г в сутки, а при вспышке процесса – 70-80 г.

- Суточное потребление углеводов в пищевом рационе не должно быть ниже 300-350 г, рекомендуются легкоусвояемые сахара, в частности глюкоза, фруктоза или продукты, содержащие их в достаточном количестве (сиропы, джемы).

- Неотъемлемую составную часть специализированных продуктов для больного туберкулезом составляют минеральные соли, среди которых наиболее важны соли кальция, фосфора и натрия хлорида. Соли кальция оказывают противовоспалительное действие, способствуют рубцеванию туберкулезных очагов и нормальной свертываемости крови, снижают бронхоспазм, уменьшают проницаемость кровеносных и лимфатических сосудов. В организм следует вводить 2-3 г солей кальция в сутки. Для успешного лечения больного туберкулезом необходима пища, богатая кальцием и фосфором. Соотношение фосфора и кальция должно составлять: 1 : 1,5; 1 : 2, т. е. 3-6 г фосфора в сутки. В молоке и молочных продуктах кальций и фосфор находятся в соотношениях, наиболее благоприятствующих усвоению кальция в кишечнике.

- В состав рационов и специализированных продуктов должны входить витамины, в частности группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>), аскорбиновая кислота, ретинол, кальциферол, токоферол, биотин, витамин РР. При этом рекомендуется принимать по 10-15 мг витамина В<sub>1</sub> в сутки, до 5-10 мг витамина В<sub>2</sub>, 10 мг пантотеновой кислоты, 10-15 мг витамина В<sub>6</sub>, до 20-30 мг в сутки витамина РР. Энергетическая ценность должна составлять 8792-10467 кДж (2100-2500 ккал) в сутки.

Базируясь на данных по химическому составу козьего молока, а также роли отдельных пищевых ингредиентов в профилактике и лечении туберкулеза легких, была разработана рецептура на новый кисломолочный специализированный продукт на основе козьего молока с направленными противовоспалительными, антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами, повышенной пищевой и биологической ценности.

Предложенный продукт имеет высокую биологическую и пищевую ценность, т.к. разработан на основе козьего молока, сброженного специальными штаммами молочнокислых и бифидобактерий с высокой биохимической активностью, с добавлением оливкового масла, облепихового и шиповникового сиропа, сухого обезжиренного молока-источника полноценного белка, кальция, магния и фосфора, инулина, пектина, витаминов А, Е, С, группы В, пантотеновой кислоты, биотина, бета-каротина, фолиевой кислоты, микроэлементов (железа, селена, цинка). Специализированный продукт на основе козьего молока имеет высокую пищевую и биологическую ценность, содержит богатый набор

витаминов, макро-и микроэлементов, включает основные пищевые ингредиенты-белки, жиры, углеводы. Калорийность продукта лежит в пределах 100-123ккал на 100мл продукта.

Продукт больным туберкулезом рекомендуется принимать ежедневно в количестве от 1,0 до 2,0л в сутки, в первые дни приема продукт следует ограничивать 0,5-0,7л в сутки.

Действие специализированного продукта направлено на повышение защитных сил организма, снятие воспалительного процесса, снижение процессов перекисного окисления липидов, активацию монооксигеназной системы, уменьшение токсемии. Продукт должен обеспечивать организм веществами, необходимыми для восстановления тканей и рубцевания дефекта тканей, вызванного туберкулезными палочками. Продукт должен участвовать и содействовать нормализации обменных процессов, должен восстанавливать витаминный и минеральный баланс в организме, обеспечивать достаточное поступление в организм полноценного белка, необходимого для восстановления тканевых белков и рубцевания очага, выработке противотуберкулезного иммунитета.

Продукт направлен также на профилактику дисбактериоза, нормализацию функции желудочно-кишечного тракта при активном назначении больным химиопрепаратов и антибиотиков широкого спектра действия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Young W. Bioactive Components in Milk and Dairy Products / W. Young. -USA, 2009.
- 2 Сравнительный анализ белкового состава козьего и коровьего молока: научное обеспечение развития АПК в современных условиях / О.А. Желтова [и др.] // Материалы Всероссийской научно-практической конференции.- С.12-17.
- 3 Луфт В.М. Руководство по клиническому питанию в интенсивной медицине.- СПб./ В.М. Луфт, А.Л. Костюченко, М.И. Лейдерман. -Екатеринбург, 2003. - 310 с.
- 4 Бакулин И.Г. Клинико-патогенетическое обоснование коррекции недостаточности питания у раненых и больных с различными заболеваниями внутренних органов: автореф. дис. на соиск. учен.степ, д-ра мед. наук / И.Г. Бакулин. -Москва, 2004. -С. 33-37.
- 5 Broun J. Nutrition concerns with the radiation therapy patients / [J. Broun, T. Byers, K. Thompson et al.]/CA Cancer J. Clin, 2001. - V.51.- P.153-187.
- 6 Shils M.E. Nutrition and diet in cancer management / M.E. Shils // Modern Nutrition in Health and Disease/- 10<sup>th</sup> ed./Eds M.E. Shils, J.A.Olson, M. Shike.- Baltimore: Williams. - 2005. - 98 p.

#### МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ К РАЗРАБОТКЕ НОВОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА ДЛЯ НУТРИЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ БАЗИСНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ

Учитывая уникальность химического состава козьего молока, разработан новый специализированный продукт на его основе с направленными иммуностимулирующими, противовоспалительными, антиоксидантными, и микробиоценозными свойствами. Обоснованы основные медико-биологические принципы его конструирования с учетом патогенеза и роли отдельных алиментарных факторов в профилактике и комплексной медикаментозной терапии туберкулеза легких.

**Ключевые слова:** специализированный продукт, молоко, туберкулез, бифидобактерий, антиоксидант, насыщенные жирные кислоты, рацион питания, бета казеин.

#### MEDICAL AND BIOLOGICAL JUSTIFICATION IN WORKING OUT A NEW SPECIALIZED PRODUCTS BASED ON GOAT MILK FOR NUTRITION SUPPORT BASIC METHODS OF TUBERCULOSIS TREATMENT

Considering the uniqueness of the chemical composition of goat's milk, have developed a new specialized product based on it with directional immune-stimulating, anti-inflammatory, anti-oxidant and microbiocenosis normalizing properties. Substantiated the basic medical and biological principles of its construction with the pathogenesis and the role of certain nutritional factors in the prevention and comprehensive drug therapy of pulmonary tuberculosis.

**Key words:** specialized product milk, tuberculosis, Bifid bacterium, antioxidant, saturated fatty acids, food ration, beta casein.

## ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРУЛЫ ВОНЮЧЕЙ В ДРЕВНЕ-ТРАДИЦИОННОЙ И НАРОДНОЙ МЕДИЦИНЕ

Т.М. Зубайдова, Дж.Н. Джамшидов, М. Ходжиматов, М.Н. Назаров, С.Д. Исупов,  
И.А. Загребельный, Н.Ю. Самандаров, П.Ш. Сухробов

Отдел фармакологии и лекарственных растений

Научно – исследовательского Фармацевтического центра АМН МЗ РТ

*Ferula foetida* (Bunge) Regel (*Ferula assa-foetida* auct. non L.) относится к семейству зонтичных. Как отмечается в книге «Жизнь растений» [1961], семейство зонтичных принадлежит к числу наиболее крупных и наиболее важных в хозяйственном отношении семейств цветковых растений; оно включает около 300 родов и 3000 видов, распространенных по всей суше земного шара; во всех органах имеются секреторные каналы, содержащие эфирные масла и смолистые вещества, определяющие их специфический запах. Среди них имеются очень ценные лекарственные растения, как центелла азиатская – *Centella asiatica*, издавна используемая в Южной Азии в качестве средства против проказы, слоновой болезни и кожных заболеваний, а также многие виды *Ferula* L., в том числе персидский корень – *Ferula assa-foetida*, т. е. *Ferula foetida*, из затвердевшего сока которого готовят весьма ценные лекарственные препараты [28].

*Ferula foetida* (Bunge) Regel произрастает на лессовых, лессово-щебенистых подгорных равнинах, закрепленных и полужакопленных песках; встречается в поясах полынных и соляноквых пустынь, низкотравных полусаванн, в соляноквых, саксауловых, зейдлициевых группировках (350-900 м над ур. м.) в Присырдарьинских и Южнотаджикистанских (окр. Шаартуза, Бишкента, Бердибулака, урочище Гарауты, долине р. Кафирниган, хребте Ходжакиян, урочище Карез) флористических районах Памиро-Алая [8;24;25; 29;39; 43;44].

Асафетида (*assa-foetida*) - многолетнее, мощное, высокое растение, достигающее 1,5-2 метров. Относится к семейству зонтичных. Центральный ствол толстый, в верхней части разветвляется, имеет крупные листья. Корень вздутый, овальный. Во время цветения выбрасывает 15-цветковые зонтики из разветвленных стеблей. Полуплодики эллиптические, волосистые, с выемкой на вершине. Растение плодоносит один раз в 8-10 лет [26; 34].

Латинское название *ferula* означает "носильщик". Оно возвращает нас к мифу о Прометее, который, пожалев людей, передал им огонь в асафетиде - полем тростнике. Есть версия, что и доисторический человек использовал асафетиду, чтобы переносить огонь с места на место. Уже в Древнем Риме эта пряность завоевывает популярность. Продавали ее в емкостях вместе с орехами pekan, а их уже применяли для отдушки тонких блюд. Не меньше ценили асафетиду и как лекарство: она избавляла от головных болей, успокаивающе действовала на нервную систему и способствовала работе кишечника. В древние времена говорили, что с ее помощью можно излечить от несварения желудка даже лошадь [23].

Самые приличные названия этой пряности – хинг, асмаргок и илан, все остальные понятнее, но отнюдь не приятней – ферула вонючая, дурной дух и даже чертов кал. Запах и вкус асафетиды ужасающий. Запах напоминает смесь чеснока и лука и способен за несколько минут пропитать собой все - воздух, стены, посуду, не говоря уже о коврах и диванах. Причем выветрить его будет невозможно в течение суток. Вкус асафетиды ощущается

несколько часов и не уничтожается ни водой, ни уксусным раствором. Подобные характеристики не вызывают энтузиазма только у тех, кто не знает секрета асафетиды - если обжарить ее в масле, запах становится приятным, а вкус пищи после ее добавления способен доставлять удовольствие [53]. Готовая асафетида - миндалевидные "зерна" смолы, склеенные между собой. Они желтоватые снаружи и молочно-белые с розоватыми прожилками в разрезе. На воздухе поверхность разреза становится пурпурно-красной, затем красно-бурой.

Лучшая по качеству асафетида - смола в крупных, эластичных, ярких кусках. При повышенной температуре она похожа на воск, на холоде легко крошится. В Азии делят асафетиду на два торговых разряда - хинг и хингра. Хинг бывает иранский и патанский (афганский), причем иранские сорта ценятся выше. Высший сорт среди хинга-халда, считается, что он самый чистый и ароматный. Средние сорта – шабанди и кабулидана. Хингра - самый низкий разряд асафетиды, на сорта его не делят [50; 51].

Римские легионеры привезли асафетиду в Англию, где она выращивалась вплоть до XVIII века. Впоследствии асафетида потеряет своих европейских поклонников, но останется одной из любимых азиатских пряностей. Всплеск ее популярности - середина XIX века в Германии, где ее добавляли в национальные блюда - ливерные и кровяные колбасы, жаркое из баранины по-гессенски. Сегодня она в большом почете в странах, где не едят чеснок - в Персии и в Индии. Родиной этой пряности считают Иран и Афганистан. Растет она также в Средиземноморье, Центральной Азии, пустынях Каракума, Кызылкума и Бадхыза. До 90-х годов огромные заросли асафетиды были в Заилийском Алатау на территории СССР, но кампания по борьбе с дикими наркотическими растениями 1989-1990 годов уничтожила их значительную часть. Это редчайшее растение жгли, топтали, срезали под корень бульдозерами совершенно зря, никакого отношения к наркотическим веществам оно не имеет.

История с аналогичным финалом произошла в Северной Африке. Завезенная туда в VI веке до н.э. асафетида была начисто уничтожена в I веке н.э, из-за огромного на нее спроса [52; 53]. *Ferula assa-foetida*, т.е., *Ferula*.

*Foetida*, является одним из древнейших и важнейших лекарственных растений. Б.Н.Головкин (1992) пишет, что «в трактате о медицине древнеримского ученого Марцелла Эмпирика упомянуты три известных тогда привозных (не растущих в Италии) лечебных растения: горячий имбирь, острый перец и сильфий холодный». В ботанических литературных источниках отмечается, что все эти три вида имбиря (*Zingiber*) и черный перец (*Piper nigrum*) попали в Рим с Востока, а вот сильфий (*Silphium*) оказывается растением североамериканским [22]. Римляне не могли знать растение под названием сильфия, которое относилось к растению американскому. Однако, было найдено его описание и даже рисунок; его изображение чеканилось еще в глубокой древности на монетах Киренайки – североамериканского государства. Очень высоко ценились в древности целебные свойства «*Silphium*», оказавшийся *F. assafoetida*, который встречается в Иране, Афганистане и Центральной Азии [12;54;55;56].

Затвердевший на воздухе млечный сок, т.е. «камедь-смола-ассафетида (входила в фармакопею бывшего Советского Союза (I-VIII изд.) и 19 странах мира, а согласно сообщению А.И. Уткина (1938) в Госфармакопее СССР (1925, VII изд.), рекомендовалось пользоваться камедь-смолами (*gummi-resinae*), получаемыми из надрезов корня *Ferula foetida* и гальбаном (*gummi-resinae Galbanum*) от северо-иранских ферул, в особенности от *Ferula gummosa* Voiss, которые встречаются в Средней Азии [47]. В некоторых зарубежных странах камедь-смолы применяют как стимулирующее нервную систему, средство как

противосудорожное, так и при истерии невротозов, брюшных органов, астме и др. заболеваний [7; 40].

Камедь-смола *Ferula assa-foetida*, т.е. *Ferula foetida* и *Ferula gummosa* Boiss под названием «асафетида» и «гальбан» в настоящее время используется в народной и научной медицине многих стран Азии, а также вошла в состав официальных лекарственных средств на европейском континенте [14;19; 31; 40; 36;47; 57; 54;57;55;57],

Ферула с древнейших времен применяется в народной медицине различных народов и государств (в Средней Азии, Иране, Китае, Индии и др.) для лечения различных заболеваний, таких как чесотка, труднозаживающие раны, разные опухоли, сифилис [24;25], туберкулез, судороги, истерии, заболевания желудочно-кишечного тракта, органов дыхания и др. [1;2;4].

Многие виды ферулы издавна используются, как растения, содержащие ценные лекарственные смолы (асафетида, гальбан, сумбул, хилтит, кинна и др.). Смолистые выделения ферул использовались для целебных целей. Еще Теофраст (370-285 до н.э.) писал, что ферулу («панак склепов») дают пить с вином от укусов змей, скорпионов, используют с вином от нарывов, а с медом- от опухолей; сухим «панакком» присыпают мокнущие язвы [42].

Древний ботаник Диоскорид (1 в.) писал: «надрезают корень и стебли ферулы вонючей и собирают то, что выделяется; лучшая камедь –прозрачная, по запаху она похожа на мирру, имеет беловатый оттенок и быстро растворяется; оно хорошее средство от укусов змей [43]. «Камеде-смолы» применяются в восточной медицине более 1000 лет.

Камедь смолы ферулы (*shin-kun*) в Тибете использовалась при заболеваниях «рлунг» (*rlung*) и для повышения аппетита, а также при болезнях сердца; растение, шин-гун *Ferula assa-foetida*, применяемое при сердечно-сосудистых заболеваниях, доставлялось из Средней Азии [5;6; 9]. Согласно сообщению Т.А.Асеевой и др., (1991) о феруле вонючей (шин-кун) в книге «Дуйнхор дэлчэн» указано: «ствол дерева бака вымазан смолой и завернут в белые волокна», а в развернутой главе (комментарий) говорится: «корни наполовину вылезают из земли, и из них капает молоко»: получаемая из него знаменитая бело-желтая масса оказывает противоглистное действие.

В китайской медицине камеди смолы использовали как укрепляющее, тонизирующее средство при неврастении [31].

В Индийской медицине «асафетида» (хинг) применяется в качестве отхаркивающего, антисептического и при хроническом бронхите, астме [55], а также при диспепсии, диарее, холере, сахарном диабете, невротозах, истерии, ревматизме («Растит. ресурсы СССР, 1988) [53;54] в гомеопатии асафетида используется при болезнях печени, органов желудочно-кишечного тракта [56].

Именно от индусов, написавших когда-то главный трактат о любви "Камасутра", и пошла слава об асафетиде, как о весьма полезной специи. В таком же качестве она упоминается и в трактатах по тибетской медицине, утверждающих, что специя "устраняет беспокойства в области сердца и омолаживает органы, разрушающиеся от старости..."

**Пряность** - могущественный стимулятор пищеварения. Лекарственный порошок на основе асафетиды - Хингваштак чурна - в Индии самое популярное средство при несварении. Асафетида подчас бывает невыносимой не только для наших домочадцев. Она гонит ленточных червей из желудочно-кишечного тракта. Аюрведа относит асафетиду к одному из сильнейших антимикробных и бактерицидных средств. Аюрведа также рекомендует асафетиду для лечения гинекологических заболеваний и при половом бессилии. Она помогает при запоздалых и болезненных менструациях, облегчает боли и снимает спазмы. Наружно пасту из асафетиды прикладывают при болях в животе, артриты и болях в суставах. Растворить порошок асафетиды в горячей воде, намочить в растворе ткань и положить на

живот. Это снимет боль и выводит газы. Заварить 1 чайную ложку равных частей молотого кардамона, фенхеля и асафетиды на 1 стакан кипятка. Когда немного остынет, выпить. При лечении коклюша, астмы и бронхита смешайте щепотку асафетиды с 2 чайными ложками меда, 1/4 чайной ложки сока белого лука. Принимать 3 раза в день. Вдыхание запаха смолы асафетиды предотвращает приступы истерии. Существует древнее поверье, что небольшой кусочек смолы асафетиды или порошок пряности, подвешенный в мешочке на шею ребенку, успокоит его и защитит от многих инфекционных болезней. Для детей с небольшими нарушениями психики асафетида является природным лекарством. При истерике успокаивающее действие окажет клизма, приготовленная из щепотки асафетиды на полстакана воды. Асафетида применяется при бесплодии, угрозе выкидыша, болезненных менструациях и белях: щепоть асафетиды поджарить в топленом масле, смешать с 0,5 стакана козьего молока и 1 чайной ложки меда. Принимать 3 раза в день в течение месяца. Поскольку асафетида улучшает пищеварение и действует как тонизирующее средство, ее также рекомендуют женщинам в послеродовой период, когда организм нуждается в дополнительной поддержке. Если нет возможности получить помощь зубного врача, растворите асафетиду в половине чайной ложки лимонного сока, слегка нагрейте. Обмокните в растворе ватный тампон и положите его на больной зуб. Боль утихнет. При ангине полоскание готовится из щепотки асафетиды и 0,5 чайной ложки куркумы на стакан теплой воды. Антисептические, анальгезирующие и вяжущие свойства этих пряностей помогут скорейшему облегчению и выздоровлению [49;53;54]. «Камедесмола» в средневековой Армении использовалась при церебральном атеросклерозе, бронхите, катарах дыхательных путей [10]. Амирдавлат Амасиаци (XV) в своей книге «Ненужное для неучей» пишет, что анчитан-ферула вонючая, а персы его называют анкитан (ангудон) и это есть дерево хилтит, а махрус его корень, хилтис его камедь. Если смазать хилтитом в оливковом масле кожу, то сведет с лица рубцы и очистит, а также помогает при скрофулах и малярии (доза на приём – 1гр). По его мнению, природа хилтита горячая в III степени и сухая в I; помогает при параличе, падучей, оспе и болезнях нервов; помогает при желтухе и болезнях почек и мочевого пузыря; делает лицо румяным, очищает кожу от лишая, старой сыпи и экземы; помогает при злокачественных опухолях и неврите седалищного нерва (4). Асафетида считается азиатской пряностью, однако, в прошлом ее широко использовали в России в лечебных целях. В «Полном русском иллюстрированном словаре-травнике и цветнике» под редакцией Залесовой Е.Н. пишется: «Древние употребляли смолу в качестве пряности в кушанье, и в то же время она служила им в качестве лекарства. Принятая внутрь смола выделяется через кожу с потом, мочой и через легкие. Большие приемы смолы могут вызвать страдания желудка, тошноту, головную боль, головокружение. Врачи назначают асафетиду людям, страдающим истерическими припадками. Наблюдающиеся у этих людей страх, головная боль, различного рода нервная боль, даже параличи улучшаются под влиянием этого средства. Судороги и параличи, не вызванные нервными расстройствами, лечению асафетидой не поддаются». Русские врачи знали, что старикам при хронических катарах легких со скудным отделением мокроты, одышкой и астматическими припадками асафетида приносит пользу. Детям смолу назначали в виде клизм (40).

В Афганистане и Иране в древней-традиционной и народной медицине камедь-смолы ферулы вонючей применяли как успокаивающее нервную систему, средства как противосудорожное, при истерии, неврозах, астме, заболевании желудочно-кишечного тракта, глистных инвазий и пряность к мясным блюдам [23;33; 50;51].

В таджикско-персидских источниках упоминаются разные названия камеди-смолы, а также корни, листья, плоды, семена *Ferula assa-foetida* (ангудон, ангувон, ангуза, ангужа,

ангуштганда, ангульад, анльдун, базруланчала, инги бадбуй, самғ, самгулмахрус, хинг, хилтит, хилтийт, хилтис, махрут и др., это свидетельствует о популярности *Ferula foetida* [43;44;45;46].

Научная идентификация этих названий необходима для дальнейшего изучения ферулы.

В известных словарях Мухаммада Бурхона «Бурхони котей» и Мухаммада Гиесуддина «Гиёс-ул-лугот» и др. уточняется значение и упомянутые названия относятся к феруле. Так, согласно

«Гиёс-ул-лугот», ангуза в действительности является ангузад; ангу - означает дерево хилтит, а жад является камедью. Мухаммад Бурхон говорит, что ангувон-это тот же самый ангудон, который является деревом хилтит, а хилтит-это камедь вонючего дерева хилтит: ангуза-это камедь дерева ангудон, который арабы называют хилтит и сам гулмахрус и семена этого растения называют базруланчара и қариз. Согласно объяснению Мухаммада Бурхона, ангуштганда также является деревом ангудона, который арабы называют хилтитом и сам гулмахрусом [38].

Абурайхон Беруни (973-1048) считает, что хилтит, который персы называют ангуджад-это камедь анджудона, т.е. вонючей ферулы, а махрут - его корень; лучший махрут увозят из пустынь Марва и Хоразма в разные стороны. По его мнению анджудон персы называют ангудон, а Хиндусихинг Мосардживайх говорит, что лучший анджудон белый, который добавляют в пищу и лекарства [3].

Один из ведущих фармацевтов школы Гундишопура Абузакария Яхё (Йухано) ибн Мосавайх (777-857), который снабжал больницу лекарствами, отмечает, что хилтит (камедь) ферулы вонючей пахнет неприятно и входит в состав многих сложных лекарств [46].

Известный ботаник, автор трехтомного «Китоб-ан-набот» («Книга о растениях») Абуханифа Динавари (815-895) указывал на лечебное действие камеди-смолы, корни анджудона (*Ferula foetida*) [46].

Абуали ибни Мисавайх (умер в 1030 г) в «Китоб-аттабих» саракский анджудон считает лучшим по сравнению с другими видами, анджудон одно из популярных лекарственных средств: лекарственная повязка, приготовленная из ферулы вонючей с оливковым маслом, сводит кровоподтеки под глазами; ее корень в пластыре помогает от «свинки», если смешать анджудон с маслом фиалкового корня или хной, хорошо помогает от боли в суставах; в виде питья является противоядием от всех ядов [46].

Абумансур Муфатфак (вторая половина X в.)- автор книги «Китоб-ал-абния ан-хакоик-ал-адвия», написанной на таджикском языке,- пишет, что анджудон укрепляет желудок, устраняет боль в суставах, гонит месячные; консервированные его корни улучшают работу желудка, усиливают похоть [18].

Абуабдуллох Мухаммад ибн Ахмад ибн Юсуфи Котиби Хоразми (IX-X) в своей книге «Мафотих-ул-улум» хилтис (хилтит) считает камедью ангудона или анджудона [32].

Таким образом, с уверенностью можно сказать, что все вышеупомянутые названия относятся к асафетиде - *Ferula assa-foetida*, которая обозначает как камедь-смолу, так и название самой ферулы вонючей.

В свою очередь, на Востоке ни один серьезный трактат о лечении не обошел асафетиду. Шайхурраис Абуали Сино (Аввиценна) в «Каноне врачебной науки» пишет о лечебных свойствах асафетиды, что хилтит (камедь ферулы вонючей) изменяет запах тела, его пластырь помогает от гнойничков; «...помогает от лишая, хороша для лечения внешних и внутренних нарывов. Ферула вонючая, сваренная в уксусе с коркой граната, излечивает от шишек в заднем проходе и гонит мочу; хилтит растворяет кровь, сгустившуюся внутри тела, помогает при лечении злокачественной опухоли, от лишая. Если пить хилтит с гранатовым



соком, то это помогает при разрыве мышц и от болей нервов, вызванных спазмами и параличом; при употреблении хилтита вместе с сухим инжиром помогает от желтухи, почечуя и помогает от язв в кишках.

Согласно Абуали Сино корень ферулы вонючей (махрус) вызывает отрыжку и закрепляет естество, согревает желудок, укрепляет его и возбуждает аппетит.

Хороша в виде мази с медом при начинающейся катаракте. Если распустить асафетиду в воде и пить глотками, она тотчас прочищает голос и помогает от хронической шершавости горла. Смолу прикладывают к месту укуса бешеной собаки или змеи, скорпиона или каракурта. В виде питья или мази с оливковым маслом она помогает противостоять ядам» [1;2;30].

В народной медицине Средней Азии, в том числе таджикскими лекарями камедь-смола (санги камол, ангуза и др.) применяется при истерии, туберкулезе легких, язве желудка, эпилепсии (сар), слабости нервов, ипохондрии, сифилисе, при болезнях печени, злокачественных опухолях, а также как диабетическое, желчегонное, противосудорожное и глистогонное средство; молодые листья смешанные с кислым молоком, назначаются при сифилисе и при злокачественных опухолях, наружно как ранозаживляющие, при дерматозах [36; 24; 25; 26; 29;39; 41; 44; 45].

В настоящее время виды рода *Ferula* L., особенно *Ferula foetida*, считаются в мировом масштабе важнейшими лекарственными растениями на Востоке. Для лекарственных целей используется главным образом ароматическая камедь-смола, накапливающаяся в значительных количествах в корнях ферулы, а по мнению многих авторов [7;12;; 22;23; 50; 51;52] засохшую смолу *Ferula foetida*, несмотря на отвратительный запах, широко используют в качестве спазмолитического, возбуждающего, седативного, антигельминтного и инсектицидного средства, хотя использование в настоящее время уменьшилось по сравнению с прошлым многократно [23], а само растение во многих местах (Афганистан и Иран) почти уничтожено.

В научной медицине камедь-смолы асафетида применяется в виде настойки, пилюль, эмульсии как противоспазматическое средство при астме, истерии и других нервных заболеваниях, а также как противосудорожное и противоглистное; кашичу из корней, заваренную кипятком, используют в качестве ранозаживляющего средства в ветеринарии [7;22;44; 45].

Изучение полезных свойств некоторых видов *Ferula* L., начатое ещё в 30-40-е годы XX века, позволило выявить их ценные смолоносные, эфирномасличные, крахмалоносные, камеденосные, медоносные, целебные, кормовые свойства [27; 33]. Смолы, содержащиеся в *F. foetida* (кавраке), использовали в различных отраслях промышленности (химической, текстильной, резиновой, медицине и др.), а из ее крахмала добывали спирт [11].

Согласно наблюдениям при резке листьев асафетиды (*Ferula foetida*) происходит головокружение и опьянение [35]. В гомеопатии назначается при болезнях печени, органов желудочно-кишечного тракта, неврозах [9].

**Стандартные дозировки:** В случаях, когда не указана конкретная дозировка, асафетиду следует принимать в небольших количествах (не более 1/4 чайной ложки порошка).

Для чистой асафетиды дозировка вдвое меньше. Противопоказания: не следует злоупотреблять пряностью при высокой температуре, повышенной кислотности, беременности, крапивнице, сыпи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абуали Ибн-Сино. Канон Врачебной науки / Абуали Ибн-Сино. –Ташкент: Изд-во АН Узб.ССР, 1982. - кн.2. -832 с.
2. Абуали ибни Сино. Конуни тиб, кит.2. андаршинохти доруhoи сода / Абуали Ибн-Сино. –Душанбе: Сарред. илмии Энциклопедииа Советии Тоҷикистон, 1991. -552 с.
3. Абурайхон Беруни. Избранные произведения IV. фармакогнозия в медицине (Китоб-ас-сайдана фи-т-тибб)/ Абурайхон Беруни. –Тошкент: «Фан», 1974, 1120 с.
4. Амирдавлат Амасиаци. Научное для неучей. научное наследство / Амирдавлат Амасиаци. -т. 13. -М., «Наука», 1990. -880 с.
5. Асеева Т.А. Лекарственные растения тибетской медицины / Т.А. Асеева, К.Ф. Блинова, Г.П. Яковлев. - Новосибирск, «Наука», 1985, с.160.
6. Асеева Т.А. Пищевые растения в тибетской медицине / Т.А. Асеева, Ц.А. Найдакова. –Новосибирск: «Наука», 1991. -С.129.
7. «Атлас лекарственных растений СССР». -М., 1962. -С. 576-577.
8. Абрамов М.М. Дикорастущие лекарственные растения Зсравшайской долины, применяемые в народной медицине. / М.М. Абрамов, О.Ф. Газе. - Тр.Узб.ун-та, 1950. №43. -С. 145-1 85.
9. Растения тибетской медицины. опыт фармакогностического исследования / С.М. Баторова [и др.]. – Новосибирск: «Наука», 1989. -160 с.
10. Варданян С.А. Фитотерапия в средневековой армянской гериатрии / С.А. Варданян // Биол.журн. – Армении: 1980. №1. -С. 108-117.
11. Выходы, константы и состав некоторых эфирных масел, имеющих значение в промышленности. в сб.: эфирномасличные растения, их культура и эфирные масла / В.В. Вильямс. -т.1. -Л., 1933. -С. 190-208.
12. Вольк О.Х. Лекарственные растения Афганистана / О.Х. Вольк // Журн. факульт. естеств наук Кабульского унив., 1967. т.3, №4 (на фарси).
13. Вышенский В.А. Добыча технического сырья на базе растительных ресурсов и специализированного сельского хозяйства Туркменистана: растит. ресурсы Туркменской ССР / В.А. Вышенский. Вып. 1. - Л.,1935.
14. Гаммерман А.Ф. Обзор лекарственных растений Туркмении / А.Ф. Гаммерман. - Тр.Туркм.фил. АН СССР, 1942. вып.2. -С.55-92.
15. Гаммерман А.Ф. Курс фармакогнозия / А.Ф. Гаммерман. -Л., 1948.
16. Гаммерман А.Ф. Антимикробные свойства лекарственных растений тибетской медицины: в сб.: фитонциды, их биологическая роль и значение для медицины и народного хозяйства / А.Ф. Гаммерман, К.Ф. Блинова, А.Н. Бадмаев. -Киев, 1967. -С.107-114.
17. Гаммерман А.Ф. Дикорастущие лекарственные растения СССР / А.Ф. Гаммерман, И.Н. Гром. -М.: «Медицина», 1976. -С.178-179.
18. Гиёхномаи Абумансури Муваффақ. –Душанбе: «Ирфон», 1989. -С.43-44.
19. Гиршсон Э. О гальбани / Э. Гиршсон. Фармацевт.журн.,1883. -т.23. -С.353.
20. Глухов М.М. Медоносные растения /М.М. Глухов. -М.-Л., 1952.
21. Горяев М.И.Эфирные масла флоры СССР/ М.И. Горяев. -Алма-Ата, 1952.
22. Головкин Б.Н. О чем говорят названия растений / Б.Н. Головкин. -М.: «Колос», 1992. -192 с.
23. Губанов И.А. Лекарственные и технические растения Афганистана / И.А. Губанов, Н.И. Либизов. Растит. ресурсы, 1970. т.6, вып.1. -С. 128-137.
24. Дадабаева О. Словарь научных и местных названий лекарственных растений Таджикистана / О. Дадабаева. –Душанбе, 1972. -130 с.
25. Дадабаева О. Дикорастущие лекарственные растения флоры Таджикистана / О. Дадабаева. –Худжанд, 1966. -С. 585.
26. Дикорастущие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране. -под. ред. акад. А.Л. Тахтаджанов. -Л.: «Наука», 1975, -С. 21. «Красная книга».
27. Жилинский С.Б. Душистые растения их сборы заготовок / С.Б. Жилинский. -М.-Л.: Коиз, 1932. -88с
28. «Жизнь растений» т.5(2). -М., 1981.
29. Загребельный И.А. Ресурсы лекарственных растений и потенциальные возможности для их умножения: в сб.: формация и народная медицина / И.А. Загребельный. -ч.1. -Душанбе, 2001. -С. 181-189.
30. Ибн Сино. Канон врачебной науки, кн. 2. О простых лекарствах / Абуали ибн Сино. –Ташкент: Изд. Узб.ССР, 1956. -828 с.
31. Ибрагимов Ф.И. Основные лекарственные средства китайской медицины / Ф.И. Ибрагимов, В.С. Ибрагимова. -М, 1960.

32. Илѣси Гафурзод. Табибони мардумӣ ва гиѣхпизишкӣ: дар маҷм: падидаҳои санъати дорусозӣ ва тибби мардумӣ / Гафурзод Илѣс. – Душанбе: «Хумо», 2001. – С.89-91.
33. Комаров Б.М. Определитель растений Северного Таджикистана / Б.М. Комаров. – Душанбе: «Дониш», 1967. – С. 335.
34. Флора Таджикской ССР / Е.П. Коровин [и др.]. т.V11. –Л.: «Наука», 1984. –С.187-188.
35. Ли А.Д. О комплексном использовании каврака / А.Д. Ли // *Ferula assa-foetida* Узб.биол. журн., 1959. №3. – С.80-81.
36. Монтеверде Н.Н. Туркестанская коллекция лекарственных продуктов Музея Главного ботанического сада / Н.Н. Монтеверде, А.Ф. Гаммерман. – Изв. Гл.ботан.сада, 1927. т.26, вып.4. –С.291-358.
37. Мухаммадхусайни Бурхон. Бурхони котеъ / Бурхон Мухаммадхусайн. ч. 1. – Душанбе: «Адиб», 1993. – С.122.
38. Некрасова В.Л. Уголок Туркестана в Московской г./ В.Л. Некрасова. *Естествознание и география*, 1915. №7-8.
39. Мухаммад Гиѣсуддин. Гиѣс-ул-луѓот / Гиѣсуддин Мухаммад. ч.1. – Душанбе, 1987. –С. 98.
40. Овчинников П.Н. Ущелье Варзоб как один из участков ботанико-географической области Древнего Средиземья. древнесредиземная флора Таджикистана, ее развитие в третичное и послетретичное время. флора и растительность ущелья реки Варзоб / П.Н. Овчинников. –Л.: «Наука», 1971. – 444 с.
41. Ритовъ М.В. Рускія лѣкарственные растения. т.1. дикорастущая и воздѣлываемые лѣкарственные растения / М.В. Ритовъ. –Петроградъ: Изд. П.П. Сойкина, 1918.- 254 с.
42. Сахобиддинов С.С. Дикорастущие лекарственные растения Средней Азии / С.С. Сахобиддинов. –Ташкент, 1948. –216 с.
43. Теофраст. Исследование о растениях кн. 9. –М.: Изд. АН СССР, 1951.
44. Ходжиматов М. В кн. Энциклопедия Советского Таджикистана / М. Ходжиматов. ч. 1. –Душанбе, 1978. – С.208.
45. Ходжиматов М. О содержании кумаринов в некоторых видах сем *Ariaceae* / [М. Ходжиматов, Н. Ёрматов, Ю.Д. Садыков и др.]. –Изв. АН Тадж ССР, отд. биол наук, 1979. № 3(75). –С. 64-69.
46. Халматов Х.Х. Основные лекарственные растения Средней Азии [Х.Х. Халматов, И.А. Харламов, П.К. Алимбаева и др.]. –Ташкент, 1984. –199с.
47. «Худуд-ул-олам». – Душанбе: Дониш, 1983. –С.13.
48. Уткин А.А. О некоторых ферулах и дорем Туркменистана и Южного Казахстана / А.А. Уткин. *Тр. Ботан. ин-та АН СССР*, 1938. сер.V, вып.1. –С.563-578.
49. Mannich Ph. *Presenilis*. *Arch. Pharm / Ph.*Mannich, 1936. Bd. 274. –P.461-472.
50. Rajanikanth B. *Phytochemistry* / B. Rajanikanth, B. Ravindranath, M.L. Shankaranarayana, 1984, vol.23. №4. P.899-900.
51. Volk O. H. *Afganistan, Drogen- Planta madia* / O.H. Volk, 1955, –P.5.
52. Volk O.H. *Afganistan, survey of afghan medicinal plantis* / O.H. Volk. *Pacistan Journ. Scient f Ind. Res.*, 1964. – P.4.
53. Miner T.H. *Prepared for Ministry of commerce Royal Government of Afganistan* / T.H. Miner. –Chicago, 1967.
54. Hocking G.M. *Pakistan medicinal plants* / G.M. Hocking. –Qual. *Plant et mater.veg.*, 1958. vol.5. №1-2. –P. 145-153.
55. Nadkarni K.M. *Indian materia medica* / K.M. Nadkarni. –Bombay, 1954. vol.1,2. –1319 p.
56. Chopra R.N. *Glossary of Indian medicinal plants* / R.N. Chopra, S.L. Nayar, I.C. Chopra. –New Dehli, 1956. –178p.
57. French D.H. *Ethnobotany of the Umbelliferae: biol.and Chem.of the Umbelliferae*, ed. by V. Hcywood / D.H. French. –London, 1971. –P. 385-412.
58. Imbesi A. *Index plantum* / A. Imbesi. –Messina, 1964. –771 p.
59. Государственная фармакопея. Изд.XI, 1987. вып. 1. –С. 295.

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРУЛЫ ВОИЮЧЕЙ В ДРЕВНЕ-ТРАДИЦИОННОЙ И НАРОДНОЙ МЕДИЦИНЕ**

В этой работе представлено применение ферулы воиючей (*Ferula foetida*) (*Ferula assa – foetida* auch. nom.L.) в древней традиционной и народной медицине. Ферула воиючая широко применялась как пищевой продукт, как лекарство и в хозяйственных нуждах.

**Ключевые слова:** ферула воиючая, древне-традиционная, народная медицина, медицинское применение.

## APPLICATION FERULA FOETIDA (FERULA ASSA – FOETIDA AUCH. NOM.L.) IN ANCIENT-TRADITIONAL AND NATIONAL MEDICINE

This item presents using of *Ferula foetida* (*Ferula assa – foetida auch. nom.L.*) in ancient-traditional and national medicine. *Ferula foetida* (*Ferula assa – foetida auch. nom.L.*) has used wide as well as food product, drugs and in economic needs.

**Key words:** *Ferula foetida* (*Ferula assa – foetida*), ancient-traditional, national medicine, medicine used.

**Сведения об авторах:** *Т.М. Зубайдова* – кандидат медицинских наук, заведующий отделом фармакологии и лекарственных растений НИИ Фармацевтического центра АМН МЗ РТ Телефон: **95-155-26-33**

*Дж.Н. Джамшедов* – кандидат биологических наук, директор Фармацевтического центра АМН МЗ РТ Телефон: **93-505-63-30**

*М. Ходжсиматов* - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Фармацевтического центра АМН МЗ РТ. Телефон: **236-0182(раб.)**

*М.Н. Назаров* - кандидат биологических наук, профессор, старший научный сотрудник Фармацевтического центра. Телефон: **93-436-27-71**

*С.Д. Исупов* – член-корр. АМН РТ, доктор фармакологических наук, ведущий научный сотрудник Фармацевтического центра АМН МЗ РТ. Телефон: **95-123-59-51**

*И.А. Загребельный* - ведущий научный сотрудник Фармацевтического центра АМН МЗ РТ. Телефон: **918-16-14-29**

*Н.Ю. Самандаров* - младший научный сотрудник отдела фармакологии и лекарственных растений НИИ Фармацевтического центра АМН МЗ. Телефон: **91-939-80-81**

*П.Ш. Сухробов* - соискатель отдела фармакологии и лекарственных растений НИИ Фармацевтического центра АМН МЗ. Телефон: **934-19-01-15**

## ОБЩАЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВИЦЕННОВСКИХ АНТИДИАБЕТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

*М.У. Шарофова, Ю.Н.Нуралиев*

Институт медицины Авиценны и фармакологии (ИМАФ),  
Центральная научно-исследовательская лаборатория ТГМУ им. Абуали ибни Сино

*Испытанное лекарство, лучше неиспытанного*

*Ибн Сина*

Абу Али ибн Сина (Авиценна, 980-1037) оставил для потомков богатейшее письменное наследие по медицине. Перечень медицинских книг ученого, вместе с приписываемыми ему отдельными трактатами, составляет 63 наименования [1], написанные в форме прозы и поэзии на арабском и таджикском языках. Его труды охватывают более 70 отраслей теоретической и практической медицины [2,3 и др.].

Ибн Сина, внес весомый вклад в разработку тактики терапии сахарного диабета (СД) и практического применения природных или натуральных средств - растительных, животных, минеральных продуктов при лечении данного заболевания. Спустя тысячу лет разработки Авиценны в области диабетологии не утратили своей актуальности.

Практические рекомендации Абу Али ибн Сины, непосредственно связанные с общей тактикой лечения и профилактикой сахарного диабета (который до второй половины XIX века назывался просто диабетом), по сей день сохраняют своё практическое значение и актуальны.

**Целями** настоящей работы явились:

1. Изучение и научная оценка опыта Авиценны по применению основных средств, а именно лекарственных растений в качестве этиотропной, патогенетической,

вспомогательной терапии СД, а также профилактики этого самого распространенного в мире заболевания.

2. Всестороннее обоснование, с позиции доказательной медицины, возможности внедрения лекарственных средств, практически испытанных на протяжении более десяти веков, в современную медицину.

Следует подчеркнуть, что древняя медицина, медицина эпохи Авиценны ещё ничего не знала о роли поджелудочной железы и участии её гормона – инсулина в обмене глюкозы, этиопатогенеза СД в целом. Патофизиологический и фармакологический скрининг показал, что все сведения Ибн Сины, посвящённые этой патологии всецело относятся к СД 2 типа (Нуралиев Ю.Н., Шарофова М.У., 2011).

**Материалы и методы исследования.** Для решения поставленной задачи нами были использованы следующие медицинские книги ученого:

1. "Канон врачебной науки": книга первая, в которой изложены общие вопросы медицины; книга вторая, посвященная простым лекарствам; книга третья, в которой подробно описаны вопросы этиологии, патогенеза, лекарственной терапии и диетотерапии диабета; и книга пятая, посвященная сложным лекарствам.

2. Трактат "ал-Вохия" - "Свод рецептов", на страницах которой Авиценна охарактеризовал около 700 простых растительных лекарственных средств, широко применяемых в его медицинской системе.

Фармакологический скрининг и характеристика антидиабетических лекарственных растений, описанных в "Каноне врачебной науки", в медицинских книгах и трактатах Ибн Сины - трудоёмкая задача, существенно отличающаяся от общепринятого скрининга других лекарственных растений, а также, от оценки применяемых в современной медицине синтетических препаратов. Эти различия состоят в следующем:

1. С целью безошибочного проведения скрининга, фармакологической и фармакотерапевтической оценки, прежде всего, необходимо провести правильный перевод названия лекарственных растений, минеральных и животных средств с арабского или средневекового таджикского языка на русский и латинский язык.

2. Определить сущность "Учения о мизадже" (учение о натуре) с позиции современной медицины. Известно, что многие представители в области медицины и смежных отраслей древневосточной медицины на протяжении многих веков с позиции этого классического медико-биологического учения оценивали нормальную или патологически измененную функцию отдельных внутренних органов и/или всего организма в целом. Нами впервые обоснованно доказано, что «холодный мизадж» это изменение кислотно-щелочных ресурсов организма в кислую сторону; «горячий мизадж» - в щелочную сторону, «мутадил» соответствует нейтральному (уравновешенному) уровню рН организма (Ю.Н. Нуралиев, М.У. Шарофова, 2011).

3. С позиции учения о мизадже определить характер природы (мизадж) каждого лекарственного средства (всего 84), рекомендованного Ибн Синой для терапии диабета, их принадлежность к «холодным» – кислотным или «горячим» - щелочным средствам.

5. В качестве доказательной базы для правильной фармакологической оценки авиценновских антидиабетических лекарственных растений, минеральных и животных средств, а также степени их безопасности, нами были использованы новейшие достижения таких отраслей современной науки, как фармакология, токсикология, фитотерапия и фитохимия [4и др.].

Для идентификации русских и латинских названий лекарственных растений и минеральных продуктов были использованы литературные источники, посвященные флоре

Таджикистана, республик Центральной Азии, Ирана, Афганистана, Российской Федерации и сопредельных с Россией стран [5,6 и др.].

**Результаты и их обсуждение.** Как видно из представленной таблицы №1, Ибн Сина в качестве простых антидиабетических и диетических средств, применял 84 натуральных (природных) биоресурса. Растительные средства составили 75 наименований или 89,3%. Среди них камедь и камедесмолы (абрикосовые, персиковые, феруловые и др.), всего 9 наименований. Минеральные продукты составили 3 наименования (3,6%); продуктов животного происхождения было 6, что составило 7,1%.

**Таблица №1. Классификация антидиабетических средств, согласно Авиценне по характеру их натуры и принадлежности к щелочным или кислотным продуктам**

Распределение антидиабетических средств согласно Авиценне (всего 84 биоресурса - 100%) на:							
↓		↓		↓		↓	
Растительные всего 75 (89,3%)		Минеральные – 3 (3,6%)		Животные – 6 (7,1%)		Камеди - 9 (12% по отношению к растительным продуктам)	
Щелочные	Ацидные	Щелочные	Ацидные	Щелочные	Ацидные	Щелочные	Ацидные
73(97,3)	2 (2,7)	3 (100)	0	1 (16,7)	5 (83,3)	9 (100)	0

К наиболее часто назначаемым антидиабетическим лекарственным растениям Ибн Сины, относятся: алтей лекарственный (*Althaea officinalis* L.), алоэ (*Aloe vera* L.), анис обыкновенный (*Anisum vulgare* Gaertn), акация камеденосная (*Acacia arabica* Willd), артишок посевной (*Cynaras colymnus* L.), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*) и другие его виды, бешенный огурец (*Ecballium elaterium* Rich.), верблюжья колючка (*Alhagicamelogum* Fisch.), виноград культурный (*Vitis vinifera* L.), галага (*Alpinia officinarum* Hance), гвоздичное дерево (*Caryphyllus aromaticus* L.), гранат обыкновенный (*Pinica granatum* L.), душица диктамп (*Origanum dictaminus* L.) и другие ее виды, касатик ирисовый (*Iris florentina* L.), кипарис вечнозеленый (*Cupressus sempervirens* L.), корица китайская (*Cinnamomum cassia* Bl.) и другие ее виды, кориандр посевной (*Coriandrum sativum* L.), кувшинка (*Nymphaeae alba*) и другие ее виды, ладан (*Cistus ladani* L.), лапчатка ползучая (*Potentilla reptans* L.), латук (*Lactuc ascariola* L.) мята полевая (*Mentha arvensis* L.) и другие ее виды, подорожник блошный (*Plantago oleracea* L.), портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.), роза казанлыкская (*Rosa damascena* Mill.) и другие ее виды, ромашка лекарственная (*Matricaria chamomiolla* L.), сумак дубильный (*Rhuscoriaria* L.), солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.), сыть (*Cyperus rotundus* L.), фасоль обыкновенная (*Phaseolusvulgaris* L.), фиалка душистая (*Viola odorata*L.), шафран посевной (*Crocus sativus* L.), чабрец (*Thymus glaber* Mill.) и десятки других.

В «Каноне» и в трактате «Свод рецептов» Ибн Сина традиционно перечисляет лишь названия антидиабетических растений. О разовой, суточной, курсовой дозе и лекарственной форме он говорит лишь в отдельных случаях. Поэтому мы сочли целесообразным в данной работе дать сводную таблицу с указанием русско-латинских названий, возможных используемых частей растений и их лекарственные формы.

Из состава перечисленных антидиабетических лекарственных растений Ибн Сина и другие средневековые врачи, путем простой технологической обработки вполне имели возможность получить свыше 250 простых фитопрепаратов (настои, отвары, растительные порошки, масляные или спиртовые экстракты и др.), каждый из числа которых, применялся

кратковременными курсами для основной, этиопатогенетической или вспомогательной терапии диабета.

**Таблица №2. Названия лекарственных растений, минеральных и животных продуктов и возможные их лекарственные формы**

<b>Русские и латинские названия растений и продуктов</b>	<b>Используемая часть растений</b>	<b>Применяемые лекарственные формы</b>
Айва обыкновенная <i>Cydonia vulgaris pers</i>	Цветы, плоды, сок, камедесмола	Настой цветов, сок свежих плодов, отвар из высушенных плодов, камедесмола
Акация камеденосная <i>Acacia arabica Willd</i>	Цветки, камедесмола	Настой цветков, сок в натуральном виде и в составе других лекарств
Алоэ <i>Aloe vera L.</i>	Листья	Сок листьев, медный экстракт, жидкий экстракт
Анис обыкновенный <i>Anisum vulgare Yaertn</i>	Плоды	Отвар плодов, анисовое масло в смеси с другими лекарствами
Артишок посевной <i>Synaras colymis L.</i>	Сок надземной части, корни, камедь	Отвар плодов, часто семена добавляют к другим лекарствам, камедь, сок травы
Бешеный огурец <i>Ecballium elaterial Rich</i>	Трава	Настой, сок из свежей травы, порошок из высушенной травы
Верблюжья колючка <i>Alhagica melorum Fisch</i>	Корни, трава, манна (смола)	Отвар из корней, настой травы, камедесмола (манна)
Виноград культурный <i>Vitis vinigera L.</i>	Листья, молодые веточки	Настой из высушенных листьев, сок из свежих листьев и молодых веточек
Галанга (Калган) <i>Aplinia officinarum Hance</i>	Корни, кора из надземной части	Отвар
Гвоздичное дерево <i>Caryphyllis aromaticus L.</i> син. <i>Eugenia caryophyllata Thunb</i>	Плоды, кора, листья	Отвар из коры или корней, смола в чистом виде
Гранат обыкновенный <i>Runica granatum L.</i>	Кора плодов, цветки, плоды	Отвар коры плодов, настой цветков, сок сладких плодов
Груша обыкновенная <i>Ryrus communis L.</i>	Плоды, зола плодов	Отвар или компот из плодов, цветки в виде порошка или настоя
Дрок ситниковый <i>Yenista acanthoeloda DC</i>	Кора, смола	Отвар коры и смола в качестве вспомогательного средства
Душица диктамп <i>Origanum dictamnus L.</i>	Трава, масло	Настой травы, порошок из надземной части, масляная, спиртовая вытяжка
Душица мари <i>Origanum marul</i>	Трава, масло	Настой травы, порошок из надземной части, масляный экстракт
Исфидбаджи (холодец)	Холодец из говяжьих ножек	В свежем натуральном виде

Индиго красильное <i>Isatis tinctoria</i> L. Либо <i>Indigo feratinctorial</i>	Корни, зола	Отвар корней, зола из надземной части
Зола антидиабетических растений	Зола	Порошок отдельно или в комбинации с другими лекарствами
Камал <i>Mallotus philippinensis</i> Muell	Порошкообразная масса, образующаяся на поверхности плодов камала	Порошок в натуральном виде или в комбинации с другими лекарственными средствами
Камфора - <i>Camphora</i>	Масляный раствор	В каплях или в виде аппликаций
Корица китайская <i>Cinnamum cassia</i> Bl. или <i>C. Zeylanicum wees</i>	Кора, корни	Отвари порошок корней или коры, масляный экстракт
Конкреции бамбука* <i>Bambusa arundinaceae</i> Willd	Высохшая смола	В форме порошка или в комбинации с другими лекарствами
Кувшинка- <i>Nimphaea alba</i> N. Lutea <i>Lotis</i> L.	Семена, корень	Отвар, порошок измельченного сырья
Куриные яйца	Свежеотваренные	После выдержки вареных яиц в 4-7% растворе уксуса до 12 часов
Ладан – <i>Cistus ladaniferus</i> L. <i>C. creticus</i> L.	Цветки, корень	Настой цветков, отвар корней
Лапчатка ползучая <i>Rotentill areptans</i> L.	Листья, корень	Настой и отвар корней
Латук <i>Latucas cariola</i> L.	Семена, млечный сок	Отвар
Леканора – <i>Lecanora Esculenta laffinis</i> Ev.	Разновидность глины	Порошок, кашица
Лимон обыкновенный <i>Citrus limon</i> Burm	Сок, плоды	В натуральном виде
Мак снотворный <i>Papaver somniferum</i> L.	Семена	Отвар, порошок
Морковь <i>Malaba ilapumila</i> Pois <i>M.Secacul</i> Russ	Сок, семена	Отвар, сок в свежем виде
Мята полевая (Азиатская) <i>Mentha arvensis</i> (V.Satava)	Листья, трава	Настой, масляный экстракт
Огурец посевной <i>Cucumis situvus</i> L.	Семена	Отвар в натуральном виде
Пальма финиковая <i>Foenix dactylifera</i> L.	Плоды	Отвар
Папирус <i>Сyperus papyrus</i> L.	Корень, зола	Отвар, зола, порошок внутрь
Пион лекарственный <i>Raonia officinalis</i> Retz	Корень	Отвар
Пивные или молочные дрожжи-	В натуральном виде	В отдельности или в



Saccharomycetes cerevisiae Hans		комбинации различных дрожжевых продуктах
Подорожник блошный Plantago psyllium L.	Листья, семена	Настой или отвар
Портулак огородный Portulaca oleracea L.	Корень, трава	Отвар или настой
Прополис (мум) - Propolis		
Пшеница обыкновенная Triticum vulgarevill	Отруби, мука крупного помола	Отвар, каша либо хлеб из муки грубого помола
Роза казанлыкская Rosa damagcena Mill	Цветки, масляный экстракт	Натуральный порошок, настой, масляный экстракт
Роза (шиповник обыкновенный) собачья Rosa canina L.	Цветы и плоды	Настой, отвар
Ромашка лекарственная Matricaria chamomilla L.	Листья и цветы	Настой
Слива домашняя Prunus domestica L.	Сок, камедь, высушенные плоды	В натуральном виде
Солодка голая Glycyrrhiza glabra L.	Корень	Отвар, порошок корней в натуральном виде
Сыпь круглая Cyperus rotundys L. C.Lengus L.	Клубни	Отвар, порошок
Тростник обыкновенный Phragmites communis Trin	Кора, корень, зола	Отвар, зола в виде порошка или кашицы
Тыква Cucurbita maxima dich.	Зрелые плоды	Плод в виде пищевой добавки
Ушна (лишайники) Usnea articulata Ach.	Высушенная масса	Настой и порошок из высушенной массы
Фасоль обыкновенная Phassolus vulgaris L.	Стручки	Настой, отвар
Фиалка душицы Viola odorataL.	Корень	Фиалковый сироп, отвар
Ячмень обыкновенный Hordeum vulgare L.	Семена	Отвар (1:5), каша из измельченных семян, ячменные лепешки
Сумах дубильный Rhus coriaria L.	Корни, кора ветвей или корней	Отвар, порошок
Абрикос садовый Prunus armenjaca L.	Плоды	По 4-6 штук 2 раза в день
Алтей лекарственный Altheae officinalis L.	Плоды, цветы и корень	Отвар плодов или корней, настой цветков
Барбарис обыкновенный Berberis vulgaris B. asiatica Rochb	Плоды, кора ветвей и корней	Отвар, сухой или густой экстракт
Марь Chenopodium capitatum L. Или Amaranthus Blitum L.	Кора	Отвар
Бабровая струя (секрет мужской железы самца бобра)	Секрет	Масляная взвесь в смеси с розовой водой или в виде

Casto sifiber L.		густой массы
Армянская глина	Очищенная глина	Порошок
Мирра. камедесмолы различных деревьев Commiphora abyssinica (Engl) или C.myrra Engl	Смола	Порошок в смеси со сложными лекарствами
Миробаланы эмблические Phyllanthus emblica L. или Terminaliachebula	Плоды	Отвар (1:5), порошок в натуральном виде или в составе сложных лекарств
Чабрец дикий или тимьян ползучий Thymus glaber Mill или T.Serpyllum Fries	Трава, плоды	Настой, отвар, порошок
Кориандр посевной Coruandrum Sativum L.	Плоды, высушенная трава	Отвар, масляная вытяжка
Ель Piceaexclsalink	Орешки, смола, кора	Отвар, орешки смолы в чистом виде или в составе сложных лекарств
Кассия Cassia absis L.	Семена, листья	Отвар и настой, как вспомогательное средство
Шафран Crocus sativis L.	Лепестки	Настой, натуральный порошок либо в составе сложных лекарств
Кипарис вечнозеленый Cupressus sempervirens L.	Плоды (шишки)	Отвар
Касатик ирисовый Iris iorentina L.	Корни	Отвар, порошок в составе сложных прописей

Примечание: \*- конкреции бамбука это кристаллические отложения между узлами бамбука.

\*\* Отвары и настои применялись в соотношении 1:10.

В результате проведенного нами фитохимического, фармакологического скрининга установлено, что основная масса растительных средств 73 (97,3%) из числа 75 наименований, в своем составе содержат щелочные эквиваленты (калий, натрий, магний и другие) или биологически активные вещества с ощелачивающими свойствами. Благодаря этому после приёма внутрь они способны в целом вызывать ощелачивающий эффект. По словам Ибн Сины, под их воздействием натура жидкой среды организма, **из желчной переходит в умеренную, т.е. из кислой в нейтральную или щелочную сторону.**

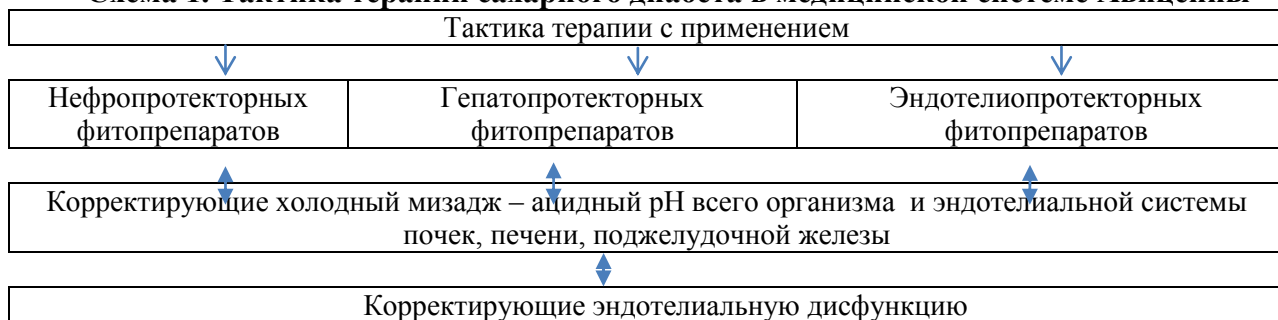
Известно, что сахарный диабет часто сопровождается явлениями ацидоза жидкой среды организма. В результате этого нарушается нормальный гомеостаз и связанный с этим процессом ряд нейрофизиологических и биохимических механизмов организма.

Благодаря своим ощелачивающим свойствам, рекомендуемые Ибн Синой антидиабетические средства проявляют активное эндоочищающее действие, что имеет неопределимое значение не только при терапии сахарного диабета 2 типа, но и при лечении десятка других неинфекционных заболеваний, патогенез которых связан со сдвигом кислотно-щелочного равновесия (КЩР) организма в кислую сторону.

Фармакологическим скринингом установлено, что основная масса описываемых Авиценной антидиабетических растений способны активно корректировать нарушенные метаболические процессы. Поэтому они наряду с сахаропонижающим действием, обладают нефропротекторным, антигипоксическим, антиоксидантным, эндоочищающим, противовоспалительным, мембраностабилизирующим, гепатопротекторным,

ангиопротекторным и другими ценными лечебными свойствами. Благодаря этим своим лечебным действиям они на протяжении многих веков широко применялись для терапии диабета и сопутствующих диабету заболеваний. Многие из них (более 30 наименований) в настоящее время стали фармакопейными.

### Схема 1. Тактика терапии сахарного диабета в медицинской системе Авиценны



Природные антидиабетические средства, рекомендуемые Авиценной в качестве основной этиопатогенетической, вспомогательной и симптоматической терапии диабета, характеризуются низкой степенью токсичности и отсутствием побочных негативных реакций при их длительном и повторном применении. Это особенно важно при лечении сахарного диабета 2 типа и, ряда часто предшествующих или сопутствующих этой патологии хронических заболеваний со стороны почек, печени и эндотелиальной системы. Ибн Сина, как опытный врач подчёркивает: **«Знай, если ты ошибаешься при (лечении) печени, то твоя ошибка перейдёт на сосуды и затем на (все) тело».**

Глядя на перечень лекарственных средств, рекомендованных Авиценной для терапии сахарного диабета, у каждого современного специалиста могут возникать вопросы: Почему 1000 лет тому назад Авиценна для терапии диабета рекомендовал 84 простых и более 10 сложных лекарственных средств? Почему основная масса (97%), рекомендованных гениальным врачом для терапии диабета растительных и минеральных средств обладают ощелачивающим действием? Ответы на поставленные вопросы можно найти в общих правилах, рекомендуемых Ибн Синой для тактики терапии диабета. Одним из основных требований его тактики терапии диабета является: **диабет необходимо лечить по принципу «противоположное противоположным».** Он считал лечение диабета по принципу «подобное подобным», т.е. ацидоза с помощью ацидных средств, опасным. **Нельзя использовать одно и то же лекарство, длительными курсами лечения.** Эти конкретные и строгие требования Авиценна предъявлял к тем антидиабетическим средствам, которые все до единого были натуральными и, каждый из них обладал определенными гепато-, нефро- и эндотелиопротекторными свойствами.

Возможно, одна из главных причин постоянно прогрессирующего роста СД 2 типа в мировом масштабе, сосудистых осложнений, случаев с инвалидностью и летальные исходы от этой патологии непосредственно связана с несоблюдением постоянно востребованных практических рекомендаций Авиценны. Современная медицина лечит СД 2 типа путём назначения длительных курсов чуждых для организма человека синтетических лекарственных препаратов. Основная масса синтетических препаратов при длительных и повторных курсах терапии вызывают эндотелио-, нефро-, гепато-, панкреально- и иммунотоксические эффекты (Машковский М.Д., 2003).

Ещё раз уместно подчеркнуть, что в соответствии с учением диабетогенеза Авиценны, диабет возникает из-за нарушения мизаджа человека из состояния «мутадила» (нормального уравновешенного) в холодную (ацидную) сторону. Поэтому все продукты, обладающие холодной (ацидной) натурой, он считал потенциально диабетогенными. С учетом этого диабет он лечил по принципу «противоположное противоположным». Поэтому почти все назначаемые Ибн Синой антидиабетические средства имели горячую натуру, т.е. ощелачивали организм.

На наш взгляд, вторая, более коварная ошибка современной медицины, заключается в том, что не только специалисты в области медицины, здравоохранения и смежных отраслей, но даже врачи-эндокринологи нередко назначают достаточно большие дозы кислотных продуктов (плоды лимона, шиповника, сумаха дубильного, сыворотку кислого молока и ряд других) для терапии СД 2 типа. Ибн Сина подобную тактику терапии относил к тактике лечения по принципу «подобное подобным», абсолютно противопоказанным и опасным для больных, страдающих СД.

Более 60 наименований антидиабетических растений, описанных в трудах Авиценны, произрастают на территории современного Таджикистана.

Рациональное использование наследия ученого, посвященного терапии СД, позволяет без затруднений найти перспективные для разработки и внедрения новые антидиабетические фитопрепараты, не выезжая за границы Таджикистана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нуралиев Ю.Н. Медицинская система Авиценны / Ю.Н. Нуралиев. - Душанбе: Дониш, 2005. – 300 с.
2. Петров Б.Д. Ибн Сина (Авиценна)/ Б.Д. Петров. - М.: Медицина, 1980. – 151 с.
3. Нуралиев Ю.Н. Историческое значение учения Ибн Сины о диабете. В кн.: Ибн Сина и культура его эпохи / Ю.Н. Нуралиев, М.У. Шарофова. -Душанбе: Дониш, 2005. - С. 295-316.
4. Дедов И.И. Инкретины: новая веха в лечении сахарного диабета 2 типа. Учебное пособие / И.И. Дедов, М.В. Шестакова. -М.: Медицина, 2010. -С. 27-69.
5. Соколов С.Я. Справочник по лекарственным растениям (фитотерапия) / С.Я. Соколов, И.П. Замотаев. - М.: Медицина, 2003. – 458 с.
6. Яковлев Г.П. Энциклопедический словарь лекарственных растений и продуктов животного происхождения / Г.П. Яковлев, К.Ф. Блинова. – СПб.: Специальная литература, 1999. – 405 с.

#### ОБЩАЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВИЦЕННОВСКИХ АНТИДИАБЕТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

В работе дана общая фармакологическая характеристика, рекомендованных Ибн Синой более 80 антидиабетических средств природного происхождения, не потерявших своей актуальности для современной диабетологии. С целью ранней диагностики, более эффективной профилактики и терапии сахарного диабета 2 типа, методом химико-фармакологического скрининга авторами охарактеризованы растительные, минеральные и животные средства, и предложена современная авиценновская тактика этиопатогенетической, вспомогательной и симптоматической терапии этой патологии.

**Ключевые слова:** Авиценна, мизадж, сахарный диабет, лекарственные растения, тактика терапии, химико-фармакологический скрининг.

#### THE GENERAL PHARMACOLOGICAL CHARACTERISTICS OF AVICENNA'S ANTIDIABETIC MEDICAL PRODUCTS

In article the general pharmacological characteristic of the more than 80 antidiabetic means of natural origin recommended by Ibn Sina which have not lost the urgency for modern diabetology are given. For the purpose of early diagnostics, more effective preventive maintenance and therapy of a diabetes 2 types, by the methods of chemical and pharmacological screening, authors are characterised vegetative, mineral and animal means. Modern Avicenna's, ethiopathogenetic, auxiliary and symptomatic tactics of therapy of this pathology is offered.

**Key words:** Avicenna, mizaj, a diabetes, herbs, therapy tactics, chemical and pharmacological screening.

**Сведения об авторах:** *М.У. Шарофова* - врач – фармаколог, Институт медицины Авиценны и фармакологии (ИМАФ) ЦНИЛ ТГМУ им. Абуали ибни Сино. Телефон: **918-61-41-23**. E-mail: <mijgona72@mail.ru>  
*Ю.Н. Нуралиев* - доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор Института медицины Авиценны и фармакологии (ИМАФ) ЦНИЛ ТГМУ им. Абуали ибни Сино. Телефон: **918-35-84-84**

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЗУБНОГО РЯДА У БОЛЬНЫХ С СОПУТСТВУЮЩЕЙ СОМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ**

*С.К. Сабуров, А.Р. Зарипов, Г.Г. Ашууров*

**Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино,  
Таджикский институт последипломной подготовки медицинских кадров**

По сведениям ряда авторов [1, 2] показатели распространенности и интенсивности основных стоматологических заболеваний выше среди лиц с наличием соматической патологии, чем среди здоровых лиц. В многочисленных исследованиях [3, 4, 5] доказано существование определенной взаимосвязи между патологическими изменениями в полости рта и наличием хронической соматической патологии, которая проявляется в форме взаимного отягощения.

В связи с этим весьма актуальными остаются профилактика и ранняя диагностика патологических процессов в тканях полости рта и организма в целом, вызванных ионами металлов зубных протезов.

**Цель исследования.** Изучение взаимосвязи между супраконструкционными элементами несъемного протеза и уровнем биохимических показателей ротовой жидкости у больных с сопутствующей соматической патологией.

**Материал и методы исследования.** Для достижения поставленной цели проведено клиничко-лабораторное обследование у 48 больных с неблагоприятным соматическим фоном в возрасте 25-50 лет с диагнозом частичным отсутствием зубов, обратившихся для протезирования несъемными мостовидными конструкциями в УКЦ «Стоматология» ТГМУ им. Абуали ибни Сино. Все пациенты имели включенные окклюзионные дефекты зубных рядов верхней и нижней челюстей III и IV классов по Кеннеди, либо на одной челюсти, либо на обеих челюстях.

После первичного осмотра общесоматических больных с окклюзионными дефектами до этапа ортопедического лечения было проведено контролируемое обучение методам проведения гигиенических процедур полости рта. Все последующие показатели получены уже после этого мероприятия.

В супернатанте ротовой жидкости у больных с включенными дефектами зубных рядов определяли количество белка и активность ряда ферментов до начала ортопедического лечения, после фиксации несъемных литых и цельнолитых мостовидных конструкций, облицованных керамикой, и спустя 6 мес. после фиксации. Забор смешанной слюны осуществляли в утренние часы натощак. Пациент пассивно сплевывал слюну в центрифужную пробирку в течение 10 мин.

Концентрацию белка в ротовой жидкости определяли биуретовым методом, активность  $\alpha$ -амилазы – по Каравею, аланинаминотрансферазы и лактатдегидрогеназы – по Френкелю и Ройтману, щелочной фосфатазы – по Бессею и Лоури на биохимическом анализаторе.

Результаты исследования обработаны статистически с использованием критерия Стьюдента и непараметрических методов математического анализа.

**Результаты исследования и их обсуждение.** У больных с сопутствующей соматической патологией при оценке влияния протезирования несъемными мостовидными протезами металлического и металлокерамического характера на состояние мягких тканей в области супраконструкционных элементов нами удалось установить следующее. У 96,6% обследованных больных с неблагоприятным соматическим фоном гигиена полости рта на момент первичного осмотра была неудовлетворительной. Особенно обильные зубные отложения отмечались в группе больных до проведения ортопедического лечения и локализовались на язычных поверхностях передних зубов нижней челюсти, а также на щечных поверхностях жевательных зубов верхней и нижней челюсти.

У больных с общесоматической патологией при оценке влияния металлических конструкций на распространенность воспалительного процесса в околозубных тканях опорных зубов было установлено, что до ортопедического лечения окклюзионных дефектов индекс РМА в среднем составил  $60,23 \pm 4,20\%$ . Через месяц после фиксации соответствующего протеза в полости рта этих же больных воспаление охватывало всего лишь  $23,48 \pm 0,16\%$  поверхности десны. По истечении 6 мес. с момента протезирования металлическими конструкциями распространенность воспалительного процесса вновь достоверно увеличивалась до значения  $42,12 \pm 0,02\%$ . Вместе с тем у общесоматических больных с металлокерамическими конструкциями величина исследуемого индекса в динамике составила соответственно  $53,10 \pm 4,01\%$ ,  $0,18 \pm 0,02\%$  и  $1,22 \pm 0,12\%$ .

Полученные результаты среди обследованных больных с неблагоприятным соматическим фоном указывают на существование достоверной взаимозависимости между воспалительным процессом в околозубных тканях опорных зубов и ортопедическим лечением включенных дефектов зубных рядов с помощью металлических и недостоверной корреляции - с помощью металлокерамических мостовидных конструкций.

Относительно благоприятная динамика индекса Мюллемана наблюдалась у больных с окклюзионными дефектами при лечении этой группы металлическими протезами. Так, на 30 сутки от начала ортопедического лечения показатель кровоточивости десневой борозды снижался до  $21,17 \pm 0,62\%$  против исходного значения  $56,96 \pm 6,60\%$ . В отдаленные сроки наблюдения (6 мес.) значение исследуемого индекса составило  $36,94 \pm 0,12\%$ .

В группе больных с металлокерамическими конструкциями была выявлена следующая закономерность: на 30 сутки у всех пациентов отмечалось снижение индекса Мюллемана до среднецифрового значения  $0,23 \pm 0,09\%$  против исходного значения  $37,52 \pm 3,99\%$ , через 6 мес. после протезирования – до  $0,57 \pm 0,17\%$ .

У больных с сопутствующей соматической патологией значение пародонтального индекса PI (Russel) удерживалось на минимальной отметке в отдаленные сроки стоматологического наблюдения и было не столь существенным -  $3,73 \pm 0,13$  и  $4,46 \pm 0,22$  баллов соответственно на 30 сутки и через 6 мес. после ортопедического лечения окклюзионных дефектов металлическими конструкциями. После устранения дефектов зубных рядов металлокерамическими конструкциями исследуемый показатель составил соответственно  $3,01 \pm 0,10$  и  $3,17 \pm 0,12$  баллов.

Среди этих больных исходное значение индекса ОНI-S по J. Green и J. Vermillion до протезирования металлическими и металлокерамическими протезами составило соответственно  $4,80 \pm 0,09$  и  $2,96 \pm 0,05$  баллов. Наименьший показатель индекса ОНI-S был зарегистрирован через 1 мес. после фиксации металлических и металлокерамических конструкций - он составлял соответственно  $2,66 \pm 0,70$  и  $1,93 \pm 0,23$  балла. Следует отметить,

что данный показатель имел статистически значимых различий с аналогичными показателями по истечении 6 мес. после протезирования металлическими протезами. Вместе с тем за аналогичный период у больных с наличием общесоматической патологией и металлокерамических конструкций исследуемый балльный показатель не имел статистически значимых различий.

Полученные в результате клинического обследования данные позволяют отметить, что при неблагоприятном соматическом фоне на 30 сутки протезирования окклюзионных дефектов признаки воспаления практически не определяются у больных с наличием металлокерамических ортопедических конструкций. У этих больных через 6 месяцев после протезирования при осмотре полости рта в области супраконструкционных элементов регистрировалась десна бледно-розового цвета, плотно прилегающая к поверхности опорного зуба, не кровоточащая при зондировании. Аналогичная клиническая картина наблюдается при осмотре полости рта и через 12 месяцев. Вместе с тем у больных с наличием металлических зубных протезов на 30 сутки и через 6 месяцев после устранения окклюзионных дефектов признаки воспаления в околозубных тканях опорных зубов составили соответственно  $23,48 \pm 0,16$  и  $42,12 \pm 0,02\%$  по индексу РМА.

Полученные клинические материалы среди больных с сопутствующей соматической патологией свидетельствуют о том, что результаты ортопедического лечения окклюзионных дефектов напрямую зависят от вида используемой ортопедической конструкции. Так, среди обследованных больных с окклюзионными дефектами зубных рядов при их устранении с использованием металлокерамической конструкции в большинстве случаев получены хорошие результаты. У больных с наличием дефектов зубного ряда ортопедические результаты лечения с использованием металлических конструкций были оценены как удовлетворительные при незначительном устранении воспалительных явлений с сохранением значительной гиперемии десневых сосочков в области супраконструкционных элементов на фоне отека и кровоточивости.

Из полученных результатов следует, что при сопутствующей патологии протезирование как металлическими, так и металлокерамическими конструкциями не приводит к значимому изменению концентрации белков в ротовой жидкости до ( $1,78 \pm 0,20$  г/л), на 30 сутки ( $1,66 \pm 0,35$  г/л) и через 6 мес. ( $1,73 \pm 0,44$  г/л) после ее проведения. Следовательно, данный параметр не может оказывать существенного влияния на активность исследуемых ферментов ротовой жидкости у больных с неблагоприятным соматическим фоном.

Вместе с тем у больных с наличием общесоматической патологии сразу же после фиксации мостовидных конструкций достоверно увеличивается активность  $\alpha$ -амилазы до значения  $91,3 \pm 17,8$  ЕД/л против исходного значения до протезирования ( $3,67 \pm 5,5$  ЕД/л) ( $P < 0,001$ ). Тенденция к его повышенной активности отмечается и через 6 мес. после протезирования, когда она на  $44,23 \pm 3,0$  ЕД/л превышает аналогичный показатель до устранения окклюзионных дефектов. Данное явление можно связать с тем, что в процессе протезирования дефектов зубного ряда несъемными конструкциями происходит раздражение эпителиальных рецепторов тканей полости рта, что приводит к секреции слюнными железами дополнительного количества этого фермента.

Протезирование окклюзионных дефектов у больных с неблагоприятным соматическим фоном несъемными конструкциями приводит к снижению активности в ротовой жидкости аланинаминотрансферазы: до  $27,1 \pm 4,4$  МЕ/л сразу после его проведения и  $22,5 \pm 2,8$  МЕ/л спустя 6 мес против исходного значения исследуемого показателя  $43,9 \pm 9,8$  МЕ/л. Также отмечается тенденция к уменьшению активности в ней аспартатаминотрансферазы (соответственно  $65,7 \pm 13,5$  МЕ/л,  $57,5 \pm 6,2$  МЕ/л,  $79,6 \pm 11,4$  МЕ/л). Данное явление можно

объяснить тем, что до протезирования дефектов зубного ряда в процессе пережевывания пищи происходит механическое воздействие на слюнные железы пищевого комка с последующим усиленным поступлением из них в ротовую жидкость трансаминаз. После проведения протезирования окклюзионных дефектов зубных рядов у больных с общесоматической патологией эффективность пережевывания пищи увеличивается, а степень ее воздействия на железистую ткань уменьшается.

Как свидетельствуют полученные результаты, у больных с сопутствующей соматической патологией воздействие на ткани полости рта сразу после проведения протезирования окклюзионных дефектов несъемными мостовидными конструкциями не приводит к изменению активности лактатдегидрогеназы в ротовой жидкости по сравнению с исходными значениями (соответственно  $180 \pm 39$  МЕ/л и  $159 \pm 36$  МЕ/л). Однако через 6 мес. после фиксации несъемных мостовидных протезов этот показатель у больных резко увеличен до среднецифрового значения  $887 \pm 111$  МЕ/л ( $P < 0,01$ ). Такая заметная тенденция можно связать с воздействием на слюнные железы металлов, содержащихся в мостовидных протезах.

У больных с сопутствующей соматической патологией применение металлических несъемных конструкций оказывает неоднозначное воздействие на активность щелочной фосфатазы в ротовой жидкости. Сразу же после фиксации протеза она снижена на 53,1% (до  $17,5 \pm 3,3$  МЕ/л) по сравнению с аналогичным показателем до протезирования ( $37,3 \pm 7,0$  МЕ/л) ( $P < 0,001$ ). Можно полагать, что при наличии общесоматической патологии во время устранения дефекта зубных рядов происходит раздражение рецепторов костной ткани с последующим торможением интенсивности поступления из нее в кровь и ротовую жидкость щелочной фосфатазы. Через 6 мес. после фиксации несъемного ортопедического протеза активность щелочной фосфатазы в ротовой жидкости увеличивается на 18,7% по сравнению с ее уровнем до протезирования ( $P < 0,001$ ).

На основании проведенных исследований можно резюмировать, что ортопедическое лечение у больных с органной патологией и дефектами зубных рядов сопровождается значительным ухудшением гигиены полости рта при использовании металлических мостовидных конструкций, вовлечением десны в области супраконструкционных элементов в воспалительный процесс и усилением степени индуцированной кровоточивости десны опорных зубов. Сразу же после фиксации несъемных мостовидных протезов в ротовой жидкости резко увеличивается активность  $\alpha$ -амилазы на фоне снижения активности щелочной фосфатазы, что связано с воздействием на слюнные железы процедуры протезирования окклюзионных дефектов. Через 6 мес. после протезирования несъемными ортопедическими конструкциями в ротовой жидкости резко увеличивается активность лактатдегидрогеназы, однако снижается активность щелочной фосфатазы, что, на наш взгляд, обусловлено воздействием на мягкие ткани полости рта и кости челюстей металлических компонентов используемых несъемных протезов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баркан И.Ю. Оценка качества конструктивных особенностей и гигиенического состояния съемных зубных протезов у пациентов пожилого и старческого возраста с пограничными психическими расстройствами / И.Ю. Баркан, В.М. Семенюк, И.В. Струев // Современная ортопедическая стоматология. – 2009. №12. С.64-66.
2. Исмоилов А.А. Частота распространения основных стоматологических заболеваний у больных с неблагоприятной общесоматической патологией и разработка путей повышения адаптационных возможностей органов полости рта: дисс. ... д-ра мед.наук / А.А. Исмоилов. -Омск, 2012. – 217 с.
3. Caries incidence in young type I diabetes mellitus patients in relation to metabolic control and caries-associated risk factors / S. Twetman [et al.] // Caries Res. – 2002. – Vol. 36. – P. 31-35.



4. Marini I. A help during oral management in patients with epidermolysis bullosa / I. Marini, F. Vecchiet // J Periodontol. – 2001. – Vol. 72. – N 5. – P. 691-695.
5. Roldan R. Dental management of the patient with hemophilia / R. Roldan // Int J Paediatr Dentistry. 2003. Vol.13. P.30.

#### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЗУБНОГО РЯДА У БОЛЬНЫХ С СОПУТСТВУЮЩЕЙ СОМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ**

Авторами обнаружено существование прямой достоверной зависимости между воспалительным процессом в околозубных тканях опорных зубов и наличием металлической конструкции и недостоверной корреляции при наличии металлокерамической конструкции дефектов зубного ряда у больных с патологией внутренних органов и систем. Сразу же после фиксации несъемных мостовидных протезов в ротовой жидкости резко увеличивается активность  $\alpha$ -амилазы на фоне снижения активности щелочной фосфатазы, что связано с воздействием на слюнные железы и костной ткани процедуры протезирования дефектов зубного ряда.

**Ключевые слова:** дефект зубного ряда, соматическая патология, околозубная ткань, несъемный протез, щелочная фосфатаза,  $\alpha$ -амилаза.

#### **COMPARATIVE CLINIC-BIOCHEMICAL ESTIMATION OF ORTHOPEDIC TREATMENT DEFECTS RESULTS OF TEETH ROW IN PATIENTS WITH ACCOMPANYING SOMATIC PATHOLOGY**

Authors discovered existence of direct reliable dependency between inflammatory process in near teeth tissue of the supporting teeth and presence of metallic design and unauthentic correlation at presence of metal ceramic designs of teeth row's defect beside patients with pathology of internal organs and systems. Immediately after fixation of unresolved bridge type prosthetic device in oral liquid sharply increases the activity of  $\alpha$ -amylase on background of the reduction activities of an alkaline phosphate that is connected with influence on salivary glands and bone fabrics of procedure of the prosthesis defect of teeth row.

**Key words:** defect of teeth row, common somatic pathology, near teeth tissue, unresolved prosthetic, alkaline phosphate,  $\alpha$ -amylase.

**Сведения об авторах:** *С.К. Сабуров* – кандидат медицинских наук, доцент, директор Учебно-клинического центра «Стоматология» ТГМУ им. Абуали ибн Сино. Телефон: **98-561-53-53**

*А.Р. Зарипов* - кандидат медицинских наук, доцент кафедры ортопедической стоматологии ТГМУ им. Абуали ибн Сино. Телефон: **93-803-63-29**

*Г.Г. Ашууров* – доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой терапевтической стоматологии Таджикского института последипломной подготовки медицинских кадров. Телефон: **98-871-09-92**

#### **СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВОЛОС ЮНОШЕЙ ГИССАРСКОЙ И ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ**

*В.В. Николаева, М.Ё. Холбегов, М.Б. Устоев, О.А. Ризоева*

**Таджикский государственный медицинский университет им.Абуали ибн Сино,  
Таджикский национальный университет**

Спектральный («биохимический», микроэлементный) анализ волос (спектрограмма, минералограмма) – это исследование, которое позволяет провести диагностику нарушений минерального обмена, выявить соотношение необходимых и токсичных микроэлементов в организме человека и, самое главное, выявить скрытые причины заболеваний, будь то нарушения в питании, врожденные или приобретенные болезни обмена веществ, воздействия токсинов на производстве и в быту, при криминальных отравлениях, снижение функциональных резервов у спортсменов, определить степень распределения пигмента, а также определить предрасположенность человека к различным заболеваниям, проводить их профилактику и эффективное лечение. Однако, анализ волос является методом скрининга,

который может потребовать дальнейших уточняющих анализов и углубленных обследований у узких специалистов.[1,3]

Несмотря на то, что морфология волос в норме и при различных видах патологии в различных возрастных аспектах довольно хорошо изучена, все же изучение данного аспекта представляет интерес, так как волосы являются доступным объектом для исследования без ущерба для здоровья человека. [2]

Рост числа заболеваний связан с накоплением в атмосфере, воде, почве токсичных веществ, неправильным питанием, занятостью на вредных производствах. Это и многое другое вызывает нарушение баланса жизненно важных элементов в организме человека, способствует ухудшению его состояния и возникновению различных заболеваний.

Минеральные вещества входят в состав сложных органических веществ и присутствуют в продуктах питания, потребляемых нами. Если же наш организм не получает этих веществ в достаточном количестве, то функции органов нарушаются и мы приобретаем заболевания.

**Цель исследования.** Изучение спектрального строения волос молодых людей обеих долин для сравнения спектров пигментации.

**Материал и методы.** Нами были проведены добровольные антропометрические исследования юношей и девушек Гиссарской и Вахшской долины в возрасте 18-22 лет, прибывших для учебы в ТГМУ им Абуали ибни Сино.

Для исследования методом ИК- спектроскопии достаточно около 10 мг волос. Нами были использованы образцы волос основных изучаемых цветов: черного, каштанового, темно-каштанового и рыжего, взятых у молодых людей из обеих долин и записаны ИК-спектры на двулучевом спектрофотометре “SPECORD-75 IR”, в диапазоне частот 4000-400 см<sup>-1</sup>.

Преимущество этого метода состоит в том, что волосы предоставляют не сиюминутную информацию – как, например, анализ крови на содержание элементов, а стабильную картину “накопленных элементов” в нашем организме за несколько лет.

Срезаются образцы волос на затылке, в области шеи или в других местах длиной 3–4 сантиметра от корня. В этой длине содержится самая важная информация о состоянии организма за последние несколько месяцев.

Состриженные волосы обезжиривают ацетоном, промывают, а затем высушивают. Потом их моют еще раз полученной из бидистиллята сверхчистой водой и снова сушат. После чего локоны взвешивают и кладут в контейнер с водой и примесью азотной кислоты. Там они растворяются, и полученный субстрат попадает в спектрометр, куда по специальным трубкам подается газ аргон.

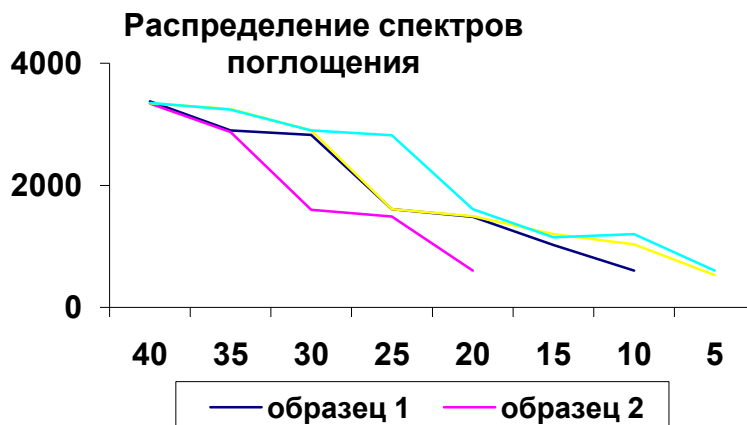
Под воздействием высокой температуры образуется плазма, в которой и сгорает образец. В результате сгорания на специальный детектор идет сигнал, который в дальнейшем обрабатывает компьютерная программа. Далее происходит сравнение полученных данных с региональными нормами для пола, возраста и выявляется характер отклонения.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ полученных ИК-спектров волос показывает, что им характерен, независимо от региона проживания, ряд общих полос поглощения. Кроме того, в зависимости от региона проживания людей меняется форма, положение  $\nu_{\max}$  и интенсивности отдельных характеристик ИК-поглощения.

Таблица 1

Образец	Максимальное значение	Среднее значение	Минимальное значение
№ 1	3300	1960	600
№ 2	3340	1981	600

№ 3	3345	1920	530
№ 4	3350	1934	600



Таким образом, волосы – это зеркало нашего организма, способные накапливать различную информацию о нас. Минеральные вещества входят в состав сложных органических веществ и присутствуют в продуктах питания, потребляемых нами. Если же наш организм не получает этих веществ в достаточном количестве, то функции органов нарушаются и мы приобретаем некоторые заболевания. Можно сказать, что элементный анализ волос позволяет получить точную и максимально полную информацию о том, как работает человеческий организм. Это поможет предупредить болезни и понять, что нужно изменить в собственной жизни для укрепления здоровья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын [и др.]. -М: Медицина, 1991. –С. 496.
2. Болдырев Б. Молекулярные и клеточные механизмы естественного старения и фотостарения /Б. Болдырев. Косметика и медицина, 2000. №4. -С.5-17.
3. Шукуров Т.Ш. Спектральные характеристики кожи и ее производных в зависимости от региона проживания: 58-я годовичная научная конференция ТГМУ, посвященная 100-летию со дня рождения академика К.Т.Таджиева. / Шукуров Т.Ш. [и др.]. -Душанбе, 2010. -С.236-237.

#### СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВОЛОС ЮНОШЕЙ ГИССАРСКОЙ И ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ

В статье изложены результаты исследования авторов, где установлено, что минеральные вещества входят в состав сложных органических веществ и присутствуют в продуктах питания, потребляемых нами. Если же наш организм не получает этих веществ в достаточном количестве, то функции органов нарушаются и мы приобретаем некоторые заболевания. Можно сказать, что элементный анализ волос позволяет получить точную и максимально полную информацию о том, как работает человеческий организм. Это поможет предупредить болезни и понять, что нужно изменить в собственной жизни для укрепления здоровья.

**Ключевые слова:** анализ волос, морфология волос, ИК-поглощения, минеральные вещества, полосы поглощения.

#### SPECTRALNYE FEATURES OF HISSAR AND VAKHSH VALLEYS TEENAGERS' HAIR STRUCTURE

The article presents the results of authors studies, which found that the minerals are part of the complex organic substances present in foods we consume. If your body does not get these substances in sufficient quantity, the functions of the organs are broken and we get some disease. We can say that the elemental analysis of hair allows you to get the most accurate and complete information on how the human body works. This will help prevent disease and to understand what needs to change in their own lives to promote health.

**Key words:** analysis of hair, hair morphology, infrared absorption, minerals, absorption bands.

**Сведения об авторах:** *В.В. Николаева* - соискатель кафедры физиологии человека и животных Таджикского национального университета. Телефон: **93-8722088**

*М.Ё. Холбеков* - заведующий кафедрой биологии с основами генетики ТГМУ им.Абуали Ибн Сино. Телефон: **(+992)600-36-55**. E-mail: **biotajmed@rambler.ru**

*М.Б. Устоев* - доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Таджикского национального университета. Телефон: **981-01-31-71**

*О.А. Ризоева* - преподаватель кафедры биологии с основами генетики ТГМУ им.Абуали Ибн Сино. Телефон: **93-4011675**

## **КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЁННЫХ ФОРМ КАРИЕСА ЗУБОВ У БОЛЬНЫХ С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ СОМАТИЧЕСКИМ ФОНОМ**

*Н.Г. Тураев, А.А. Исмоилов*

**Таджикский институт последипломной подготовки медицинских кадров**

Терапевтическая задача при лечении осложнённых форм кариеса зубов представляет собой активное устранение эндодонтопародонтального синдрома после эндодонтического вмешательства. Это диктует необходимость соблюдения эффективных методик препарирования корневых каналов [1, 2], а также поиск средств и методов для удаления инфицированного пристеночного дентина [3, 4] и качественного пломбирования корневых каналов [5].

**Цель исследования** – оценка клинико-рентгенологических результатов лечения эндодонто-пародонтальных осложнений у больных с патологией внутренних органов и систем.

**Материалы и методы исследования.** У 57 больных с патологией желудочно-кишечного тракта (35 чел.) и сердечнососудистой системы (22 чел.), с целью выявления клинико-рентгенологической эффективности эндодонтического лечения, 198 исследуемые зубы были разделены на 6 групп в зависимости от техники препарирования и способа obturation корневых каналов. В первой группе использовалась коронально-апикальная техника препарирования корневых каналов и их obturation термопластифицированной гуттаперчей, во второй – коронально-апикальная техника препарирования каналов и их obturation методом одного штифта, в третьей - апикально-корональная техника препарирования корневых каналов и их obturation термопластифицированной гуттаперчей, в четвертой - апикально-корональная техника препарирования корневых каналов и их obturation методом одного штифта, в пятой – традиционная техника препарирования корневых каналов и их obturation термопластифицированной гуттаперчей, в шестой – традиционный файлинг корневого канала и его obturation методом одного штифта.

**Результаты исследования и их обсуждение.** У больных с неблагоприятным соматическим фоном полученные результаты эндодонтического лечения зубов показали, что в ближайшие сроки существовала разница в восприятии техники препарирования корневого канала и способа его obturation. Так, наиболее благоприятные ближайшие результаты эндодонтического лечения получены в 1-й и 2-й группах больных, где использован коронально-апикальный файлинг канала и его obturation термопластифицированной гуттаперчей и методом одного штифта.

Как свидетельствуют полученные результаты, интенсивность послеobturationной болевой реакции в 1-й группе больных с общесоматической патологией варьировалась от

минимального ( $1,6 \pm 0,3$  балла) до максимального ( $3,5 \pm 0,3$  балла) значения, составляя в среднем  $2,8 \pm 0,3$  балла. Аналогичная вариабельность выявлена и во 2-й группе зубов, для которых характерна более низкая интенсивность болевой реакции (от  $3,3 \pm 0,5$  до  $5,1 \pm 0,5$  балла) при среднецифровом значении исследуемого показателя  $4,0 \pm 0,5$  балла. Следует отметить, что в этих группах интенсивность послеобтурационной болевой реакции достоверно не отличалась между собой и характеризовалась как «слабая».

В то же время в 3-й группе зубов у больных с патологией внутренних органов и систем интенсивность болевой реакции оказалась в 2 раза выше по сравнению с аналогичными показателями 1-й и 2-й группы. Согласно полученным материалам интенсивность болевой реакции со стороны периапикальных тканей регистрировалась с колебаниями от  $4,7 \pm 0,4$  до  $8,7 \pm 0,7$  балла при среднем значении  $6,6 \pm 0,5$  балла.

Показатель послеобтурационной боли в 4-й группе зубов колебался в пределах от  $5,9 \pm 0,6$  до  $10,0 \pm 0,8$  балла, что соответствовало умеренной выраженности болевых ощущений. В таких случаях, впрочем, как и в 1-й, 2-й, 3-й группах, боль, возникавшая после obturации корневых каналов, не требовала лечения и самостоятельно утихала в течение 1-3 дней.

У больных с желудочно-кишечной и сердечнососудистой патологией сравнительно неблагоприятные ближайшие результаты эндодонтического лечения получены в 5-й и 6-й группах зубов, где применяли традиционный файлинг корневого канала и его obturации диатермопластифицированной гуттаперчей и методом одного штифта. Частота болевой реакции в 5-й группе зубов колебалась от  $11,1 \pm 0,7$  до  $13,1 \pm 0,6$  балла, составляя в среднем  $11,8 \pm 0,5$  балла. В то же время в 6-й группе зубов исследуемый показатель колебался в пределах  $12,5 \pm 0,7$  -  $14,9 \pm 0,9$  балла при среднем значении  $13,8 \pm 0,6$  балла, что соответствовало сильной выраженности постобтурационных болевых ощущений.

На основании субъективных и объективных ощущений больных с неблагоприятным соматическим фоном характер постпломбировочной боли в разных группах зубов существенно различался. Так, пациенты 1-й и 3-й групп отмечали постоянную ноющую боль разной степени выраженности на протяжении 1-2 дней, во 2-й и 4-й группах чаще регистрировалась боль при надкусывании на зуб, а в 5-й и 6-й группах боль носила быстротекущий характер на протяжении 1-2 часов после непосредственной obturации корневых каналов.

У больных с патологией внутренних органов и систем в 5-й и 6-й группах зубов интенсивность послеобтурационной болевой реакции характеризовалась как «сильная», достоверно отличалась в сравнении с аналогичными показателями в 1-й, 2-й, 3-й и 4-й группах. Проведенный статистический анализ подтвердил, что разница в частоте постпломбировочной боли не случайна, с надежностью, которая превышала 99%. Зафиксированная нами разница в восприятии периапикальными тканями эндодонтических манипуляций, на наш взгляд, прежде всего, связана с пониженной реактивностью организма на фоне межсистемного нарушения, а также техникой препарирования и способом obturации корневого канала.

Таким образом, по нашему мнению, практическому врачу необходимо учитывать особенности повышенной реакции периапикальных тканей у больных с сопутствующей соматической патологией на использование техники препарирования и способы obturации корневого канала. При выборе того или иного метода файлинга и способа obturации корневого канала необходимо предупредить данный контингент о возможных болевых ощущениях.

Среди обследованных больных после активного пломбирования канала термопластифицированной гуттаперчей в области 18 зубов (9,09%) в первые сутки

появлялась легкая болезненность в проекции верхушки корней, которая постепенно затихала и исчезала. При контрольной рентгенографии в день пломбирования отмечалась хорошая obturация корневых каналов во всех случаях.

Ближайшие результаты рентгенологического исследования показали, что из 198 зубов корневые каналы 42-х зубов (21,2%) были запломбированы с незначительным выведением термопластифицированной гуттаперчи за верхушку корня. При этом нас интересовала реакция периапикальных тканей на присутствие гуттаперчи, в связи, с чем мы провели анализ частоты возникновения болевой реакции в зависимости от уровня obturации корневых каналов.

Следует отметить, что выведение диатермопластифицированной гуттаперчи за пределы верхушки корня способствовало увеличению распространенности послеobturationной боли во всех группах. Но наибольшая реакция со стороны периапикальных тканей регистрировалась в 5-й группе у 46-ти зубов (в 23,2% случаев) при традиционном файлинге корневого канала и его obturации диатермопластифицированной гуттаперчей. Пациенты 1-й и 3-й групп при заапикальном выведении пластифицированной гуттаперчи отмечали наличие боли в области 3-х и 25-ти эндодонтически леченых зубов (1,5% и 12,6% случаев соответственно).

Субъективное и объективное исследование эндодонтически леченых зубов показало, что в 5-й группе у двух пациентов на фоне гиперемии слизистой оболочки появились инфильтрат и сглаженность переходной складки зуба: значительная боль при вертикальной и горизонтальной перкуссии, что вынудило прибегнуть к хирургическим методам лечения (разрез по переходной складке). После проведенной терапии воспалительные процессы исчезли на 5-6 сутки, а функция зубов восстанавливалась. У остальных пациентов 5-й группы симптомы воспаления купировались после назначения противовоспалительных препаратов на 2-3 день. У одного пациента 3-й группы послеobturationная боль утихала сама по себе.

Изучение болевого синдрома после пломбирования корневых каналов у больных с общесоматической патологией в зависимости от топического расположения зубов обнаружило, что верхние и нижние зубы не различались по частоте и качеству постпломбировочные боли. Так, из общего количества леченых зубов на верхней челюсти боли возникли в 41,3% случаев, а на соответствующих зубах нижней челюсти данная величина в среднем составила 33,8%.

Изучая связь возникновения боли с числом запломбированных каналов, выяснилось, что частота возникновения послеobturationной боли в эндодонтически леченом зубе пропорциональна числу запломбированных в нем каналов. Из 56 леченных одноканальных зубов в ближайшие сроки у 12 из них (21,4%) имела место послеobturationная боль с интенсивностью  $7,3 \pm 0,5$  балла. При лечении 68 многоканальных зубов соответствующие показатели составили 33 (48,5%) и  $3,8 \pm 0,5$ .

У больных с неблагоприятным соматическим фоном частота возникновения постпломбировочной боли при эндодонтическом лечении зубов имела прямую пропорциональность от наличия «мертвой» пульпы. В частности при эндодонтическом лечении 42 зубов с хроническим периодонтитом частота послеobturationной боли составила 43,4% с выраженностью болевой реакции  $4,7 \pm 0,6$  балла. Вместе с тем при лечении 109 зубов с пульпитом исследуемые величины составили соответственно 26,6% и  $5,1 \pm 0,4$  балла. Это можно объяснить тем, что при периодонтите в отличие от пульпита врач-стоматолог работает с инфицированным материалом. В этих случаях, на наш взгляд, инфицированность корневого канала является провоцирующим фактором к усилению частоты возникновения постпломбировочных болей.

Таким образом, у больных с патологией внутренних органов и систем применение полновращающихся инструментов в сочетании с коронально-апикальной и апикально-корональной методикой в 2 раза снижает частоту и выраженность постпломбировочной боли. Такой успех объясняется тем, что используемые инструменты при полном вращении обеспечивают выход опилок наружу по спиральным канавкам рабочей части профайлов. Вращение профайла прежде всего предупреждает проталкивание содержимого канала в околоверхушечные ткани, что имеет место при традиционном файлинге.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балин В.Н. Практическая периодонтология. / В.Н. Балин, А.К. Иорданишвили, А.М. Ковелевский. –Санкт.-Петербург: -Питер: Пресс, 1995. -272с.
2. Барер Г.М. Ультразвук сквозь призму эндодонтии / Г.М. Барер, И.А. Овчинникова, В.Г. Маслий. Клиническая стоматология, 2002. -№ 1. –С. 32-34.
3. Макеева И.М. Смазанный слой корневого канала и его удаление / И.М. Макеева, А.Б. Пиминов. Эндодонтия today, 2002. –Т. 2. -№ 1-2. –С. 5-10.
4. Чиликин В.Н. Депульпирование зубов и лечение осложненного кариеса / В.Н. Чиликин. Клиническая стоматология, 1997. -№ 1. –С. 27-28.
5. Чиликин В.Н. Ключи к эндодонтическому успеху / В.Н. Чиликин. Клиническая стоматология, 2002. -№3. – С. 28-30.

#### КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЁННЫХ ФОРМ КАРИЕСА ЗУБОВ У БОЛЬНЫХ С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ СОМАТИЧЕСКИМ ФОНОМ

В основу работы положен анализ ближайших результатов эндодонтического лечения 198 зубов у 57 больных с сопутствующей соматической патологией. Применение современных эндодонтических инструментов в сочетании с коронально-апикальной и апикально-корональной методикой механической обработки корневых каналов в 2 раза снижает частоту и выраженность постпломбировочной боли.

**Ключевые слова:** пульпит, периодонтит, соматическая патология, коронально-апикальная методика, апекслокатор, термопластифицированная гуттаперча.

#### CLINICAL AND X-RAY RESULTS OF ENDODONTIC TREATMENT OF THE COMPLICATED FORMS OF THE CARIES IN PATIENTS WITH DISADVANTAGE SOMATIC BACKGROUND

In base of the article prescribed analysis nearest results of endodontic treatment 198 teeth beside 57 patients with accompanying somatic pathology. Using of modern endodontic instruments in combination with crown-apically and apex-crownly methods of the mechanical processing root channel in 2 times reduce the frequency and denominate of postfilling pain.

**Key words:** pulpitis, periodontitis, somatic pathology, crown and apically method, apex locator, thermoplastic gutta-percha.

**Сведения об авторах:** *Н.Г. Тураев* – соискатель кафедры терапевтической стоматологии Таджикского института последипломной подготовки медицинских кадров. Телефон: **928-00-05-41**

*А.А. Исмоилов* – старший научный сотрудник управления науки и издательской деятельности Таджикского института последипломной подготовки медицинских кадров, кандидат медицинских наук. Телефон: **92-762-0000**

#### ЖЕЛЧЕГОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ ФЕРУСИНО-G И ФЕРУСИНО-R В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ФОНЕ ТОКСИЧЕСКОГО ГЕПАТИТА

*Дж. Бобоев, Х.К. Холов, С.А.Авезов*

ГНИИ питания Министерства энергетики и промышленности РТ

**Актуальность.** В последнее время все большее внимание уделяется природным источникам биологически активных веществ (БАВ), так как они обладают низкой

токсичностью и ограниченным спектром побочных эффектов. К таким природным источникам относится и ферула вонючая (*Ferula assa foetida* L.)

Во флоре бывшего СССР встречались 105 видов этого рода, большая часть которых произрастает на территории Средней Азии (9, 13). Согласно М.Д. Мороз (1975), это один из обширных родов семейства зонтичных, насчитывающий 144 вида, а по данным М.Г. Пименова (6) на территории Средней Азии и Казахстана произрастает 106 видов ферулы и на Памироалае – 37 видов (11).

В камеди ферулы вонючей, согласно литературным данным, содержится от 4 до 29% эфирного масла, в состав которого входят серосодержащие соединения (до 6%), обладающие неприятным чесночным запахом, а именно дисульфиды, гексинилдисульфиды, фторбутилпропиондисульфиды, а также параоксикумарин и 6-8% пинена. В составе камедь-смолы, кроме эфирного масла, обнаружено 9,3-70% чистой смолы, 12-49% камеди, 0,06% ванилина, 0,68% свободного асарезинотанола, асарезинолы и их эфир с феруловой кислотой, 1,28% свободной феруловой кислоты, умбеллиферон, образующийся из феруловой кислоты, асарезин А, фарнезиферолы А, В, С, другие вещества.

В корнях ферулы найдено около 67,3% крахмала и около 9% смолы, в которой содержится до 0,4% эфирного масла. Эфирное масло содержит ацетаты линалоола, цитронеллола и доремола, а также ферулен, самбулен, доремон и доремол.

Смолистые выделения ферул использовались для целебных целей с древнейших времен. Еще Теофраст (370-285 гг. до н.э.) писал, что ферулу - «панак псклепиев» дают пить с вином при укусах змей, скорпионов, использовали с вином от нарывов, а с медом – от опухолей; сухим «панакон» присыпали мокнущие язвы (12). Камедесмолы применяются в восточной медицине более 1000 лет. Они вошли в фармакопеи 19 стран мира как противосудорожное средство.

Авиценна (1) во второй книге «Канон врачебной науки» пишет о лечебных свойствах (*Ferula assa foetida* L., *Ferula communis* L., *Ferula galbaniflua* Bois., *Ferula nodosa*., *Ferula persica* Willd, *Ferula sagapenum* Polask., *Ferula sumbul* Hook). Согласно его описаниям, камедь ферулы обладает выраженным ветрогонным, переваривающим, противовоспалительным и спазмолитическим свойствами при лечении геморроя, спазма мышц, головных болей, эпилепсии, зубной боли и отита, поясничных болей, а также очищает различные пятна на лице, обладает мочегонным действием.

Абумансур Муваффах (X в.) (2) в своем труде «Махзан уд-Авдия» указывает, что ферула снимает артралгические боли. усиливает работу желудка, улучшает аппетит, а также обладает ветрогонным и ранозаживляющим эффектом. Амирдавлат Амасиаци (XVII в.) (1990) (3) в книге «Ненужное для неучей» пишет, что препараты ферулы вонючей оказывают смягчающее действие, усиливают половое влечение, способствуют перевариванию пищи, обладают мочегонными и глистогонными свойствами, кроме того, камедь ферулы является хорошим противоядием.

В Средней Азии ферулу вонючую издавна использовали как противосудорожное, противоспазматическое, желчегонное, глистогонное и противовоспалительное средство, а также при ипохондрии, истерии, судорогах, бронхиальной астме, туберкулезе легких, сахарном диабете, болезнях печени, сифилисе, злокачественных опухолях (4, 5, 8).

Экспериментальными исследованиям установлено, что 10-20%-ный водный настой ферулы вонючей при парентеральном введении морским свинкам, сенсibilизированным нормальной лошадиной сывороткой в количестве 0,2-1 мл, при энтеральном и парентеральном введении оказывает антианафилактическое действие. (10), а субстрат смолы – выраженный противовоспалительный и желчегонный эффект. Внутривентрикулярное введение



субстрата смолы ферулы вонючей в дозах 0,15 г/кг массы достоверно снижает повышенную проницаемость кожных и брюшных капилляров, вызванную воздействием ксилола и формалина. Также установлено, что порошок смолы ферулы вонючей (ПСФ) в дозах 0,05; 0,1 и 0,15 г/кг массы оказывает выраженный желчегонный эффект у подопытных белых крыс (7).

**Материалы и методы исследования.** Желчегонный эффект лекарственной формы ферусино-Г и ферусино-Р изучали по методике Фишера и Варса (1951). О проявлении желчегонного эффекта судили по объему секретируемой желчи, собранной за 1,2 и 3 ч после канюлирования желчного протока у интактных (здоровых), контрольных и опытных животных. Расчет желчи проводили в мл/мин/100 г массы. С целью выяснения характера их действия на химизм желчи до и после введения исследуемых веществ определяли концентрацию холестерина, билирубина, ФЛ, СЖК, ХК и ХХК. Изучаемые препараты вводили внутривенно в дозах 0,1 г/кг массы за 40 мин до операции. Контрольным животным по той же схеме внутрь вводили физиологический раствор в соответствующем объеме. Токсический гепатит вызывали подкожным введением 50%-ного масляного раствора СС1<sub>4</sub> в дозе 2 мл/кг через день в течение 1 мес.

**Результаты и обсуждение.** Желчегонные свойства испытуемых веществ изучали на 30 белых крысах обоего пола с массой тела 190-220 г. Подопытные крысы были распределены на 6 серий: 1. интактные; 2,3. животные, получавшие парентерально ферусино-Г и ферусино-Р за 1 ч до канюлирования желчного протока соответственно дозе 0,1 г /кг массы, 5. животные, получавшие по вышеуказанной схеме карсил в дозе 0,1 г/кг массы и геранол в дозе 0,02 г/кг массы тела животного.

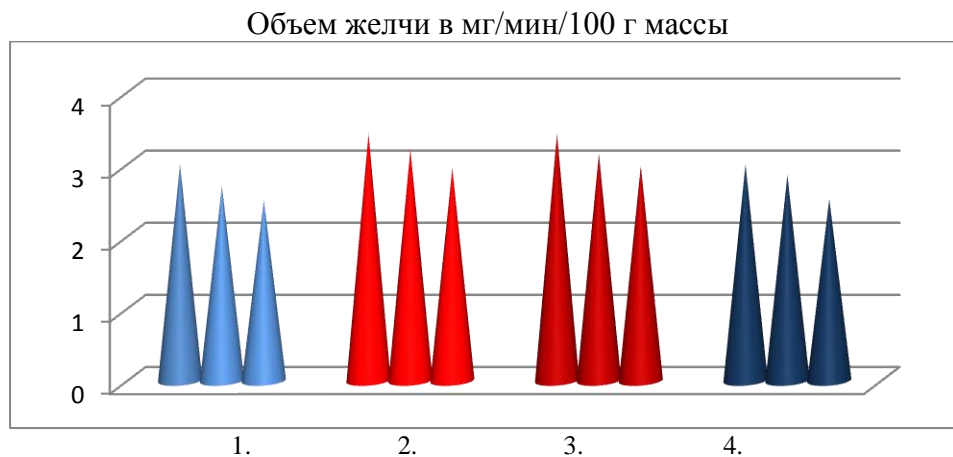


Рис. 1. Желчегонные свойства ферусинола-Г и ферусино-Р у интактных животных: 1. интактные, 2. ферусино-Г, 0,1 г/кг, 3. ферусино-Р, 0,1 г/кг, 4. Карсил, 0,1 г/кг.

Контрольные животные получали соответствующий объем физиологического раствора. Как видно из данных (рис.1), у интактных крыс за каждый час количество секретируемой желчи составило в среднем  $2,8 \pm 0,01$  г/мин массы тела животного. У крыс получавших, ферусино-Г в дозах 0,1 г/кг массы, объем секретируемой желчи по сравнению с интактными увеличился на 12%, а у крыс, получавших по вышеуказанной схеме ферусино-Р, по сравнению с контрольными животными увеличился на 13%. Объем секретируемой желчи у крыс, получавших карсил в дозе 0,1 г/кг массы за 3 ч, по сравнению с интактными животными имеет тенденцию к увеличению. Величина ХХК у леченных животных также достоверно ( $P < 0,05$ ) повышается.

Наряду с желчегонными свойствами испытуемые вещества активно влияют на

химический состав желчи (табл.1).

Концентрация холестерина у животных, получавших ферусино-Г и ферусино-Р, по сравнению с интактными в составе секретируемой желчи повышается на 10 и 7,5%, а в серии, получавших карсил, на 6%. Уровень СЖК повышается на 43, 41 и 25%. Наряду с этим наблюдается достоверное ( $P \leq 0,05$ ) повышение концентрации ФЛ.

**Таблица 1. Влияние ферусино-Г и ферусино-Р на химический состав желчи у интактных крыс (n=6)**

Группы животных и дозы в г/кг	Показатели химического состава желчи				
	ХС ммоль/л	СЖК мкмоль/л	Холевая к-та мкмоль/л	ФЛ г/л	ХХК
Интактные	2,0±0,7	24,0±0,9	10,8±0,4	4,2±0,4	12,0±0,7
Ферусино-Г, 0,1	2,2±0,01	34,4±0,5	9,6±0,1	5,4±0,6	15,6±0,6
Ферусино-Р, 0,1	2,1±0,1	34,0±0,3	9,2±0,4	5,2±0,6	15,8±0,9
Карсил, 0,1	2,1±0,01	30,0±0,9	9,3±0,5	5,1±0,3	14,3±0,4
		$P \leq 0,05$		$P \leq 0,05$	$P \leq 0,001$

Примечание: Значение Р для контрольных дано по отношению к интактным, а для опытных групп по отношению к контрольным.

В связи с тем, что препараты ферулы обладают умеренными желчегонными свойствами и активно влияют на химический состав желчи, нами изучались аналогичные свойства испытуемых средств на фоне токсического гепатита.

При подострой интоксикации  $CCl_4$  (рис. 2) почти во всех случаях наблюдали уменьшение объема секретируемой желчи за 3 ч, при подостром токсическом поражении печени по отношению к интактным крысам на 35,8%, а у животных, леченных испытуемыми веществами в дозе 0,1 г/кг по сравнению с контрольными увеличение на 65, 58 и 41% соответственно. При сравнительном анализе эффективность карсила была более низкой.

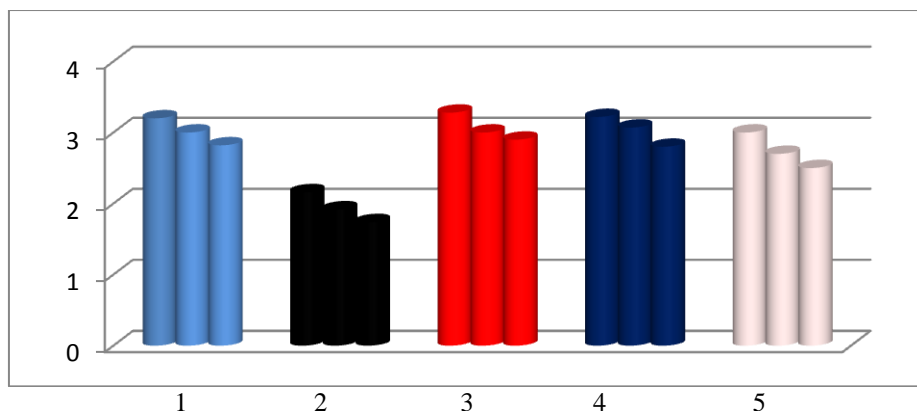


Рис. 2. Желчегонный эффект лекарственной формы ферусино-Г и ферусино-Р при токсическом поражении печени  $CCl_4$ : 1. интактные, 2. контрольные ( $CCl_4$ ), 3. ферусино-Г, 4. ферусино-Р, 5. карсил).

В связи с этим, нарушение химического состава желчи свидетельствует о тяжелом поражении гепатоцитов. Ферусино-Г и ферусино-Р, введенные в дозах 0,1 г/кг массы тела животных в течение 1 мес, заметно смягчают токсическое действие  $CCl_4$  и тем самым

способствуют улучшению химического состава желчи. Под влиянием вышеуказанных доз ферусино-Г и ферусино-Р наиболее заметное изменение возникло в содержании СЖК, холевой кислот и ФЛ. В результате месячной затравки СС1<sub>4</sub> в желчи контрольных животных уровень холестерина уменьшался на 14, СЖК на 30, ФЛ на 44 и ХХК на 18%.

Испытуемые вещества, введенные в дозе 0,1 г/кг массы при токсическом гепатите, заметно предотвращали отрицательное влияние гепатотоксина на печеночные клетки и способствовали улучшению химического состава желчи у подопытных крыс (табл. 2).

**Таблица 2. Влияние ферусино-Г и ферусино-Р на химический состав желчи у крыс с токсическим поражением печени СС1<sub>4</sub> (n=8-10)**

Группы животных и дозы в г/кг	Показатели химического состава желчи				
	ХС ммоль/л	СЖК мкмоль/л	Холевая к-та мкмоль/л	ФЛ г/л	ХХК
Интактные	2,0±0,7	25,0±0,9	10,8±0,4	3,2±0,4	12,5±0,9
Контрольные Ферусино-Г, 0,1 Ферусино-Р, 0,1 Карсил, 0,1	СС1 <sub>4</sub> , 2 мл/кг через день в течение 1 мес				
	1,7±0,05	17,7±0,9	15,6±0,8	2,0±0,02	10,3±0,5
	P≤0,05	P≤0,001	P≤0,05	P≤0,001	P≤0,001
	1,9±0,5	30,5±0,4	11,1±0,5	2,8±0,1	16,0±0,7
	P≤0,05	P≤0,001	P≤0,05	P≤0,001	P≤0,001
	1,9±0,04	31,0±0,6	11,0±0,4	2,9±0,3	16,4±0,6
	P≤0,001	P≤0,001	P≤0,05	P≤0,01	P≤0,001
1,9±0,03	28,8±0,8	10,0±0,8	2,9±0,2	14,8±1,0	
P≤0,05	P≤0,001	P≤0,05	P≤0,001	P≤0,05	

Примечание: Значение P для контрольных дано по отношению к интактным животным, а для леченных – по отношению к СС1<sub>4</sub>.

Изученные нами вещества достоверно (P<0,001) повышали концентрацию СЖК и ФЛ. Уровень СЖК при подострой интоксикации у животных, получавших ферусино-Г, повышался на 72,4%, ферусино-Р, на 75% соответственно. Концентрация ФЛ и величина ХХК достоверно (P<0,001) повышались у всех опытных животных.

У животных, получавших карсил в дозе 0,1 массы тела по вышеуказанной схеме, в целом наблюдаются аналогичные изменения, однако, карсил по эффективности уступает испытуемым веществам.

Анализ полученных результатов с позиции патогенеза гепато-токсического эффекта СС1<sub>4</sub> показывает, что восстановление под влиянием ферусино-Г и ферусино-Р желчеобразование и выделение желчи в 12-перстную кишку происходит путем снижения тонуса желчных протоков и усиления сократительной способности желчного пузыря, что нами было доказано при изучении фармакологии эфирных масел (Д.А. Азонов, 1987; 1995). Наряду с этим, препараты нормализуют химический состав желчи и устраняют фактор литогенности, то есть обладают желчегонным, холеретическим, холецистокинетическим и спазмолитическим действием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абуали Ибн-Сино. Канон врачебной науки / Абуали ибн-Сино. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1982. – Кн. 2. -832 с.
2. Абумансури Муваффах. Махзан уд-Адвия / Муваффах Абумансур. – Душанбе, 1978.
3. Амирдавлат Амасиаци. Ненужное для неучей / Амирдавлат Амасиаци. – М.: Наука, 1989. – 578 с.

4. Дадабаева О. Словарь научных и местных названий лекарственных растений Северного Таджикистана / О. Дадабаева. – Душанбе, 1972. – 130 с.
5. Монтеверде Н.Н. Туркестанская коллекция лекарственных продуктов: музея главного ботанического сада / Н.Н. Монтеверде, А.Ф. Гамерман. – Сталинабад: Изд-во Гл. Бот. Сада, 1927. – Т. 26, вып. 4. -С. 291-358.
6. Рахмонкулов У. Среднеазиатские виды *Ferula* - источник сесквитерпеновых производных: сб. науч. трудов / У. Рахмонкулов, С. Мелибаев, А.И. Саидходжаева. – Ташкент: Фан, 1981. – С. 138-154.
7. Рахимов Ш.А. Влияние порошка смолы камеди ферулы вонючей на некоторые биохимические показатели при токсическом гепатите / Ш.А. Рахимов, Д.А. Азонов. *Здравоохранение Таджикистана*, 2006. – № 4. – С. 60-62.
8. Сахобидинов С.С. Дикорастущие лекарственные растения Средней Азии / С.С. Сахобидинов. – Ташкент, 1948. – 216 с.
9. Союзов В. Хозяйственное значение ферулы джунгарской: учен. зап. Каз. пед. ин-та, сер. естеств.-геогр./ В. Союзов, Н.И. Суворов, 1958. – Т. 16. -С. 31-35.
10. Саркисянц Р.Г. Фармакологическая характеристика ферулы апозерис (галеновых форм, асфетиды и натриевой соли галабановой кислоты): автореф. дис. канд. мед. наук / Р.Г. Саркисянц. –Ташкент, 1971. –21с.
11. Ферула вонючая: в кн.: руководство по практической фитотерапии / В.А. Шашель [и др.]. – Краснодар, 2004. – 316 с.
12. Ходжиматов М. О локализации кумариновых соединений в корнях *Ferula Ovina* (Boiss) / М. Ходжиматов // Докл. АН РТ, 2004. – Т. XL V11. – № 6. – С. 22-29.
13. Steinmttz E.F. *Materia medica vegetabilis* / E.F. Steinmttz. m. 1-3. Amsterdam, 1954. -589 p.

#### **ЖЕЛЧЕГОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ ФЕРУСИНО-G И ФЕРУСИНО-P В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ФОНЕ ТОКСИЧЕСКОГО ГЕПАТИТА**

В работе представлены результаты желчегонного эффекта лекарственных форм ферусино-G и ферусино-P в экспериментах на здоровых и пораженных СС1<sub>4</sub> животных. Установлено, что испытуемые средства, как у здоровых, так и у животных с токсическим гепатитом, наряду с улучшением желчевыделительной функции печени нормализуют химический состав желчи. Испытуемые средства достоверно повышают концентрацию СЖК, фосфолипидов и показатель холато-холестеринового коэффициента.

**Ключевые слова:** желчь, желчные кислоты, холестерин, токсический гепатит, четыреххлористый углерод, фосфолипиды, ферусино-G, ферусино-P, контрольные, интактные, гепатотоксин.

#### **CHOLERETIC PROPERTIES OF FERUSINO-G and P-FERUSINO EXPERIMENT FORMS ON THE BACKGROUND OF TOXIC HEPATITIS**

The executed experimental research proof that application poison solution of 4 chlorocarbon to the white laboratory rats in the duration of 1 month, caused reduction of bile secretion and changes in the chemical composition with a negative functioning effect of gall-bladder. The nominated animals under the experiment show 36% reduction in bile secretion and 30% in the concentration.

Addition of Ferusino-G and Ferusino-P in the concentration of 0.1 g/ kg of animal body weight to the injection caused an increase up to 72% in secretion and 75% in the concentration of the bile. This observation proof that the “**Kamal-e-Badboo**” (A herb grow in Tajikistan, Ferusino-P), can have positive affect on secretion and composition of bile which is related to its antitoxic property.

**Key words:** gall-bladder, bile, cholesterol, toxic hepatitis, fergusino-g, fergusino -p, 4 carbochlorine, phospholipid, hepatitis.

**Сведения об авторах:** *Дж. Бобоев* - соискатель ГНИИ питания Министерства энергетики и промышленности РТ. Телефон: **919-500-516**

*Х.К. Холов* – кандидат биологических наук, докторант ГНИИ питания Министерства энергетики и промышленности РТ. Телефон: **904444422**

*С.А. Аvezов* – доктор медицинских наук, заместитель директора Института гастроэнтрологии АМН МЗ РТ. Телефон: **93-5005229**

## СЕЗОННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ МИЗИД - *PARAMYSIS LACUSTRIS* ИЗ КАЙРАККУМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*М.М. Алибаева*

Таджикский аграрный университет им. Ш.Шотемура

В Кайраккумском водохранилище в 1963-65 гг. мизиды были акклиматизированы из Таганрогского залива нижнего Дона и оз. Балхаш. О результатах приживаемости и частично их биологии имеются некоторые сведения в работах: (Алибаева, Ахроров [2], Ахроров [3]).

**Материал и методика.** Материалом для данной работы послужили наши сборы за 1986-2000 гг. В качестве орудия лова использовали трал типа салазочного трала Грезе [6], сшитый из мельничного газа №10 с входным отверстием 1,0 x 0,5 м. Для расчета их средней численности и биомассы использованы результаты осреднения проб по всем участкам водоема. Материал собирали с песчаного плеса правого берега в районе пляжей. Всего собрано и обработано 90 проб нектобентоса.

**Мизиды** -*Paramysis lacustris*- реликт понто – каспийского комплекса. Ведет бентосный образ жизни. Вид раздельнополый, полициклический. Показатели экологических границ жизнедеятельности у этого вида мизид имеют достаточно широкий спектр.

По данным ряда авторов (Абросимова, [1], Ахроров, [3], Ахроров, Карпевич [4], Карпевич, [5], Хмелева, [6]) и собственным наблюдениям, установлено, что мизиды в настоящее время распространены в широтах с длительностью дня от 6 до 18 ч, в водоемах с колебанием температуры от 0,5 до 32,5°C, соленостью до 10‰ (промилле) и содержанием кислорода более 0,9 мг/л.

Граница воспроизводства по температуре несколько уже, чем границы жизнедеятельности и составляет 7-28°C.

К размножению мизиды приступают весной независимо от зоны ареала при достижении температуры воды 7-13°C. Отличаются только календарные сроки начала размножения мизид в изученных местах обитания, смещаясь с марта в южной зоне на конец мая – начало июня в северной [6]. Результаты наблюдения за размножением мизид в 1986-2000 гг. приводятся в табл. 1.

**Таблица 1. Размерно-весовая характеристика мизид - *Paramysis lacustris*  
Кайраккумского водохранилища**

Пол	Весной			Осенью		
	Размерная группа, мм	Длина, мм	Вес, мг	Размерная группа, мм	Длина, мм	Вес, мг
Молодь	0,1- 1,0	0,6	1,0	3,0 - 4,0	2,5	1,5
	4,6 - 6,0	5,1	2,5	10,0 - 11,0	10,5	4,8
Самки	9,0 - 10,0	9,5	5,8	12,0 - 14,0	12,9	31,5
	11,0 - 12,5	11,6	11,6	15,0 - 18,0	16,6	31,5
Самцы	9,0 - 11,0	10,0	7,4	10,0 - 12,0	11,0	8,7
	13,0 - 15,0	14,0	17,5	14,0 - 18,0	16,0	19,8

Как видно из данных таблицы, молодь при выходе из марсупиальных сумок имеет длину 0,1-1,0 мм. При средней длине 0,6 мм её средний вес достигает 1,0 мг. При достижении длины 8-9 мм и весе 5,8-6,0 мг впервые приступает к размножению. Самцы становятся половозрелыми при достижении длины 9-11 мм. [2].

Приуроченность массового появления яйцекладок у мизид в разных частях ареала к одной температуре свидетельствует о применимости к данному виду экологических условий. Одновременно этот факт характеризует консервативность рассматриваемого репродуктивного показателя, его детерминированность. Комплекс факторов среды в новых условиях обитания не сдвинул температурные границы репродуктивного процесса, однако, повлиял на длительность генеративного цикла. С продвижением на север, практически при одинаковой средней температуре, продолжительность периода образования одной яйцекладки увеличилась в 1,5 раза. Это в свою очередь повлекло за собой сокращение общего числа пометов и генераций у мизид в северной зоне вселения [6]. В пределах расширенного ареала количество пометов у одной самки составляет от 1-до 7, а число генераций в популяции - от 2 до 8. Прекращается размножение мизид осенью (октябрь - ноябрь) при установлении температуры воды ниже 10-8°C, т.е. практически совпадающей с температурой начала размножения весной. Однако, если в весенней популяции при такой температуре 80-90% самок являются яйценосными, то осенью они отсутствуют.

Становится очевидным что, скорее всего фотопериод (ФП)- триггер репродуктивной активности. Весной ФП так же, как и температура, следует в нарастающем режиме и дает сигнал о наступлении благоприятных условий для размножения, а осенью – в исходящем, предупреждая о приближении зимнего периода. Исходя из анализа структуры популяции, нами обнаружена интересная особенность в жизненном цикле мизид разных генераций в каждый сезон года. Наиболее четко это появилось у осенней и весенней генераций. Потомство, отрожденное осенью предыдущего года растет и созревает к весне при низких температурах (12-1,5-7°C) и коротком световом дне. В результате рачки впервые приступают, к размножению при максимальных размерах основная масса их дает одну кладку яиц, после чего они погибают. Только незначительная самок осенней генерации часть остается в популяции и дает еще одну - две кладки. Потомство, отрожденное весной от осенней генерации прошлого года, проходит период становления половой зрелости при относительно высоких температурах (14-23°C) и длинном световом дне. При этом средний размер и масса самок, приступивших к размножению, минимальны, и они дают несколько яйцекладок. В среднем самки мизид осенней и весенней генераций, впервые приступающие к размножению, т.е. на одинаковой физиологической стадии, по массе тела различаются в 2 раза.

Наблюдаемое явление, которое свойственно и некоторым другим видам ракообразных, на наш взгляд, связано не только с внешними факторами среды. Это, вероятно, объясняется также и соответствующим распределением в организме затрат вещества и энергии на элементы пластического обмена, т.е. на соматический и генеративный рост.

Таким образом, даже в одном водоеме можно обнаружить переходы от полициклической к моноциклической форме существования популяции. В подобном чередовании жизненных циклов можно усмотреть определенную стратегию воспроизводства данного вида ракообразных направленную на создание устойчивой популяции независимо от сезона года и места обитания. В благоприятный для размножения период пополнение популяции происходит часто «мелкими дозами». Именно за это время формируется разнокачественная структура популяции, гетерогенность которой по ряду ростовых и репродуктивных показателей позволяет максимально использовать экологические особенности биотопов и их ресурсы, расселиться в водоеме, лучше освоить экологическую нишу и подготовиться к зимовке. Из неблагоприятного для размножения осенне-зимнего периода, когда может происходить только рост мизид, популяция выходит более однородной по размерной, половой и возрастной структуре. При этом все самки в популяции становятся яйценосными, максимальными по размеру, способными дать наибольшее число яиц в кладке. В результате

происходит массированное пополнение популяций, максимальное практически от всех самок одновременно. Этим обеспечивается наиболее устойчивое состояние популяции в переходный период межсезонья, компенсируется массовая элиминация осенней генерации, и возможная гибель молоди как наиболее уязвимой части популяции. Несомненный интерес представляет сравнение связи плодовитости с длиной и массой тела мизид из водоемов разных зон ареала (табл.2).

Специально проведенная серия опытов показала, что самки весенней генерации мизид, приступив к размножению, прекращают рост и при практически постоянной массе тела дают подряд несколько яйцекладок.

**Таблица 2. Репродуктивные показатели самок мизид *Paramysis lacustris***

Показатели	Осенняя генерация		Весенняя генерация	
	Кайраккумское	Каунасское	Кайраккумское	Каунасское
	водохранилища		водохранилища	
Длина (L), мм	14,20 ± 0,08	12,45 ± 0,10	10,84 ± 0,08	10,14 ± 0,09
Вес (W), мг	25,9 ± 0,62	16,20 ± 0,59	12,67 ± 0,51	8,55 ± 0,26
Средний вес (W), мг	5,55 ± 0,13	2,70 ± 0,09	2,75 ± 0,11	1,69 ± 0,04
C, кал/экз.	27,74	12,42	13,23	7,99

Отношение плодовитости к длине самок в разных водоемах может отличаться в 3 раза, причем значения этого показателя снижаются в северо-западном направлении зоны вселения (табл.3).

**Таблица 3. Отношение плодовитости к длине самок осенней генерации из разных зон ареала**

Водоем	Длина (L), мм	Плодовитости (E), экз./самка	E/L	Автор
Капчагайское водохранилище	13,0	39,0	3,0	Минсаринова, Фаломеева, 1978
Кайраккумское водохранилище	14,2	29,0	2,1	Собственные материалы
Мингечаурское водохранилище	23,0	46,0	2,0	Касымов, 1965
Водоемы Молдавии	17,5	32,1	1,8	Годераш, 1983
Каунасское водохранилище	12,5	20,0	1,6	Хмелева, 1988

Во-первых, самки одного размера или массы в трех приведенных популяциях имеют неоднородную плодовитость. Особенно это появляется в краевых зонах Кайраккумском. Весной при длине рачков 13-14 мм средняя плодовитость у них соответственно указанным зонам составила 21, 29, 43 яйца.

Во-вторых, уровень плодовитости мизид весенней генерации водоема может приближаться и даже превышать уровень плодовитости особей более крупной осенней генерации из других водоемов.

В третьих можно очертить размерные границы репродуктивной части популяции и пределы плодовитости для данного вида.

Все это свидетельствует в известной мере о проявлении репродуктивного потенциала в зависимости от времени появления генерации и условий прохождения ими периода становления половой зрелости в пределах толерантных значений факторов среды в разных зонах обитания.

Взяв плодовитость как индивидуальный признак особи, мы по результатам анализа вариационного ряда выборки из популяции можем судить о системе среда- популяция, поскольку изменения внешних условий, в которых развивалась популяция, должны отразиться на отдельных признаках животных.

Для оценки меры изменчивости мы использовали коэффициент вариации (с. v.):

$$c. v. = \frac{\sigma}{x} 100\%$$

где  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение;  $x$  - средняя арифметическая.

Изучение изменчивости, выраженной в коэффициентах вариации, дает возможность оценить в обобщенном виде экологическую характеристику признака, степень его зависимости и связи с действующими факторами среды, т.е. оказывается показателем более общих особенностей развития популяции.

Исследование закономерностей распределения среднего квадратического отклонения признака ( $\sigma$ ) позволяет получить данные, непосредственно характеризующие степень сходства между изученными популяциями. Величины  $\sigma$  и с. v. вместе дают возможность говорить о степени сходства и различия популяций, возрастных и половых выборок.

В полевых условиях по структуре популяции определяли доминирующую размерную группу каждого вида и отбирали не менее 30 экз. яйценосных самок. Каждую самку индивидуально промеряли и фиксировали 4%-ным формалином, стараясь сохранить одноразмерный ряд с возможно большей точностью.

**ВЫВОДЫ.** Таким образом, можно сказать, что индивидуальные и популяционные показатели существенно различаются по своим кумулятивным значениям.

В практическом отношении данные по популяционной изменчивости признака, несомненно, могут быть полезными для определения оптимальной нагрузки при эксплуатации промысловых видов водных беспозвоночных.

Таким образом, реализация ростовых потенциалов может осуществляться в зависимости от внешних факторов не только за счет изменения скоростей процессов, но и путем перераспределения энергетических затрат между соматическим и генеративным слагаемыми пластического обмена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимова Н.А. Биология мизид, вселенных в пруды нижнего Дона с целью повышения их рыбопродуктивности: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.А. Абросимова. –Киев, 1978. -22 с.
2. Алибаева М.М. Биология, экология и продукция мизид кайрокумского водохранилища / М.М. Алибаева, Ф. Ахроров //Докл. АН РТ, Том XL, -Душанбе, 1997. -№5-6. -С. 33-40.
3. Ахроров Ф. О биологии акклиматизированных мизид в кайрокумском водохранилище / Ф. Ахроров. Изв. АН ТаджССР. Отд. биол. н., 1978. -№2 (71). -С. 9-12.
4. Ахроров Ф. Симпозиум по реакции водных экосистем на вселение новых видов / Ф. Ахроров, А.Ф. Карпевич. -М: ВНИРО, 1977. -С.1-2.
5. Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов / А.Ф. Карпевич. -М., 1975. -С. 1121-1135.
6. Хмелева Н.Н. Закономерности размножения ракообразных / Н.Н. Хмелева. –Минск: «Наука и техника», 1988. -С. 162- 172.



## СЕЗОННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ МИЗИД - *PARAMYSIS LACUSTRIS* ИЗ КАЙРАККУМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В статье приводится сезонное размножение мизид - *Paramysis lacustris* из Кайраккумского водохранилища, даны границы воспроизводства по температуре, а также результаты весенней и осенней генераций.

**Ключевые слова:** мизиды, размножение, реликта, плодовитость, раздельнополые, репродуктивная, полициклическая, моноциклическая форма.

## PERIODIC REPRODUCTION OF MIZID - *PARAMYSIS LACUSTRIS* FROM KAJRAKKUMSKY'S RESERVOIR

In this article is given information about periodic reproduction of mizid- *Paramysis lacustris*, limit reproducible result through temperature, and also the result spring and autumn generating in Kajrakkumsky's reservoir.

**Key words:** mysidacea, reproduction, a relict, fruitfulness, devious, reproductive performance, the photoperiod, polycyclic, monocyclic.

**Сведения об авторе:** *М.М. Алибаева* – кандидат биологических наук, доцент Таджикского аграрного университета им. Ш.Шотемура. Телефон: 90-555-31-65. E-mail: [alibaeva1948@mail.ru](mailto:alibaeva1948@mail.ru)

## ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ГЕРАТА ИСЛАМСКОЙ РЕСПУБЛИКИ АФГАНИСТАН

*А. Рашид, М.Б. Устоев*

Таджикский национальный университет

Известно, что здоровье человека, как эндогенная экологическая среда, и здоровье биосферы, как экзогенная экологическая среда, тесно взаимосвязаны. Взаимодействие, взаимообусловленность, гармония факторов окружающей природы и факторов, составляющих здоровье человека, обеспечивают гомеостаз, стабилизацию адаптивных регуляторных систем и сохранение здоровья. [1]. Дисфункция любой из этих составляющих влечет за собой дисбаланс в системе «человек – среда обитания».

Сохранение здоровья человеческой популяции – одна из наиболее актуальных проблем современного общества. Не случайно Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) уделяет пристальное внимание разработке программ, ориентированных на охрану и укрепление здоровья.

На конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) Исламская республика Афганистан некоторые ее города находятся в экологически неблагоприятной среде. Наибольшую тревогу вызывает состояние сельской местности. Следует отметить тот фактор если социально-экономическая нестабильность последних десятилетий, свойственная большинству регионов этой страны, в настоящее время стала существенно снижаться, то неблагоприятная экономическая ситуация по-прежнему беспокоит как широкие общественные круги, так и представителей различных отраслей науки и практики. Проблема загрязнения атмосферного воздуха, водной среды и почвы остается острой, даже несмотря на значительный спад промышленного производства в последние два десятилетия. [2-4,6]

Несмотря на то, что Герат является не промышленным городом Исламской Республики Афганистан атмосферный воздух в этом городе является наиболее грязным. Потому, что в городе действуют более 400 точек по производству сладостей и 500 лепёшечных. 80% этих предприятий используют природный газ, кроме того в г. Герате действуют более 209521 автомобильного транспорта, 5211 составляют городские такси, 67700 личный автотранспорт,

23111 – грузовой транспорт, 2812 автобусов, 3117 мототсиклов, 79500 трехколесных грузовых моторолл, кроме того через этот город ежедневно проезжают много грузовых автомобилей (фура) из Исламской Республики Иран, Туркменистана и других государств, которые загрязняют атмосферный воздух и создают неблагоприятную экологическую обстановку в городе. (рис1).



Рис 1. Загрязняющие факторы в г. Герате.

Одним из наиболее распространенных источников загрязнения окружающей среды в современном городе является автомобильный транспорт. Один легковой автомобиль в течение суток может выделять до 1 кг выхлопных газов, в составе которых содержится около 3% угарного газа, 0,6% окиси азота, 0,5% углеводов, 0,006% окиси серы, 0,004% альдегидов и др. ингредиентов. Вклад автотранспорта в общий выброс учитываемых вредных веществ составляет в нашей стране в среднем 47%, причем в ряде регионов на его долю приходится более половины всех выбросов. [5]

**Табл.1 Количество выбрасываемых выхлопных газов транспортом в течение года в г. Герате**

Автомобили	Co <sub>2</sub>	CO	Nox	CH	Дым
	тонна	тонна	тонна	тонна	тонна
Мотоциклы	22834	405,11	58,31	30,25	
Мотороллы	181293,4	3194,31	460,3	239,29	
Индивидуальный транспорт	116890,8	2059,43	297,2	71,76	
Легковой транспорт	19205	338,45	48,77	11,82	
Грузовой транспорт	3293331	1110,94	1296,06		2183,49
Пассажирский транспорт	33394,68	112,63	131,41		22,79
Общий	702948,9	7220,87	2292,05	353,12	2206,28

Долгое время у нас в стране и за рубежом важнейшими экотоксикантами окружающей среды признавались угарный и углекислый газы, оксиды серы и азота, синтетические органические вещества. В последние десятилетия их дополняют в загрязнении урбанизированных территорий соединения тяжелых металлов.

Наряду с антропогенными составляющими в комплексе влияния внешних условий на организм человека (загрязнение атмосферы, источников питьевой воды, выбросы парниковых газов и т.п.), другим важным компонентом остается совокупность природных климатогеографических факторов. В сумме они обуславливают особенности развития, функционирования и адаптации органов, систем и организма человека в целом, как субъекта и объекта среды. Важно обратить внимание на тот факт, что массированный прессинг на организм человека со стороны разнообразных экотоксикантов влечет за собой не только рост заболеваемости по ряду конкретных нозологических форм, но и существенным образом подавляет иммунную защиту, адаптивные механизмы, увеличивает затраты энергоресурсов клеток. Эти процессы могут отрицательно сказываться на продолжительности жизни, общей резистентности, работоспособности и пр. Устойчивость организма в отношении неблагоприятных климатических условий при этом также страдает.

Один из ведущих путей профилактики экологически обусловленных заболеваний может послужить разработка комплекса мер, направленных на снижение и исключение неблагоприятного влияния факторов окружающей среды на здоровье населения. Однако, при современном состоянии экономики и финансов природоохранные мероприятия внедряются поэтапно, в связи с чем основной медико – экологический эффект будет отсроченным. Кроме того, при существующих технологиях и очистном оборудовании обозначился предел экономической эффективности природоохранных мероприятий.

Таким образом, параллельно со снижением масштабов загрязнения окружающей среды должна действовать система мер, поддерживающих и улучшающих состояние здоровья населения в сложившейся ситуации.

В числе наиболее эффективных факторов, снижающих при определенных условиях отрицательные воздействия среды на здоровье детей, актуальным является здоровый образ жизни, в том числе физическое воспитание, так как известно, что двигательная активность способствует формированию потенциала адаптивных возможностей человека. Кроме того физическую активность можно рассматривать как филогенетические детерминированный фундамент для широкого круга морфофункциональных характеристик и свойств человека.

Учитывая вышеизложенное, представляется целесообразной разработка методического обоснования программ физического воспитания детей, подростков, молодых людей с учетом различных внешне средовых факторов: температуры, атмосферного давления воздуха, относительной влажности воздуха в условиях современной антропогенной среды. Это позволит расширить потребности, возможности и результативность занятий детского и взрослого возрастных контингентов физической культурной в рамках различных климатических условий, а в перспективе даст возможность изыскать новые резервы укрепления здоровья и улучшения демографических показателей населения республики эффективнее подготовить молодое поколение к службе в рядах защитников Отечества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Казначеев В.П. Учение Вернадского о биосфере и ноосфере / В.П. Казначеев. -Новосибирск: Наука, 1989 – 320с.
2. Кучма В.Р. Современные проблемы разработки документов, регламентирующих санитарно – эпидемиологическую безопасность детей и подростков / В.Р. Кучма. Гигиена и санитария, 2004.-№4. – С.49.
3. Линченко С.Н. О влиянии экологических факторов на состояние здоровья молодежи призывного возраста в Краснодарском крае / С.Н. Линченко, В.В. Хан // Известия Акад. пром. экологии, 2006. -№1. -С.12-16.
4. Линченко С.Н. Экологическое состояние окружающей природной среды и здоровье человека / С.Н. Линченко. – Краснодар, 2007. – 64с.
5. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду \ [Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков., Ю.А. Рахманин и др.]. – М., 2002. – 408с.

6. Хан В.В. Влияние экологических факторов на состояние здоровья молодежи в Краснодарском крае. проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности / В.В. Хан, С.Н. Линченко. -Ярославль, 2006. -С. 101-105.
7. Влияние неблагоприятных экологических факторов на здоровье человека и проблемы его коррекции: успехи современного естествознания / С.Н. Линченко [и др.], 210. -№4. -С. 76-77.

#### **ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ГЕРАТА ИСЛАМСКОЙ РЕСПУБЛИКИ АФГАНИСТАН**

В статье приводятся данные о влиянии некоторых транспортных выбросов на здоровье населения города Герата и пути их устранения.

**Ключевые слова:** здоровье, дисфункция, здравоохранение экотоксиканты, транспорт, прессинг, выхлопные газы ингредиенты.

#### **THE INFLUENCE OF UNFAVORABLE ENVIRONMENTAL FACTORS ON HEALTH IN THE CITY OF HERAT ISLAMIC REPUBLIC OF AFGHANISTAN**

The article provides data on the impact of transport emissions on the health of the population of the city of Herat and the ways of their elimination.

**Key words:** Health, dysfunction, of public health services, ecotocscication, transport, pressure, exhaust gases, components.

**Сведения об авторах:** *А. Рашид* - аспирант кафедры физиологии человека и животных Таджикского национального университета. Телефон: +49-17-62-32-46-322. E-mail: [adudakkr@msnCom](mailto:adudakkr@msnCom)

*М.Б. Устоев* - доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Таджикского национального университета. Телефон: 981-01-31-71

#### **ПРЕСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУМАХА ДУБИЛЬНОГО - RHUS CORIARIA L. В НАРОДНОЙ И НАУЧНОЙ МЕДИЦИНЕ**

*Дж. Аминов, А. Халимов*

**Таджикский национальный университет**

По всему Земному шару к роду Сумах (*Rhus*) принадлежат приблизительно 250 видов листопадных или вечнозеленых кустарников и реже деревьев или древесных лиан. Кустарник или деревце высотой 1-5 м. Кора на молодых побегах буроватая, шершаво пушистая, на многолетних ветвях бурая. Листья очередные, непарноперистые, длиной 15-25 см, состоящие из 4-8 пар листочков, расположенных большей частью супротивно на шершаво пушистом, крылатом в верхней части черешке. Листочки сидячие, продолговато-яйцевидные или ланцетные, заостренные на верхушке с округлым или широко клиновидным основанием, крупно-городчато-пильчатые, длиной 3-7 см, темно-зеленые сверху, голые или с рассеянными волосками, снизу серовато-зеленые, коротко опушенные. Растение однодомное; часто встречаются экземпляры с только тычиночными цветками. Цветы однополые, сидячие, собраны в мужские и женские метелки, расположенные на верхушке ветвей и частично в пазухах верхних листьев. Мужские метелки более раскидистые, длиной 20-25 см, женские – более плотные, длиной до 15 см. Околоцветник тычиночных и пестичных цветов пятимерный. Чашелистики округло яйцевидные, зеленоватые, густо волосистые снаружи, длиной до 1 мм, остающиеся при плодах. Лепестки яйцевидные, беловатые, длиной 2,5-3,5 мм. Тычиночные цветы с 5 тычинками и рудиментарной завязью. Пестичные цветы с одним пестиком и 5 рудиментарными тычинками. Пестик с верхней одногнездной завязью и 3 рыльцами. Плод – шаровидный или почковидный, красный, покрытая красно-бурым густым железистым опушением сухая костянка диаметром 5-6 см в диаметре. "Семена" (косточки)

оливково-коричневые, гладкие, почковидные, длиной около 3 мм. Цветет в июне-июле, плоды созревают в сентябре-октябре.

Из этого количества в Таджикистане встречается только один вид - Сумах дубильный (*Rhus coriaria* L.). Сумах дубильный в Таджикистане произрастает в нижних и средних поясах гор на высоте от 700 м. над уровнем моря до 1800 м [3]. Растет, как правило, на сухих склонах южной экспозиции, что свидетельствует о его высокой засухоустойчивости. Данный вид встречается только на открытых местах; в подлеске лесов, даже разреженных и осветленных, встречается редко. Благодаря хорошо развитой корневой системе, позволяющей добывать воду и минеральное питание из глубоко расположенных горизонтов, сумах произрастает как на богатых, так и на неразвитых, маломощных почвах и даже на голых скалах и щебнистых осыпях. Выносит морозы до  $-20^{\circ}$ , но при  $-25^{\circ}$  у него подмерзает надземная часть. От морозов сильнее страдают молодые особи, в частности сеянцы в питомниках.

В горах Таджикистана сумах дубильный в основном произрастает в поясе ксерофильных лесов (шибляка). Светлолюбив, и поэтому не выдерживает конкуренции других древесных и кустарниковых пород. В составе ксерофитных лесов доминирует, образуя ксерофитные заросли с сомкнутостью крон 0.5-0.6 (иногда 0.8-0.9). Из древесных пород в составе сообществ сумаха к нему иногда примешиваются каркас кавказский - *Celtis caucasica*, реже клен туркестанский - *Acer turkestanicum*, можжевельник зеравшанский - *Juniperus seravschanicus*, миндаль бухарский - *Amygdalus bucharica*, а из кустарников барбарис продолговатый - *Berberis oblonga*, роза коканская - *Rosa kokanica* и др [1]. В травяном покрове характерны эфемеры и эфемероиды. Сумах размножается корневыми отпрысками и семенами. Плодоносит очень обильно - на взрослых деревьях образуется от 70 до 150 пестичных соцветий, каждое из которых дает 200-300, иногда до 500 плодов: семенная продуктивность одной особи может превышать 40-50 тыс. семян. Культивируется в полезащитных лесонасаждениях.

Заросли его занимают неудобные для земледелия и скотоводства участки, благодаря чему они хорошо сохранились. Запасы сырья в дикорастущих зарослях по всему ареалу не определены. В Таджикистане основные запасы сумаха распространены в Гиссарском, Каратегинском, Вахшском хребтах в бассейнах рек Ширкент, Кафирниган, Сорбо, Сорбог, Сурхоб, Обиниов и др. Кроме медицинского использования, листья сумаха применяют и в других отраслях народного хозяйства, в частности, в кожевенной промышленности.

**Технология использования.** При заготовках листьев сумаха нельзя допускать обламывания ветвей, кроме того, следует поочередно использовать каждую его заросль не чаще 1 раза в 2 года. Листья срезают или срывают и сушат на солнце, в сушилках или под навесами. Следует тщательно оберегать сырье от сырости во избежание его потемнения и потери товарного вида. Намокание сырья недопустимо, потому что при этом вымываются танины, определяющие его ценность. При заготовках иногда срезают молодые облиственные побеги целиком. В таком случае после сушки побеги нужно обмолотить на чистом току (лучше на брезенте) и отбросить стебли. Так как танины локализованы, в основном, в листовой паренхиме, провеивание и очистка сырья не только от стеблей, но и от листовых черешков улучшает его качество. Содержание танинов в листьях сумаха в течение вегетационного периода меняется мало, поэтому заготавливать листья можно весной, осенью и летом. Однако, заготовку лучше начинать не ранее периода бутонизации, чтобы обеспечить растениям накопление достаточного количества сухого вещества. Заготовку можно проводить от бутонизации до полного созревания плодов, т.е. с июня до сентября и октября. Листья сумаха можно использовать для получения очищенного медицинского танина. Его

применяют как вяжущее средство при поносах, воспалении мочевого пузыря и язвенной болезни, как кровоостанавливающее средство, а также в качестве противоядия при отравлении алкалоидами и тяжелыми металлами. Народные лекари Таджикистана семена и листья сумаха рекомендуют при лечении сахарного диабета.

В Таджикистане порошок плодов применяется при дизентерии, для полоскания при ангинах, как жаропонижающее, а плоды - в виде приправок при опухолях. Жареные, толченые семена и настой их - при гонорее, холере. Ветви и листья являются сырьем для получения дубильных экстрактов для дубления кож. Таниды сумаха используются в виноделии. Из коры, стеблей получают желтую, из коры корней - коричневую, из листьев - черную, а из плодов - красную краски, применяемые для окраски шерсти и шелка. Древесину используют для столярных и токарных работ. Соус и порошок из кислых плодов сумаха употребляют в качестве пряности. Маринованные и сушеные плоды сумаха дубильного - приправа к мясным и рыбным блюдам. Околоплодники используют для придания крепости уксусу. Сумах повышает свертываемость крови и секрецию желудочного сока, поэтому его нельзя назначать больным с повышенным процессом свертываемости крови из-за опасности возникновения тромбоза. Его нельзя также принимать больным с острыми и хроническими гастритами, язвенной болезнью желудка, сопровождающейся повышением секреции желудочного сока. В целом это очень ценное лекарственное растение [4]. Последние годы в связи с интенсивным освоением состояние ценозов вида ухудшаются, поэтому оценка состояния сообщества является актуальной для Таджикистана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров Н.Ф. Сумах (*Rhus coriaria* L.) в Памиро-Алае. труды базы АН СССР / Н.Ф. Гончаров. -т.8, ботаника. -М., 1940. – С.437-468.
2. Гончаров Н.Ф. Дубильные растения горного Таджикистана / Н.Ф. Гончаров. Труды Тадж.базы АН СССР №8. -М., 1940. – С.150-180.
3. Запрягаева В.И. Дикорастущие плодовые Таджикистана / В.И. Запрягаева. -М.-Л.: Изд-во «Наука», 1964. – С.7-695.
4. Чевренди С.Х. Дубильные растения Средней Азии / С.Х. Чевренди. -Ташкент: Изд-во Наука, 1965. – С.328.
5. Флора Таджикской ССР. Изд. АН СССР. -М.-Л.: 1957-1991. т.УІ. -725 с.

#### ПРЕСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУМАХА ДУБИЛЬНОГО-*RHUS CORIARIA* L. В НАРОДНОЙ И НАУЧНОЙ МЕДИЦИНЕ

В статье приводятся материалы по биологии и перспективы использования сырья Сумаха дубильного – *Rhus coriaria* L. в народной и научной медицине. Указана технология сбора и сушки листьев и побегов сумаха дубильного для получения танина и в медицинских целях.

**Ключевые слова:** ценозы, сообщества, пояс, формация, медицина.

#### PROSPECTS FOR THE USE OF SUMAC TANNING IN FOLK AND SCIENTIFIC MEDICINE

The article provides materials for biology and prospects for the use of raw materials Sumac tanning in folk and scientific medicine. Specified collection technology and drying the leaves and shoots of sumac tanning for tanning and for medical purposes.

**Key words:** cenoses, community, zone, formation, medical.

**Сведения об авторах:** *А. Халимов* – кандидат биологических наук, заведующий кафедрой ботаники биологического факультета ТНУ. Телефон: **919-00-16-24**

*Дж. Аминов* - ассистент кафедры ботаники биологического факультета ТНУ. Телефон: **935-91-35-51**

## О НОВЫХ СОРТАХ КАРТОФЕЛЯ В ТАДЖИКИСТАНЕ

*К. Партоев*

Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН РТ

Проведение научно-исследовательской работы и становление картофелеводства в Таджикистане как отрасль, началось после 30-40-х годов прошлого века. В горных районах республики на высоте более 2000 метров над уровнем моря сорта картофеля формируют много цветков и ягод, что является очень важной предпосылкой для проведения селекционно-генетических работ [1-3]. В настоящее время успешно продолжаются совместные исследования научных учреждений республики с Международным центром картофеля, которые были начаты в 2005 году [2]. В последние годы в республике учеными проводятся гибридизации картофеля в уникальном для таких работ в высокогорном массиве - Джиргитальский район на высоте 2700 метров над уровнем моря. Ими на основе проведения скрещивания различных сортов получены ряд местных перспективных гибридных линий картофеля. Все это в совокупности позволило за последние годы получить целый ряд новых сортообразцов и гибридов картофеля отечественной селекции.

**Материал и методика исследований.** Объектами исследований для гибридизации служили сортообразцы картофеля из коллекции Института ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан, а также различных гибридов, полученных из Международного центра картофеля (СИП). Сортообразцы картофеля были посажены в мае по схеме посадки 60x20 см. В питомнике гибридизации каждый сортообразец картофеля сажали на двух рядах всего по 50 клубней с каждого. В 2009 году было проведено скрещивание различных сортов картофеля в экспериментальном поле Общественной организации «Тухмипарвар» в Джиргитальском районе на высоте 2700 метров над уровнем моря. Общее количество растений в селекционных питомниках ежегодно составляло 50–60 (популяций гибридных комбинаций и клонов). При выращивании гибридов картофеля использовалась общепринятая в данной зоне агротехника. Клубни обычно высаживались в мае, проводились две междурядные обработки, вносились необходимые дозы минеральных удобрений (NPK – 100+180+80кг/га), растения окучивались перед поливом, полив проводился 8-10 раз за вегетацию.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Новые сорта картофеля значительно превышают стандартный сорт Кардинал по урожайности (таблица).

**Таблица 1. Урожайность сортов картофеля (расчётная) в питомнике конкурсного сортоиспытания, т/га.**

Сорта картофеля	Годы				Среднее	Отклонение от стандарта	
	2009	2010	2011	2012		т/га	%
Кардинал (стандарт)	31.8	25.7	33.9	33.2	31.15	0.00	0.00
Зарина	36.5	30.8	35.7	37.3	35.08	3.93	12.60
Дусти	39.5	36.0	39.2	38.5	38.30	7.15	22.95
Файзабад	39.8	35.0	40.8	38.5	38.53	7.38	23.68
Таджикистан	41.4	39.8	40.9	40.1	40.55	9.40	30.18
Рашт	40.0	40.2	39.3	39.3	39.70	8.55	27.45
V,%	13.2	13.7	12.5	15.0	13.60		
НСР <sub>05</sub>	1.85	1.98	1.47	1.70	1.75		

Как видно из таблицы, сорт Зарина, по урожайности превысил стандартный сорт Кардинал, в среднем за годы исследований на 3.93 т/га (или на 12.60%).

Новые сорта картофеля, выведенные в последние годы Дусти и Файзабад в 2010 году были переданы Государственной Комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и охране сортов Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан для испытания в разных районах республики. Эти сорта, по урожайности, в среднем за четыре года, значительно превысили стандартный районированный сорт Кардинал (соответственно на 7.15 и 7.38 т/га или на 22.95 и 23.68%). Новые сорта картофеля Рашт и Таджикистан, переданные в Государственную Комиссию по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур и охране сортов при Министерстве сельского хозяйства Республики Таджикистан в 2011г., показали лучшие результаты по урожайности и качеству урожая в сравнении с другими сортами и сортом Кардинал. Они превысили сорт Кардинал по урожайности соответственно на 8.55 и 9.49 т/га или на 27.45 и 30.18%.

Таким образом, изучение сортов в питомнике конкурсного сортоиспытания в разные годы показало, что новые сорта картофеля Дусти, Файзабад, Таджикистан, Рашт имеют существенное преимущество по урожайности в сравнении с районированным сортом Кардинал.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Джонгиров Д.О. Биологические особенности диких видов, межвидовых гибридов и сортов картофеля в горных районах Западного Памира: автореф. дис. канд. с.-х. наук / Д.О. Джонгиров. - Душанбе, 1995. - 18с.
2. Партоев К. Новые сорта картофеля (Навъҳои нави картошка) / К. Партоев // Журнал «Наука и жизнь» (Илм ва ҳаёт). № 10-12, 2009. - С. 42-43.
3. Перлова Р.П. Картофель в высокогорных районах Памира / Р.П. Перлова // Доклады ВАСХНИЛ, 1939.- Вып.20. - С.10-13.

#### О НОВЫХ СОРТАХ КАРТОФЕЛЯ В ТАДЖИКИСТАНЕ

В результате селекционной работы в условиях Таджикистана получены такие новые сорта картофеля, как Зарина, Дусти, Файзабад, Таджикистан и Рашт, которые по урожайности превышают стандартный сорт Кардинал на 12-30%.

**Ключевые слова:** сорт, картофель, Таджикистан.

#### ABOUT NEW POTATO VARIETIES IN TAJIKISTAN

As result of breeding works in the circumstances of Tajikistan was received such new potato varieties of potato, as Zarina, Dusti, Faizabad, Tajikistan and Rasht which on productivity exceed a standard variety the Cardinal on 12-30 %.

**Key words:** variety, potato, Tajikistan.

**Сведения об авторе:** *К. Партоев* – старший научный сотрудник Института ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан. E-mail: [pkurbonali@yahoo.com](mailto:pkurbonali@yahoo.com)



# ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ОРИГИНАЛЬНОЙ МАЗИ КОМБИНИРОВАННОГО СОСТАВА С ЭФИРНЫМ МАСЛОМ ИССОПА ЗЕРАВШАНСКОГО

*И.С. Гулмуродов, А.В. Зайченко, Е.В. Гладух*

**Национальный фармацевтический университет, г. Харьков, Украина**

**ВВЕДЕНИЕ.** Последнее двадцатилетие характеризуется стремительным увеличением ассортимента растительных лекарственных средств на мировом фармацевтическом рынке. Значительный рост потребления фитопрепаратов отмечается в группе лекарств, влияющих на респираторную систему. Среди них следует выделить безрецептурные лекарственные средства, пользующиеся большим спросом у потребителей аптек, особенно в периоды пика сезонной заболеваемости ОРЗ, которые представлены комбинированными противопростудными мазями [1,8].

Применение мазей, содержащих эфирные масла растений, является одним из наиболее эффективных методов профилактики и лечения простудных заболеваний и имеет ряд преимуществ перед другими лекарственными формами. К ним относятся безопасность (атравматичность) и удобство использования в домашних условиях, возможность применения у детей разных возрастных групп, физиологичное введение путем вдыхания с воздухом (без применения дополнительных устройств – ингаляторов). Действующие вещества мази после аппликации испаряются под действием температуры тела, при этом оказывают различные виды фармакологического действия: антимикробное, противовоспалительное, местно-раздражающее (согревающее), отвлекающее, рассасывающее [4,5]. Ингаляционное действие эфирных масел приводит к рефлекторному возбуждению дыхательного центра, что сопровождается усилением и учащением дыхания, улучшению оксигенации тканей, уменьшению застойных явлений в легких. Использование препаратов аффрентного типа действия способствует облегчению отхаркивания, повышению эффективности комплексной терапии простудных заболеваний [3,7,9].

**Целью работы** является изучение влияния мази с эфирным маслом иссопа зеравшанского на развитие гиперемии кожных покровов на месте нанесения и частоту дыхания у животных.

**Материалы и методы.** Противомикробную активность мази изучали в опытах *in vitro* методом диффузии в агар. Метод основан на способности действующих веществ проникать в агар, предварительно засеянный культурами микроорганизмов. В качестве тест-культур использовали грамположительные микроорганизмы, музейные штаммы *Staphylococcus aureus* ATCC 25293, *Streptococcus pyogenes* ATCC 2432, споровую культуру *Bacillus subtilis* ATCC 6633, грамотрицательную культуру *Escherichia coli* ATCC 25922. Противогрибковую (антифунгальную) активность определяли по отношению к дрожжеподобному грибу рода кандиды – *Candida albicans* ATCC 885-653.

При проведении опытов использовали односуточные суспензии бактериальных микроорганизмов в физиологическом растворе, конечный стандарт которых составил для стафилококка и стрептококка –  $2 \times 10^4$ , для кишечной палочки –  $2 \times 10^5$ , для спорообразующей культуры –  $2 \times 10^9$  колониеобразующих единиц/мл (КОЕ/мл) питательной среды. Для двухсуточной культуры дрожжеподобного гриба микробная нагрузка составляла  $2 \times 10^6$  КОЕ/мл питательной среды Сабуро.

В чашки Петри, установленные на горизонтальной плоскости, вносили 10 мл незараженного агара (при работе с бактериальными культурами – мясо-пептонный агар

(МПА), при работе с дрожжеподобными грибами – среда Сабуро). После застывания на поверхность агар помещали стальные цилиндры (высота 10 мм, наружный диаметр 8 мм) и заливали агаром с культурами микроорганизмов в количестве 15 мл. После застывания второго слоя цилиндры вынимали и в образовавшиеся лунки вносили исследуемые образцы мазей до полного их заполнения. Посевы помещали в термостат. Бактериальные культуры инкубировали при 25-27°C, дрожжеподобные грибы – при 35-37°C на 24-48 часов. Диаметр зоны задержки роста микроорганизмов характеризовал антимикробную активность исследуемых тест-образцов. О степени активности препарата судили по диаметру зоны задержки роста микроорганизмов [2].

Изучение местно-раздражающего действия мази проводилось на белых нелинейных крысах обоего пола, выращенных в виварии НФаУ. Как препарат сравнения использовали мазь «Доктор МОМ» (Юник Фармасьютикал Лабораториз, Индия), которая близка по содержанию действующих веществ новой изучаемой мази (табл. 2), имеет аналогичные фармакологические свойства и показания к применению, зарегистрирована в Украине. Исследуемые мази наносили на выстриженный участок кожи 2x2 см, что составляет 5% от общей площади тела, в количестве 0,5 г на животное. Контролем служили группы животных, которым на выстриженный участок кожи размером 2x2 см наносили мазевую основу. Изучаемые мази и мазевую основу наносили животным однократно, наблюдение проводили в течение 16-ти часов.

Эффективность лечебного действия оценивали по развитию гиперемии кожных покровов на месте нанесения (локальная сосудистая реакция, местное согревающее действие) и частоте дыхательных движений у животных (рефлекторная стимуляция дыхательного центра) [4].

Оценку эритемы проводили через 1, 2, 4, 8, 16 часов после нанесения мазей и оценивали в баллах (от 0 до 4) при помощи колориметрической линейки Суворова С.В.

Критерии оценки эритемы:

- 0 – отсутствие эритемы
- 1 – слабая (розовый тон)
- 2 – умеренно выраженная (розово-красный тон)
- 3 – выраженная (красный тон)
- 4 – резко выраженная (ярко-красный тон).

Для получения статистически значимых выводов использовали непараметрический критерий Крускала-Уолиса, Манна-Уитни и точный метод Фишера. Альтернативную гипотезу во всех вышеприведенных критериях принимали при  $p \leq 0,05$ . Для проведения математических расчетов использовали стандартный пакет программ «Statistica 6.0» [6].

#### Результаты исследования и их обсуждение

**Изучение антимикробной активности.** Для изучения антимикробной активности было представлено 4 образца мази, которые различались разным содержанием эфирного масла иссопа. В образце №1 содержание эфирного масла составило 1,0 г; в образце №2 – 3,0 г; в образце №3 – 4,0 г; в образце №4 – 5,0 г. Результаты изучения антимикробной активности тест-образцов представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Антимикробная активность мазей с различным содержанием эфирного масла иссопа**

Тест-образец	Культуры микроорганизмов				
	<i>S. aureus</i>	<i>Str. pyogenes</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. Albicans</i>
	Диаметр зоны задержки роста микроорганизмов, мм				

№1	17-18	14-15	14-15	18-19	11-12
№2	18-20	17-18	17-18	21-22	11-12
№3	20-23	19-20	21-22	22-23	13-14
№4	24-26	19-21	21-22	22-23	14-15

Данные, полученные в результате микробиологического исследования, свидетельствуют о том, что все изученные тест-образцы мазей обладают антимикробной активностью по отношению ко всем использованным микроорганизмам. Наибольшую антимикробную активность проявили образцы №3 и №4. Образец №4 незначительно превосходил образец №3 по антимикробной активности в отношении *S. aureus*, а по отношению к остальным микробным агентам их активность была одинаковой.

Учитывая то, что с увеличением дозы ЭМИЗ с 4,0 до 5,0 г антибактериальная активность не изменялась, для дальнейших исследований была отобрана мазь, содержащая 4,0 г эфирного масла иссопа (табл. 2).

**Таблица 2. Сравнительный анализ состава мази с эфирным маслом иссопа зеравшанского и препарата сравнения мази «Доктор МОМ»**

Мазь с ЭМИЗ, на 100 г		Мазь «Доктор МОМ», на 20 г	
<i>Эфирное масло иссопа</i>	4 г	<i>Ореха мускатного масло</i>	0,11 мл
<i>Метилсалицилат</i>	15 г	<i>Левоментол</i>	0,61 г
<i>Камфора</i>	5 г	<i>Камфора</i>	1,05 г
		<i>Эвкалиптовое масло</i>	0,30 мл
		<i>Скипидарное масло</i>	1,11 мл
		<i>Тимол</i>	0,02 г
<i>Вспомогательные вещества</i>			
<i>Изопропилмиристан</i>	36 г	<i>Белый мягкий парафин</i>	до 20,0 г
<i>Твердый жир</i>	32 г		
<i>Воск пчелиный</i>	8 г		

**Изучение местно-раздражающего действия.** При нанесении исследуемой мази на освобожденные от шерсти участки кожи у животных развивалась гиперемия, обусловленная рефлекторным расширением кровеносных сосудов кожи. Прилив крови к месту нанесения мази с ЭМИЗ начинал появляться на 20-30-й мин. наблюдения, постепенно нарастал и достигал своего максимума на второй час наблюдения (табл. 3). В группе животных, которым наносили препарат сравнения – мазь «Доктор МОМ», этот процесс начинался в эти же сроки, своего апогея этот показатель достигал к четвертому часу опыта. Продолжительность гиперемии у большинства животных, получавших мазь с ЭМИЗ, составила 9-11 часов, а у части животных она сохранялась до 16-го часа наблюдения. В группе животных, которым наносили мазь «Доктор МОМ» гиперемия у всех крыс исчезала между 8-м и 16-м часом эксперимента.

Таким образом, обе изучаемые мази проявили способность усиливать приток крови и одинаковую по степени выраженности локальную гиперемию, однако по времени наступления и продолжительности местно-раздражающего действия, мазь с ЭМИЗ несколько превосходила препарат сравнения мазь «Доктор МОМ».

Аппликация мази с ЭМИЗ и последующей ингаляцией смеси эфирных масел, сопровождалось рефлекторным возбуждением дыхательного центра, что приводило к усилению частоты и глубины дыхательных движений у животных.

**Таблица 3. Влияние мази с эфирным маслом иссопа зеравшанского на развитие гиперемии кожных покровов у крыс, Me (LQ;UQ)**

Группа животных, n=6	Время наблюдения					
	Исходные данные	1-й час	2-й час	4-й час	8-й час	16-й час
Интактный Контроль	0	0	0	0	0	0
Мазь с ЭМИЗ	0	1,0 (1;1) <sup>1/2</sup>	2,0 (1;2) <sup>1/2</sup>	2,0 (1;3) <sup>1/2</sup>	1,0 (1;1) <sup>1/2</sup>	1,0 (0;1) <sup>2/3</sup>
Мазь «Доктор MOM»	0	1,0 (1;0) <sup>2</sup>	1,5 (1;2) <sup>1/2</sup>	2,0 (2;2) <sup>1/2</sup>	1,0 (1;1) <sup>1/2</sup>	0 (0;0)

Примечания: 1 – отклонения достоверны относительно исходных показателей,  $p \leq 0,05$ ; 2 – отклонения достоверны относительно показателя животных группы интактного контроля,  $p \leq 0,05$ ; 3 – отклонения достоверны относительно показателя животных, получавших аппликации мази «Доктор MOM»,  $p \leq 0,05$ .

В нашем исследовании изучаемые мази проявили подобное действие на 15-ой минуте наблюдения. К концу первого часа эксперимента частота дыхания (ЧД) у животных первой группы на 27% превышала аналогичные показатели у животных группы интактного контроля и на 28% — исходные показатели внешнего дыхания у группы крыс, которым наносили мазь с ЭМИЗ.

Во второй экспериментальной группе ЧД повысилась на 17% относительно исходных данных и аналогичного показателя у интактных крыс. Однако, достоверных различий на 1-й и последующие часы наблюдения между исследуемыми группами не наблюдалось (табл. 4).

Максимальное увеличение частоты дыхательных движений (на 30%) в первой группе было зафиксировано на 4-й час опыта. У животных, которым наносили препарат сравнения, частота дыхания (ЧД) сохранялась стабильно повышенной, но при этом не превышала 27% от исходных данных в первые четыре часа наблюдения. К 8-у часу эксперимента ЧД в обеих экспериментальных группах снижалась. Однако, и в первой и во второй группе животных, этот показатель оставался на 13% выше исходных данных.

**Таблица 4. Влияние мази с эфирным маслом иссопа зеравшанского на частоту дыхания у крыс (число дыхательных движений в минуту),  $\bar{X} \pm S_x$**

Группа животных, n=6	Время наблюдения					
	0-й час (исходные данные)	1-й час	2-й час	4-й час	8-й час	16-й час
Интактный Контроль	83,2±0,9	82,3±1,4	81,1±1,1	81,0±1,5	79,3±1,5	80,5±1,8
Мазь с ЭМИ	81,8±0,7	104,8±2,1 <sup>1/2</sup>	103,8±1,6 <sup>1/2</sup>	107,1±2,5 <sup>1/2</sup>	92,7±3,1 <sup>1/2</sup>	82,5±2,3
Мазь «Доктор MOM»	82,5±1,0	96,7±1,6 <sup>1/2</sup>	105,3±1,6 <sup>1/2</sup>	109,1±1,2 <sup>1/2</sup>	93,8±3,2 <sup>1/2</sup>	83,6±1,6

Примечания: 1 – отклонения достоверны относительно исходных показателей,  $p \leq 0,05$ ; 2 – отклонения достоверны относительно показателя животных группы интактного контроля,  $p \leq 0,05$ .

К 16-му часу эксперимента показатели внешнего дыхания у животных двух исследуемых групп вернулись к исходным данным, рефлекторная стимуляция дыхательного центра отсутствовала.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии умеренно выраженного стимулирующего влияния мазей на дыхательный центр. Этот эффект, как и способность вызывать прилив крови и местное согревающее действие, у мази «Доктор МОМ» продолжалось не более 8-и часов, тогда как у мази с ЭМИЗ гиперемия, а значит и местное согревающее действие длилось до 16 часов.

### **ВЫВОДЫ**

1. Новая комбинированная мазь, содержащая эфирное масло иссопа зеравшанского, метилсалицилат и камфору обладает антимикробной активностью по отношению к бактериальным грамположительным (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus subtilis*), грамотрицательным (*Escherichia coli*) культурам, а также по отношению к дрожжеподобному грибу рода кандиды – *Candida albicans*.

2. При однократном нанесении на кожу исследуемая мазь через 20-30 мин. начинает оказывать местно-раздражающее действие, проявляющееся гиперемией, которая сохраняется на протяжении 16 часов.

3. Местно-раздражающее действие мази сопровождается развитием умеренно выраженного стимулирующего влияния на дыхательный центр животных.

4. По выраженности местно-раздражающего (согревающего) действия мазь с эфирным маслом иссопа зеравшанского не уступает, а по продолжительности несколько превосходит препарат сравнения – мазь «Доктор МОМ».

5. Наличие фармакологической активности афферентного типа действия у мази, содержащей эфирные масла эндемического для Таджикистана растения – иссопа зеравшанского, открывает перспективы разработки на его основе новых лекарственных препаратов природного происхождения, с целью расширения ассортимента и импортозамещения в группе лекарств для лечения простудных заболеваний.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Булаев В.М. Современная фитотерапия / В.М. Булаев, Е.В. Ших, Д.А. Сычев. – М.: МЕДпресс-информ, 2011. – 144 с.
2. Доклінічні дослідження лікарських засобів: методичні рекомендації/ [За редакцією член-кореспондента АМН України О.В. Стефанова]. Видавничий дім «Авіцена», 2001. – 528 с.
3. Клиническая фармация (фармацевтическая опека): учебник для высших медицинских (фармацевтических) учебных заведений / [И.А. Зупанец, В.П. Черных Т.С. Сахарова и др.]; под. ред. В.П. Черных, И.А. Зупанца. – Харьков: Золотые страницы, 2012. – 776 с.
4. Николаевский В.В. Биологическая активность эфирных масел / В.В. Николаевский, А.Е. Еременко, И.К. Ианов. – М.: Медицина, 1987. – 144 с.
5. Пискунов Г.З. Лекарственные средства, применяемые в отолярингологии / Г.З. Пискунов, С.З. Пискунова. - М.: ЗАО «Финстатинформ», 2000. – 275 с.
6. Салимов Р.М. Основные методы статистической обработки результатов фармакологических экспериментов: в кн.: руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Р.М. Салимов. – М.: Ремедиум, 2000. – С. 349-454.
7. Системная фитотерапия: учебное пособие для студентов вузов / Под ред. В.С. Кисличенко, А.В. Зайченко, И.А. Журавель. – Харьков: изд-во НФаУ: Золотые страницы, 2008. – 256 с.
8. Турищев С.Н. Современная фитотерапия / С.Н. Турищев. -М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 448 с.
9. Французов Б.Л. Фитотерапия неспецифических воспалительных заболеваний верхних дыхательных путей, трахеи и бронхов / Б.Л. Французов, С.Б. Французова, И.М. Фрегер. – К.: «Здоровья», 1995. – 120 с.

## **ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ОРИГИНАЛЬНОЙ МАЗИ КОМБИНИРОВАННОГО СОСТАВА С ЭФИРНЫМ МАСЛОМ ИССОПА ЗЕРАВШАНСКОГО**

В статье представлены результаты фармакологического изучения новой мази комбинированного состава, содержащей эфирное масло иссопа зеравшанского (ЭМИЗ). Исследована антибактериальная активность и местно-раздражающее действие мази с ЭМИЗ. Установлено, что изучаемая мазь проявляет антимикробную активность по отношению к бактериальным грамположительным (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus subtilis*), грамотрицательным (*Escherichia coli*) культурам, а также по отношению к дрожжеподобному грибу рода кандиды – *Candida albicans*. При однократном нанесении на кожу исследуемая мазь оказывает местно-раздражающее действие, проявляющееся гиперемией и умеренно выраженным стимулирующим влиянием на дыхательный центр животных. По выраженности местно-раздражающего (согревающего) действия мазь с эфирным маслом иссопа зеравшанского, не уступает препарата сравнения – мазь «Доктор Мом», а по продолжительности эффекта, несколько превосходит его.

**Ключевые слова:** мазь, эфирные масла, иссоп зеравшанский, антимикробная активность, местно-раздражающее действие.

## **PHARMACOLOGICAL STUDIES OF THE COMBINED STRUCTURE OF THE NEW OINTMENT CONTAINING ESSENTIAL OIL OF HYSSOP ZERAVSHANSKIY**

The article presents the results of pharmacological studies of the combined structure of the new ointment containing essential oil of hyssop Zeravshanicus (EOHZ). The antibacterial activity and the local irritant effect of ointment (EOHZ) was investigated. The ointment shows antimicrobial activity against Gram-positive bacterial (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus subtilis*), Gram-negative cultures (*Escherichia coli*), as well as against *Candida* yeasts - *Candida albicans*. One application of the ointment on skin has local irritant action with expressed hyperemia and moderate stimulating effect on the respiratory center in animals. local irritation (warming) effect of ointment with hyssop Zeravshanicus essential oil is at the same level as the reference product - "Doctor Mom" ointment and its effect duration is even longer than the reference ointment has.

**Keywords:** ointment, essential oil, hyssop Zeravshanicus, antimicrobial activity, local irritant effect

**Сведения об авторах:** *И.С. Гулмуродов* - аспирант кафедры промышленной фармации Национального фармацевтического университета (НФаУ). Телефон: +99290-161-00-77. E-mail: [gulmurodov@mail.ru](mailto:gulmurodov@mail.ru)

*А.Н. Зайченко* - доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой клинической фармакологии Института повышения квалификации специалистов фармации Национального фармацевтического университета (г. Харьков, Украина). Телефон: +38057-704-15-54. E-mail: [zajichenk.anna@mail.ru](mailto:zajichenk.anna@mail.ru)

*Е.В. Гладух* - доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой Промышленной фармации НФаУ (г. Харьков, Украина). Телефон: +38(050)343-02-95. E-mail: [glad\\_e@i.ua](mailto:glad_e@i.ua)

## **РАЗРАБОТКА НА ОСНОВЕ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА НОВОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА ДЛЯ НУТРИЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ БАЗИСНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ**

*А.С. Торгаутов*

**Казахская академия питания, г. Алматы, Казахстан**

Несмотря на четко установленную первостепенную роль статуса питания организма больных в определении эффективности этиопатогенетической терапии такого тяжелого и социально-значимого заболевания, как туберкулез легких, в стандартные протоколы его лечения не включены методы его диетотерапии с использованием специализированных продуктов питания и биологически активных добавок к пище [1,2,3]. К сожалению, при этом не используются известные фармакологические свойства пищевых продуктов, с помощью которых можно наиболее физиологичным способом осуществлять целенаправленную коррекцию основных систем адаптации организма [4,5]. Как известно, патогенез самого заболевания, а также проводимая данной категории тяжелым больным интенсивная

химиотерапия препаратами резервного ряда оказывают выраженное негативное влияние на функциональное состояние систем адаптации организма, от чего во многом зависит общий терапевтический эффект стандартного протокола лечения. В литературе имеются фрагментарные и не всегда однозначные данные по ограниченному применению специализированных продуктов питания и биологически активных добавок к пище в комплексном лечении больных туберкулезом легких, включая его мультирезистентные формы [6,7].

Также, клинически давно установлена эффективность кумысолечения у больных туберкулезом, связанная с уникальными биологическими свойствами кобыльего молока [7,8].

Кроме того, Казахстан располагает большими и разнообразными природными сырьевыми возможностями для создания многофункциональных лечебно-профилактических продуктов питания и биологически активных добавок к пище (продукция марало- и оленеводства, пчеловодства, богатая фауна и флора), которые широко не используются при лечении больных тяжелыми формами туберкулезной инфекции.

Данные сырьевые источники дают возможность конструирования на основе кобыльего молока, целенаправленно обогащенного биологически активными компонентами, многофункциональные продукты питания для коррекции нарушений таких основных систем адаптации организма: как гемо- и лейкопоз, иммунологическая реактивность организма, антиоксидантный статус, монооксигеназная система печени и микроэкология кишечника.

Вместе с тем, целенаправленное применение специализированных продуктов питания на основе кобыльего молока в качестве методов нутрициональной поддержки стандартного протокола лечения больных туберкулезом легких, вполне обоснованно можно рассматривать в качестве неиспользуемого резерва реального повышения эффективности лечения тяжелой формы туберкулезной инфекции.

Вышеуказанное свидетельствует о целесообразности и приоритетности проведения соответствующего исследования по разработке на основе кобыльего молока специализированного продукта питания для нутрициональной поддержки стандартного протокола лечения больных туберкулезом легких.

Кобылье молоко относится к альбуминовому типу и содержит, как и женское, невысокий процент белка (до 2%). В кобыльем молоке, наряду с альбуминами, отмечается повышенный уровень низкомолекулярных пептидов. Жир кобыльего молока отличается повышенным содержанием полиненасыщенных жирных кислот, а по микроэлементному и витаминному составу оно также максимально приближено к составу женского грудного молока. Так, из ненасыщенных жирных кислот особую ценность представляют линолевая, линоленовая, и арахидоновая жирные кислоты, уровень которых превосходит их содержание в коровьем молоке более, чем в 5 раз. Главным углеводным компонентом кобыльего и женского молока является лактоза, определяющая его сладковатый вкус. Содержание витамина С в кобыльем молоке колеблется в зависимости от породы и составляет в среднем от 97-330 мг на литр. Кобылье молоко является ценным источником витамина А (0,400 мг/л), витамина Е (0,5-0,6 мг/л), в молоке также присутствуют витаминные группы (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>12</sub>, фолиевая кислота). Как и разные виды молока, кобылье молоко является богатым источником, прежде всего, кальция, фосфора, магния, присутствует в молоке также кобальт, железо, цинк и медь.

Таким образом, базируясь на химическом составе кобыльего молока, учитывая его лечебные свойства и уникальные органолептические характеристики, нами был обоснован состав и рецептура нового функционального продукта на его основе.

Специализированный продукт был разработан с учетом коррекции в раннем послеоперационном периоде нарушений не только нутриционального, но и антиоксидантного

и иммунного статусов, а также микробиоценоза толстого кишечника у больных туберкулезом легких.

В состав специализированного продукта на основе кобыльего молока входили, наряду с кобыльим молоком, сухие зародыши пшеницы, масло оливковое, сиропы черной смородины и шиповника, инулин, пектин, комплекс витаминов и микроэлементов (А, Е, С, бета-каротин, фолиевая кислота, железо, селен, цинк, магний), соевые изофлавоны.

Продукт был сброжен штаммами молочнокислых и бифидобактерий с высокой биохимической активностью. Химический состав специализированного продукта «Тулпар-2» представлен в таблице .

**Таблица 1. Химический состав продукта «Тулпар- 2» из расчета на 100 г продукта**

Наименование показателя	Норма
Белок, г	8,5-9,0
Жир, г	4,0-4,5
Углеводы, г	8,0-9,0
Витамины, мг:	
С	90-95
РР	2,0-2,5
Е	10-12
А	2,0-2,2
β-каротин	4,0-5,0
Вс	0,040-0,045
В <sub>2</sub>	1,0-1,2
В <sub>6</sub>	0,2-0,25
Микроэлементы:	
Se, мкг	100-115
Ca, мг	102-123
Na мг	40-47
Fe, мг	1,3-1,6
Zn, мг	1,5-1,7
Mg	50-55
Калорийность, ккал	102-112

Включение в состав продукта штаммов молочнокислых бактерий с высокой биохимической активностью было направлено на снижение риска развития дисбактериоза, возникающего в результате длительного воздействия антибиотиков широкого спектра действия, а также химиотерапии.

Спецпродукт «Тулпар-2», наряду с полноценным кобыльим молоком богатым кальцием, а также сухим обезжиренным молоком (СОМ), богатым белком, макро- и микроэлементами содержит оливковое масло, богатое полиненасыщенными жирными кислотами, а также витаминами А и Е, существенно повышающими защитные функции организма и снижающими процессы активного накопления свободных радикалов в организме.

Обогащение продукта зародышами зерна пшеницы способствовало повышению не только пищевой, но и биологической ценности продукта. Сухие зародыши зерна пшеницы содержат высокий процент растительного белка, жиры, моно- и дисахара, богатый набор витаминов, макро-и микроэлементов, а также незаменимых аминокислот. Среди витаминов, присутствующих в зародышах зерна пшеницы обнаружено высокое содержание витамина А, Е, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, а также содержатся витамины К, Д, РР и F.



В зародышах зерна пшеницы содержится более 1% фосфора и калия, уровень железа составляет 10мг%, присутствует также в зародышах зерна медь, кобальт, селен и другие микроэлементы. Зародыши являются богатым источником витамина Е, участвующего в регуляции процессов перекисного окисления липидов, формировании иммунитета и защите от онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний.

Введение в состав продукта пектина, было обосновано усилением его детоксицирующих свойств, а также благоприятным влиянием продукта на перистальтику кишечника и функциональную активность желудочно-кишечного тракта и его микрофлору.

Дополнительное обогащение продукта инулином-пребиотиком было обосновано благоприятным его действием на приживаемость бифидо- и лактофлоры в желудочно-кишечном тракте снижением риска развития дисбактериоза на фоне интенсивной химиотерапии туберкулезных больных.

Продукт содержит витамины А, Е, С, бета-каротин, РР, группы «В», а также микроэлементы – кальций, железо, фосфор, магний, цинк, селен, что в значительной степени определяет его антиоксидантные, иммунокорректирующие, детоксицирующие и микробиоценозномализующие свойства.

Селен, входящий в состав продукта, является незаменимым, жизненно важным микроэлементом, значение которого в функционировании ряда биологических систем и процессов в организме человека было оценено не так давно. Селен поддерживает функцию селеносодержащих ферментов и селенопротеинов, содержащихся в плазме, оказывает влияние на обмен лейкотриена, тромбосана и простациклина. Дефицит селена подавляет реакции иммунной защиты, в особенности неспецифической, клеточного и гуморального иммунитета [9].

На сегодняшний день в литературе описаны данные об эффективности и целесообразности использования селена, как с профилактической целью, так и в качестве сопроводительной терапии у больных туберкулезом и злокачественными новообразованиями.

Доказано, что при туберкулезе, как и многих других заболеваниях нарушаются процессы перекисного окисления липидов (жиров). В результате чего в организме человека накапливаются токсические продукты, что приводит к избыточному накоплению вредных радикалов, которые понижают резистентность организма к факторам внешней среды.

На сегодняшний день является абсолютно доказанным значение и роль в первичной профилактике туберкулеза бета-каротина (провитамин А); ретинола (витамин А); токоферола (провитамин Е) и аскорбиновой кислоты, что также было учтено при разработке рецептуры продукта и включения в его состав не только источников антиоксидантов, но и дополнительного обогащения его витаминами-антиоксидантами, селеном и полиненасыщенными жирными кислотами..

Таким образом, разработанный продукт был сбалансирован по основным эссенциальным нутриентам (белкам, жирам, углеводам, витаминам, макро- и микроэлементам).

Технология приготовления позволяла получать продукт, обладающий высокой степенью дисперсности, физико-химической и микробиологической стабильностью. Его производство не требует специального технологического оборудования. Все компоненты рецептуры являются доступными и разрешенными к использованию в пищевых целях, хорошо усваиваются организмом.

Назначение специализированного продукта «Тулпар-2» с целью лечения послеоперационных больных и больных после лучевой и химиотерапии в мировой практике

неизвестно. Продукт больным рекомендуется принимать ежедневно от 500,0 до 2000,0 мл в сутки, независимо от способа и пути его приема.

Действие специализированного продукта направлено на повышение защитных сил организма, снижение процессов перекисного окисления липидов, активацию монооксигеназной системы, улучшение функциональной активности желудочно-кишечного тракта, уменьшение токсемии.

Основными показаниями к применению спецпродукта «Тулпар-2» в комплексной терапии туберкулеза являются:

- профилактика дисбактериоза кишечника, нормализация функции желудочно-кишечного тракта в случае возникновения желудочно-кишечного кровотечения;
- снижение всасывания токсических продуктов распада;
- снижение свободнорадикального окисления липидов;
- активация иммунологической реактивности и гемопозитической функции организма.

Учитывая вышеизложенное, надо полагать, что лечение больных с включением специализированного диетического продукта «Тулпар-2» с иммуностимулирующими, микробиоценоз-нормализующими, детоксицирующими и антиоксидантными свойствами следует отнести к способам патогенетического лечения неинфекционных и инфекционных заболеваний, поскольку процессы перекисного окисления липидов и нарушение иммунологической реактивности являются одними из ведущих патогенетических механизмов их течения и развития.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мишин В.Ю. Эффективность применения веторона в комплексном лечении больных туберкулезом легких: в кн. "Веторон" / В.Ю. Мишин, 2003.- С.66-67.
2. Лепеха Л.Н. Протективное действие веторона на функциональную активность альвеолоцитов 2 типа при этиотропной химиотерапии экспериментального туберкулеза / Л.Н. Лепеха, Н.В. Кузьмина, В.В. Ерохин. - М.: ГУ ЦНИИ туберкулеза РАМН, 2001.-С.34-45.
3. Салиева Н.Ш. Алиментарная поддержка краткосрочной контролируемой химиотерапии больных туберкулезом легких с помощью биологически активных добавок к пище: автореф. канд. мед.наук / Н.Ш. Салиева. - Алматы, 2002. - 31с.
4. Караченова А.Г. Применение "Доливина" как биологически активной добавки в комплексном лечении больных туберкулезом. Городской противотуберкулезный диспансер / А.Г. Караченова. - Владивосток, 1999. -С.22-32.
5. Влияние препарата «Олигохит аскорбат» на иммунный статус впервые выявленных больных туберкулезом легких: научные публикации // [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.oligopharm.ru/public8/-2001>.
5. Омаров Ш.М. Прополис как иммуномодулятор и гепатопротектор при туберкулезе легких / [Ш.М. Омаров, М.Г. Атаев, Н.У. Чамсутдинов и др.]. - Махачкала: Дагестанская госмедакадемия, 1998. -С.121-124.
6. Новые возможности стимуляции местного иммунитета у больных туберкулезом органов дыхания / И.С. Гельберг [и др.]. -Минск: Гродненский медицинский университет и НПО "Биосан", 1999.
7. Есенгельдиева А.М. Алиментарная поддержка химиотерапии туберкулеза легких с первичной множественной лекарственной устойчивостью с помощью биологически активной добавки к пище «Трансфер фактор-плюс»: автореф. дисс. канд. мед.наук / А.М. Есенгельдиева. - Алматы, 2010.- 30 с.
8. Кемпбелл И. Раннее послеоперационное питание за и против / И. Кемпбелл // Освежающий курс лекций по анестезиологии и реаниматологии: сб.научн.тр. -Архангельск, 1996. -С. 195-199.

#### **РАЗРАБОТКА НА ОСНОВЕ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА НОВОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА ДЛЯ НУТРИЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ БАЗИСНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ**

Учитывая уникальность химического состава и физиолого-биохимических свойств кобыльего молока разработана технология и рецептура на новый специализированный лечебно-профилактический продукт на его основе «Тулпар-2», с направленными иммуностимулирующими, микробиоценоз-нормализующими,

детоксицирующими и антиоксидантными свойствами, предназначенный для профилактики и лечения в комплексной медикаментозной терапии как неинфекционных, так и инфекционных заболеваний, включая туберкулез легких.

**Ключевые слова:** туберкулёз, бифидобактрин, соя, Тулпар-2, кобылье молоко, химиотерапия, иммуномодулятор, профилактика, селен, перекисное окисление.

#### **DEVELOPMENT ON THE BASIS OF MARE'S MILK IS A NEW SPECIALIZED PRODUCT OF NUTRITION SUPPORT FOR BASIC METHODS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH PULMONARY TUBERCULOSIS**

Development on the basis of mare's milk is a new specialized product of nutrition support for basic methods of treatment of patients with pulmonary tuberculosis. Considering the uniqueness of the chemical composition, physiological and biochemical properties of mare's milk and formula developed the technology to a new specialized health care product based on it "Tulpar-2", with directional immunostimuliruyuschimi, microbiocenosis normalizing, detoxifying and antioxidant properties, intended for the prevention and treatment of complex drug therapy as non-communicable and infectious diseases, including tuberculosis.

**Key words:** tuberculosis, Bifid bacterium, Soya, Tulpar-2, mare's milk, chemotherapy, immunomodulator, prevention, selenium, per oxidation.

**Сведения об авторе:** *А.С. Торгаутов* - соискатель Казахской академии питания, г.Алматы, Республика Казахстан. Телефон: **772378950**

#### **РОЛЬ НЕЙРОПЕПТИДА ДЕРМОРФИНА (ДМ) В ПРОЦЕССАХ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ВНД) (ВНД У УШАСТОГО ЕЖА (*Hemiechinus auritus*))**

*М.Ё. Холбегов, М.Б. Устоев, С.А. Хакимов*

**Таджикский государственный медицинский университет им. Абуали ибн Сино,  
Таджикский национальный университет**

Дерморфин (ДМ) – один из самых активных природных опиоидов, выделенный в 1980 г. из кожи лягушки *Phylomedusa*, в плане его влияния на поведенческую деятельность млекопитающих является наименее изученным. В единичных работах [1, 2, 3] установлено, что введение ДМ крысам сопровождается выраженным анальгетическим эффектом и изменением двигательной активности.

**Цель исследования:** изучить влияние ДМ на условно-рефлекторную деятельность насекомоядных – ежей, наиболее низко организованных млекопитающих, относящихся к зимоспящим животным.

**Материал и методы.** Работа выполнена согласно научно-исследовательской теме кафедры физиологии человека и животных ТНУ и совместной работе между Таджикским Национальным Университетом и Институтом эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН (г. Санкт – Петербург). Опыты проводились в лаборатории кафедры физиологии человека и животных ТНУ в апреле-июле 2006г. Эксперименты были поставлены на 9 ушастых ежах на модели пищедобывательного поведения. У ежей изучены положительные условные рефлексы, различные виды внутреннего торможения (угасательное, дифференцировочное, запаздывающее в норме, при патологических нарушениях ВНД) и изменения этих форм нервной деятельности после введения ДМ. Невротические изменения у ежей вызывали путём выработки тонкой дифференцировки или же запаздывающего торможения с временем отставания свыше 30с. Препарат дерморфина (фирмы «Серва») с физиологическим раствором вводили подкожно из расчета 0.1 мг/кг непосредственно перед опытом. После окончания экспериментов осуществляли обработку полученных

экспериментальных данных общепринятыми статистическими методами с использованием критерия Стьюдента.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что выработка тонкой или абсолютной дифференцировки, а также запаздывающих условных реакций является для ежей трудной условно-рефлекторной задачей, приводящей к срывам ВНД. Развитие патологических нарушений ВНД сопровождается изменением временных параметров условной пищедобывательной реакции (1-я стадия), появлением вегетативных нарушений, увеличением числа межсигнальных реакций, возникновением чесательных реакций (2-я стадия), падением пищевых безусловных реакций, появлением трофических и соматических расстройств (3-я стадия).

Введение дерморфина невротизированным ежам вызывало выраженные поведенческие изменения, которые условно могли быть подразделены на 3 периода.

**Первый период** – период максимальных изменений – от 5 мин до 4 ч после введения. Этот период характеризовался выраженными вегетативными, соматическими и поведенческими нарушениями. Они заключались в первоначальном появлении симпатических эффектов, как-то: тахиритмии, тахипное ( $P < 0.05$ ), гиперемии и инъекции сосудов ушных раковин. Через 30 мин после введения симпатические эффекты сменялись парасимпатическими, как-то: саливацией, значительным урежением дыхания (на  $54 \pm 2.5\%$ ), уменьшение частоты сердечных сокращений (в среднем на  $37 \pm 0.27\%$ ). Животные погружались в снопоподобное состояние. Тактильная чувствительность снижалась: реакции на прикосновения к животному руки экспериментатора или горячей пластинки (тест hot plat) отсутствовали. В этот период температура тела градуально падала от  $37-36^\circ\text{C}$  до  $20-17^\circ\text{C}$  к первому часу после введения. Пищевая возбудимость отсутствовала.

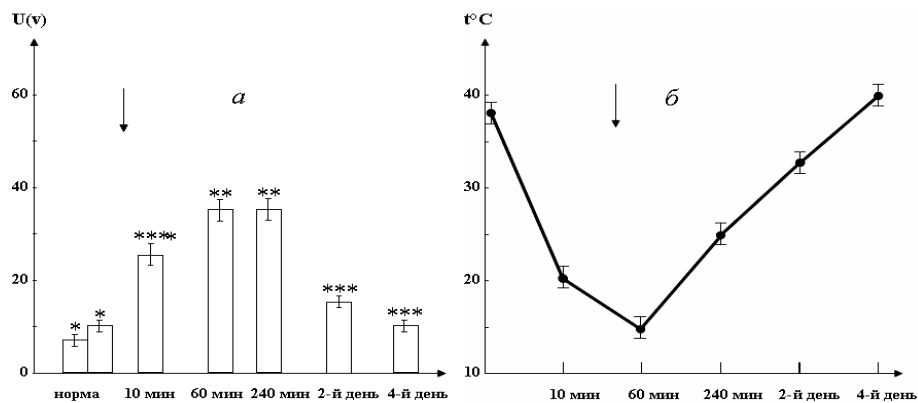


Рис. 1. Изменение анальгетического порога двигательной реакции у ежей после введения дерморфина. По оси ординат - сила раздражающего тока в вольтах (V); по оси абсцисс - время в минутах и днях; стрелка - момент введения дерморфина. Примечание: Звездочками отмечены уровни достоверности: одной -  $p < 0.05$ , двумя -  $p < 0.01$  и тремя -  $p < 0.001$ .

На фоне введения ДМ у ежей выявляется выраженный анальгетический эффект. Порог ноцицептивного раздражения передней лапы с последующей ее реакцией отдергивания (raw flick) повышался в 5-7 раз по сравнению с доинъекционным периодом и оставался на этом уровне в течение 4 ч после введения (рис. 1).

**Второй период** характеризовался частичным восстановлением условно-рефлекторной деятельности, безусловных пищевых реакций, появлением и усилением невротических нарушений. Усиление невротических нарушений было особенно выражено с 6-го по 10-й день после введения ДМ. Оно заключалось в значительном укорочении латентного периода времени выхода ежа из стартового отсека до  $(1-2) \pm 0.3$  с при неврозе по возбудимому типу

или же его удлинении до  $(12-15) \pm 0.8$  с (при норме  $4.2 \pm 0.5$  с) при неврозе по тормозному типу. Значительно удлинялось время возвращения ежей в стартовый отсек – до 35-60 с (при норме 15-18 с). Наблюдалось появление парадоксальных и ультрапарадоксальных отношений. У животных выявлялось двигательное беспокойство, число межсигнальных реакций увеличивалось до 25-30 за один опытный день (при норме 4-6). Обнаруживались бесконечные чесательные реакции. В период с 6-го по 10-й день пищевая возбудимость была сниженной, несмотря на длительную пищевую депривацию. Так, в ответ на условный сигнал ёж выбегал из стартового отсека, подходил к подкрепляемой кормушке, совершал пищедобывательную реакцию, однако, пищу не поедал. Или же, подойдя к подкрепляемой кормушке, совершал интенсивные чесательные реакции. Одной из характерных особенностей влияния дерморфина в этот период является значительное нарушение всех изученных видов внутреннего торможения. Дифференцировочное торможение, как правило, отсутствовало. Запаздывающие условные реакции были расторможенными. Наиболее наглядно это могло быть проиллюстрировано на примере угасательного торможения. Обнаружено, что у ежей после введения ДМ наблюдается значительное затруднение в формировании угасательного торможения и изменения в его динамике. В отличие от интактных животных, применение 20 неподкреплений не приводило к удлинению временных параметров условной пищедобывательной реакции: время выхода из стартового отсека продолжало оставаться коротким (1-2 с).

Наблюдалось лишь постепенное укорочение времени возвращения ежа в стартовый отсек, которое к 14-15-му неподкреплению укорачивалось до 6-13 с вместо 40-50 с, имеющих место при предъявлении первых неподкреплений. Угасание условных пищедобывательных реакций на фоне введения ДМ наступало после 30 неподкреплений при норме 15-17 неподкреплений (рис. 2).

Интересной особенностью изменений ВНД во втором периоде является усиление ориентировочно-исследовательской деятельности. Так, ежи «обследовали» экспериментальную камеру, принимали «вертикальные стойки». Аналогичные явления не имели место у ежей до введения препарата. Следует отметить, что, несмотря на значительные условно-рефлекторные изменения, анальгетический эффект в этот период отсутствовал. Температура тела у животных была в пределах нормы.

**Третий период** с 10-го по 20-й день после введения дерморфина характеризовался нормализацией условно-рефлекторной деятельности, некоторым общим успокоением животного. Невротические реакции полностью не исчезали, однако, они проявлялись не в такой яркой степени, как это наблюдалось во втором периоде. Пищевая возбудимость была полностью восстановлена. Терморегуляционные и вегетативные (частота сердечных сокращений и дыхательных движений) показатели были на уровне интактных животных. Антиноцицептивный эффект полностью отсутствовал. Однако, выработка угасательного торможения имела несколько иную динамику, чем у интактных животных. Так, было обнаружено, что выработка угасательного торможения для ежей является трудной задачей. По мере увеличения числа неподкреплений наблюдалось появление невротических реакций, маневрных движений, межсигнальных реакций и двигательного беспокойства. Введение в контрольных опытах физиологического раствора не изменяло ни условно-рефлекторную деятельность, ни терморегуляционные и вегетативные показатели. Таким образом, изложенные данные свидетельствуют о том, что на уровне насекомоядных введение дерморфина приводит к значительным поведенческим нарушениям, сопровождающимся изменениями со стороны вегето-сосудистой и терморегуляционной систем.

**Заключение.** Сравнение полученных данных с литературными, выполненными в том

же аспекте на грызунах [3, 4], свидетельствует о том, что эффект ДМ более выражен и значителен у насекомоядных. Можно предположить, что этот опиоидный пептид обладает видоспецифическим действием: его влияние более выражено у зимоспящих животных. В пользу этого предположения свидетельствуют результаты наших исследований на ящерицах [3]. Эти данные в целом согласуются с гипотезой Липмана [5], согласно которой по своим биохимическим особенностям дерморфин может быть рассмотрен как примитивный механизм протеинового синтеза, ранее использованного в эволюции.

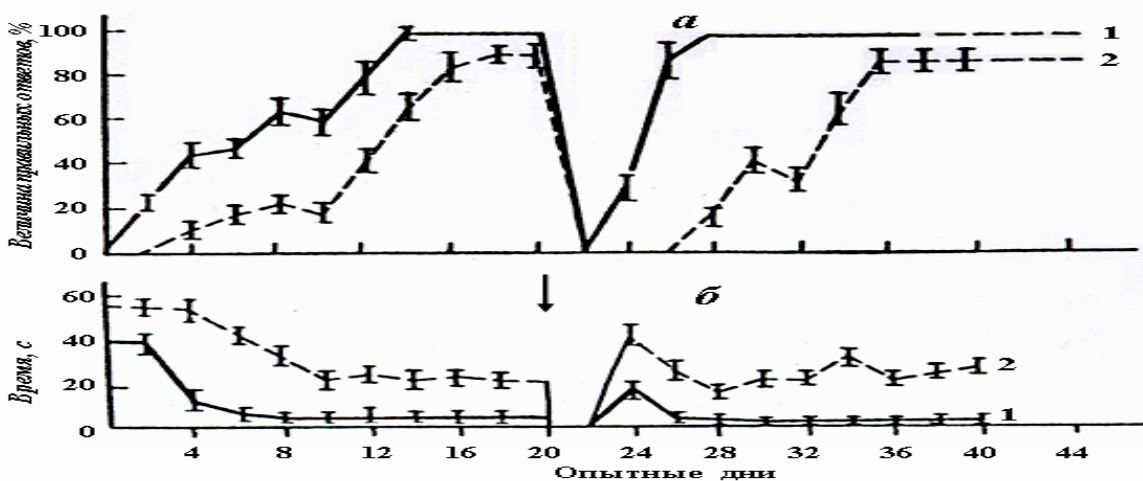


Рис. 2. Изменение положительных и отрицательных условий реакций по их основным показателям — величине правильных ответов (а) и временным параметрам (б) — после введения дерморфина. Абсцисса — опытные дни по блокам (каждая цифра — два опыта), на а: 1 — положительные условия реакции, 2 — отрицательные (дифференцировочное торможение), на б: 1 — латентный период времени выхода ежа из стартового отсека, 2 — латентный период времени возвращения. Стрелка — момент введения препарата.

Таким образом, изложенные данные указывают на то, что введение опиоидного пептида — ДМ, помимо типичного анальгетического эффекта, оказывает значительное влияние на функциональное состояние у насекомоядных. На фоне введения ДМ обнаруживаются значительные изменения со стороны врожденных и приобретенных форм нервной деятельности. В большой степени страдают процессы внутреннего торможения. Является ли это влияние на процессы ВНД вторичным, вследствие воздействия ДМ на гипоталамические, в частности, терморегуляционные центры переднего гипоталамуса, о чём свидетельствует значительное падение температуры тела и, как следствие этого, впадение животного в снопоподобное состояние, либо такие изменения являются результатом связывания ДМ с опиатными рецепторами структур лимбического мозга, или же, наконец, это изменение функционального состояния является видоспецифической реакцией, свойственной лишь для зимоспящих животных, — это вопрос будущих специальных сравнительно-физиологических исследований с применением как электрофизиологических, так и иммуно-гистохимических методов. Частично ответ на него будет дан в наших следующих сообщениях с применением конъюгата ДМ у насекомоядных и различных видов (зимоспящих и незимоспящих) грызунов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Батурина Е.Ю. Парадоксальные соотношения эффективности интраназального и внутрибрюшинного введения дерморфина крысам: бюлл. эксперим. биол. и мед. / [Е.Ю. Батурина, Н.Ю. Сарычева, В.И. Дейгин и др.], 1988. - Т. 55. - № 2. - С. 177-179.
2. Коршунова Г.А. Дерморфин: синтез аналогов и структурно-функциональные отношения / Г.А. Коршунова, Н.В. Сумбатян. // Журн.: Биоорганическая химия, 1989. - Т. 15. - № 7. - С. 869 - 903.

3. Карамян А.И. ДERMOPHIN и процессы высшей нервной деятельности у насекомых / А.И. Карамян, Т.Н. Соллертинская, Э.Н. Нуриддинов. ДАН СССР, 1990. - Т. 313. - № 4. - С. 1010 - 1015.
4. Сафаров Х.М. ДERMOPHINовые механизмы температурной адаптации у крыс: материалы науч. конф. ТГНУ / Х.М. Сафаров, М.Ё. Холбеков, Э.Н. Нуриддинов. – Душанбе, 2002. - С. 120-123.
5. Нуриддинов Э.Н. Нейропептиды и поведение / Э.Н. Нуриддинов. – Душанбе: Спектр, 2003. - 152 с.

### **РОЛЬ НЕЙРОПЕПТИДА ДЕРМОРФИНА (DM) В ПРОЦЕССАХ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ВНД) (ВНД У УШАСТОГО ЕЖА (*Hemiechinus auritus*))**

В статье изложены результаты экспериментальных работ авторов, где установлено, что инъекция опиоидного пептида дерморфина, помимо типичного анальгетического эффекта, оказывает значительное отрицательное влияние на процессы высшей нервной деятельности ушастого ежа, где в большей степени страдают процессы внутреннего торможения.

**Ключевые слова:** нейропептид дерморфин, ушастый ёж, внутреннее торможение, условные рефлексы, патологические нарушения.

### **THE ROLE OF NEUROPEPTIDE DERMORPHIN (DM) IN THE PROCESSES OF THE HIGHER NERVOUS ACTIVITY (GNI) OF THE EARED HEDGEHOG (*Hemiechinus auritus*) (experimental work)**

The article presents the results of experimental studies by the authors, which found that the injection of the opioid peptide dermorphin, in addition to the typical analgesic effect has a significant negative impact on the higher nervous activity eared hedgehog, which are the most affected processes of internal inhibition.

**Key words:** neuropeptide dermorphin, big-eared hedgehog, internal inhibition, reflexes, pathological disorders.

**Сведения об авторах:** *М.Ё. Холбеков* - заведующий кафедрой биологии с основами генетики ТГМУ им.Абуали ибн Сино. Телефон: (+992)600-36-55. E-mail: [biotajmed@rambler.ru](mailto:biotajmed@rambler.ru)

*М.Б. Устоев* – доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных Таджикского национального университета. Телефон: 981-01-31-71

*С.А. Хакимов* – преподаватель кафедры биологии с основами генетики ТГМУ им.Абуали ибн Сино. Телефон: 918-67-68-12

### **НАХОЖДЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЧЕТЫРЕХ РОДОВ ЖУКОВ СТАФИЛИНИД *PAEDERUS*, *DELEASTER*, *OTIUS* И *RUGILUS* (COL., STAPH.) ИЗ ТАДЖИКИСТАНА**

*А.Х. Кадыров, Д.Ш. Якубова, Х.Р. Дадабаев*  
Таджикский национальный университет

К настоящему времени, в пределах Таджикистана, были выявлены четыре вида коротконадкрылых жуков – стафилинид из рода *Paederus*, два вида из рода *Deleaster*, а также по два вида приходится на роды *Otius* и *Rugilus*. Объединение накопленных данных по видам, относящимся к разным родам, в рамках данной работы, связано в первую очередь и в значительной степени со схожим образом жизни и их отношением к важнейшим экологическим факторам среды, которые предопределили их совместное обитание часто в одних и тех же биотопах, а также схожей географией их распространения. В основном, все они являются эпигеобионтными и стратобионтными хищниками. Предпочитают хорошо увлажненные биотопы, где в большом количестве концентрируются представители различных групп мелких беспозвоночных животных, на которых активно охотятся представители этих родов, продвигаясь, вслед за своими жертвами по проложенным ходам в толще субстрата, мигрируя постоянно из детрита в верхние слои почвы. На юге Таджикистана встречаются в пойме долинных рек, озер и мелких водоемов, на заливных лугах. Вдоль рек, различного ранга, по пойменным лесным биотопам распространяются до среднегорных широколиственных лесных экосистем, до высот 2500 м над у.м. и выше. Большинство видов стараются избегать открытые участки, освещенные прямыми

солнечными лучами, предпочитая прятаться под хорошо увлажненным субстратом. Ночью хорошо летят на свет. В центральных областях и на юге Таджикистана, в зоне орошаемого земледелия, вдоль оросительных систем, по заросшим густой травянисто-кустарниковой растительностью, берегам каналов и арычной сети распространяются на посевы хлопчатника, кукурузы, бахчевые и овощные культуры, а также на рисовые чеки.

***Paederus limnophilus* Er.** Обитает под камнями, во влажных местах. На юге Таджикистана встречается в пойме реки Вахш, на границе тугайных лесных комплексов и пустынных экосистем, вдоль озер и речных рукавов, встречается на тамарские. Жуки избегают прямых солнечных лучей, предпочитают укрываться под влажным субстратом. В гористой



Рис.1. *Paederus limnophilus* Er.

местности встречается в речных долинах и вблизи водных источников (Рис.1.[5]). Распространение: Европа, Центральная Азия, Урал.

Материал. Гиссарский хребет, заповедник “Рамит”, 20.06.83. Дадабаев Х.Р., Вахшский хребет, «Чашмаи хунук», 02. 08. 82. Зарипова Д.Х., Заповедник “Тигровая Балка”, 21. 08. 84. Зарипова Д.Х. Шахдаринский хребет, река Шахдара, 03. 08. 78. Кадыров А.Х.

***Paederus albepilis* Solsky.** Обитает в сильно увлажненных биотопах, встречаясь в массе по песчаным берегам водоемов и на болотистых лугах. Вдоль речных рукавов, по пойменным лесам и зарослям кустарниковой растительности поднимается до среднегорий на высоту до 2000-2500 метров над уровнем моря, где активен в весенне-летний период.

Распространение: Транспалеарктический вид.

Материал: Гиссарский хребет, “Рамит”, 22.06. 78. Кадыров А.Х. 02.06.85. Зарипова Д.Х., Вахшский хребет, Шанги Дара, 09. 04. 75. Кадыров А.Х.

***Paederus fuscipes* Curt.** Эпигеобионтный и стратобионтный хищник, быстро передвигающийся по поверхности грунта. Хорошо летит на свет. На равнинах Южного Таджикистана, обычно встречается на побережьях водоемов, хотя отмечен и на удаленных от водоемов станциях. В большом количестве замечен на огородно-бахчевых культурах, заходит и на злаковые поля. Как на регулятора численности различных насекомых этот вид указывают ряд зарубежных авторов (Кашеев В.А.[1], Исадыков Н.С. [2]), (Рис.2. [5]).

Распространение: Транспалеарктический вид.

Материал: Заповедник “Тигровая Балка”, 29.10.06. Кадыров А.Х., (летит на свет), 28.10.2006. Якубова Д.Ш.



Рис.2. *Paederus fuscipes* Curt.

***Paederus ruficollis* F.** Эпигеобионтный хищник.

Жуки живут как на открытых пространствах вдоль долинных рек, так и в зарослях пойменной древесно-кустарниковой растительности вдоль горных рек. Требователен к условиям с повышенной влажностью. Встречается, в небольших количествах во влажных каменистых участках ущелий (Рис.3. [3]).

Распространение: Транспалеарктический вид.

Материал. Южный склон Гиссарского хребта, вдоль реки Симигандж, 04.08.2007. Якубова Д.Ш., Хребет Хазратишох, 21.05.88. Кадыров А.Х.

***Deleaster bactrianus* Sem.** Детритофаг. Нами был обнаружен во влажной подстилке под пологом среднегорного



Рис.3. *Paederus ruficollis* F.



широколиственного чернолесья, произрастающего на горных склонах вдоль маловодной речки в ущелье Кондара. Жуки также попадались на поверхности почвы в местах скопления детрита в зарослях кустарника. Хорошо летят на свет, в большом количестве попадая в светоловушку.

Распространение: Центральная Азия.

Материал. Гиссарский хребет, ущелье Кондара, 07. 04. 82.

Зарипова Д.Х. ущелье Кондара 10.05.2008. Якубова Д.Ш.

***Deleaster dichrous* Grav.** Встречается по берегам горных рек и ручьев, под камнями и растительными остатками. Особенно активный весной. Хорошо летит на свет (Рис.4. [4]).

Распространение: Европа, Средиземноморье, Крым, Кавказ, Иран, Центральная Азия.

Материал. Гиссарский хребет, Заповедник “Тигровая Балка”, 26.05.82.

Зарипова Д.Х. Заповедник “Тигровая Балка”, 19.05.2007. Якубова Д.Ш.

***Othius chrysurus* Reitt.** Живет во влажных местах у берегов влажных водоемов, под опавшей листвой, мхом и растительными остатками.

Распространение: Центральная Азия.

Материал. Гиссарский хребет, Заповедник “Рамит”

Рис.4. *Deleaster dichrous* Grav.

10.06.70.Кадыров А.Х. Заповедник “Рамит”, лагерь «Чавони»

08.06.2006. Якубова Д.Ш.

***Othius punctulatus* Goez.** Транспалеарктический стратобионтный хищник. Нередок. Обитает под пологом насаждений, в лесной подстилке, под камнями (Рис.5. [5]).

Распространение: Европа, Сибирь, Крым, Малая Азия, Центральная Азия, Япония.

Материал. Гиссарский хребет, Заповедник “Рамит”, 05.06.70. Кадыров А.Х.,

Вахшский хребет, ущелье Шинг-Дара, 09.04.73. Кадыров А.Х.

***Rugilus erichsoni* Fauvel.** Живет под опавшей листвой, мхом и гниющими органическими остатками (Рис.6. [5]).

Рис.5. *Othius punctulatus* Goez.

Распространение: Европа, Средиземноморье, Центральная Азия.

Материал. Гиссарский хребет, Заповедник “Рамит”, 22.06. 70. Кадыров А.Х.

***Rugilus prolongatus* Sols.** Обитает под камнями или во влажных местах вдоль ручьев.

Распространение: Центральная Азия.

Материал. Гиссарский хребет, Заповедник “Рамит”, 10.06.73., ущелье Такоб,

07.07.71. Кадыров А.Х., Колхозабадский район, 12.05.84. Зарипова Д.Х.

Заповедник “ Рамит” 15.06.2007. Якубова Д.Ш.

Рис.6. *Rugilus erichsoni* Fauvel



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кашеев В.А. Классификация морфоэкологических типов имаго стафилинид, TETHYS Entomological Research №1, Институт зоологии АН РК / В.А. Кашеев. -Алматы, Казахста, 1999. -С. 157-170.
2. Исадыков Н.С. Структура населения хищных коротконадкрылых жесткокрылых, участвовавших в регуляции численности вредителей в агроценозах степной и предгорных зон Юго-Востока Казахстана: автореферат диссертации к.б.н. / Н.С. Исадыков. –Алматы, 2004. -С. 3-25.
3. Стафилиниды рода *Paederus* (Staphylininae) – использованы фотографии Д. Храпова из коллекции Львовского музея // Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.zin.ru/ANIMALIA/Coleoptera/rus/paerufms.htm>

4. Стафилиниды рода *Deleaster* (Staphylininae) – использованы фотографии Д. Храпова из коллекции Львовского музея // Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://www.zin.ru/ANIMALIA/Coleoptera/rus/paede\\_sf.htm](http://www.zin.ru/ANIMALIA/Coleoptera/rus/paede_sf.htm)
5. Фотографии стафилинид родов *Paederus*, *Othius*, *Rugilus* (Coleoptera, Staphylininae) – использованы из вышеуказанного сайта // Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://markgtelfer.co.uk/beetles/staphylinidae-rove-beetles>

#### **НАХОЖДЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЧЕТЫРЕХ РОДОВ ЖУКОВ СТАФИЛИНИД PAEDERUS, DELEASTER, OTHIUS И RUGILUS (COL., STAPH.) ИЗ ТАДЖИКИСТАНА**

В статье впервые приводятся сведения о распространении и экологии 4-х родов коротконадкрылых жуков семейства Staphylinidae (*Paederus*, *Deleaster*, *Othius*, *Rugilus*) Таджикистана.

**Ключевые слова:** Таджикистан, фауна и экология Staphylinidae, эпигеобионт, стратобионт, детритофаг, *Paederus*, *Deleaster*, *Othius*, *Rugilus*.

#### **DISCOVERING REPRESENTATIVES OF FOUR GENUS OF BUGS STAPHYLINIDAE FAMILY PAEDERUS, DELEASTER AND OTHIUS, RUGILUS (COLEOPTERA, STAPHYLINIDAE) IN TAJIKISTAN**

Data on ecology and distribution of 4 genus (*Paederus*, *Deleaster*, *Othius*, *Rugilus*) of bugs of Staphylinidae family in Tajikistan for the first time is given in the article.

**Key words:** Tajikistan, fauna and ecology Staphylinidae, epigeobiont, stratobionts, detritophages, *Paederus*, *Deleaster*, *Othius*, *Rugilus*.

**Сведения об авторах:** *А.Х. Кадыров* – доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии Таджикского национального университета. Телефон: **236-62-52 (дом.)**

*Д.Ш. Якубова* – ассистент кафедры зоологии Таджикского национального университета. Телефон. **909-99-21-57**. E-mail: **yadsh@yandex.ru**.

*Х.Р. Дадабаев* – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии Таджикского национального университета. Телефон: **918-79-17-71**

## ГЕОЛОГИЯ

### РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

*М.Т. Гайратов, Х.Р. Исайнов, К.А. Сафаров*  
Таджикский национальный университет,  
Таджикский технический университет им. М.С.Осими

Центральная Азия обладает большими запасами водно-энергетических ресурсов, но распределены они по странам крайне неравномерно. Наиболее реально запасы минерального топлива в регионе могут оценены величиной порядка 4.5 млрд. т.у.т. Расчеты показывают, что даже при самом скромном развитии региона, при котором уровень потребления энергоресурсов сохранится и впредь на уровне 2.6 т.у.т. на человека в год., а численность населения будет стабильной и равной 35 млн.чел., обеспеченность региона реально доступными видами топлива будет равна 50 годам. Мощным гидроэнергетическим потенциалом обладают в основном Кыргызстан и Таджикистан. Из общего его объема, по оценкам экспертов, на долю Таджикистана приходится около 70%, а на Кыргызстан – соответственно 21%. Об обеспеченности этих двух республик водными ресурсами свидетельствует тот факт, что в пределах Таджикистана формируется 43,4 % общего стока рек бассейна Аральского моря, в Кыргызстане – 25.1 %, тогда, как в Казахстане всего 2.1%, Узбекистане – 9,6%, Туркменистане – 1,2 % [3].

Как известно, основной объем водных ресурсов Аральского бассейна формируется в Республике Таджикистан. По данным Таджикгипроводхоза, из 64,0 км<sup>3</sup> вод формирующихся на территории Республики Таджикистан 62,9 км<sup>3</sup> приходится на бассейн Амударьи и 1,1 км<sup>3</sup> на бассейн Сырдарьи. Из всего формирующегося в бассейне объема стока Таджикистаном используется около 10%, что соответственно, по бассейнам Амударьи и Сырдарьи, составляет 15,2% и 7,0%. Эти ресурсы вместе со снежниками, которые занимают 8% территории, формируют огромные запасы пресной воды (по оценкам специалистов 845 млрд.м<sup>3</sup>). В целом по гидроресурсам Таджикистан занимает второе место после России в СНГ. Сведения о запасах объема водных ресурсов бассейна Аральского моря приводятся ниже (см. табл.1).

**Таблица 1. Водные ресурсы бассейна Аральского моря (БАМ)**

Страна	Бассейн Амударьи	Бассейн Сырдарьи	Всего по БАМ	
			км <sup>3</sup> /год	%
Казахстан	-	4.5	4.5	3.9
Кыргызстан	1.9	27.4	29.3	25.3
Таджикистан	62.9	1.1	64.0	55.4
Туркменистан (вместе с Ираном)	2.8	-	2.8	2.4
Узбекистан	4.7	4.14	8.84	7.6
Афганистан	6.2	-	6.2	5.4
Всего	78.5	37.2	115.6	100

\*Источник: Водно-энергетические ресурсы Центральной Азии: проблемы использования и освоения //Отраслевой обзор, Евразийский Банк развития, Алматы, 2008.- С.7.

Как видно из приведенных данных таблицы из всего запаса объема водных ресурсов бассейна Аральского моря большая часть приходится на долю Таджикистана, так как доля Таджикистана и Кыргызстана в формировании стока поверхностных вод в регионе составляет порядка 85%. Фактический сложившийся водозабор в Таджикистане составляет порядка 20% от объема, формирующегося в стране и 11% от среднемноголетнего стока бассейна Аральского моря.

Общеизвестно, что в условиях единого государства плановой экономики достаточно эффективно действовала система межреспубликанского водораспределения, обмена электроэнергией и поставок топливно-энергетических ресурсов. В результате сложилась система высокой взаимозависимости и взаимодополняемости стран региона при использовании водных ресурсов как для нужд ирригации, так и для получения электроэнергии. Ниже приводятся основные показатели, характеризующие использование водных ресурсов бассейна Аральского моря (см.табл.2).

Анализ данных табл. 2 показывает, что при достигнутом полном исчерпании располагаемых водных ресурсов Аральского бассейна прирост новых орошаемых земель в отдельных странах возможен либо за счет применения капиталоемких водосберегающих технологий, либо за счет уменьшения доли других стран в общем водопользовании. Следовательно, в перспективе возможно усиление конкуренции за воду и обострение межгосударственных водных отношений в регионе.

**Таблица 2. Динамика основных показателей использования водных ресурсов в Аральском бассейне**

Показатели	1970 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.	2010 г.
Население, млн.чел. (доля населения в Аральском бассейне)	20.0	26.8	33.6	41.5	48.5
Площадь орошаемых земель, тыс.га	5150	6920	7500	8100	8750
Орошаемая площадь на душу населения, га/чел.	0.27	0.26	0.22	0.19	0.17
Суммарный водозабор км <sup>3</sup> /год	94.6	120.7	116.3	105.0	101.2
В том числе на орошение, км <sup>3</sup> /год	86.8	106.8	106.4	94.6	88.9
Доля водозабора от среднемноголетнего стока, %	81.8	104.4	100.6	90.8	89.3

**Составлено по:** Петрова Г.Н., Ахмедова Х.М. Комплексное использование водноэнергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. Современное состояние, проблемы и пути их решения. – Душанбе: Дониш, 2011. – 234с.

Следует отметить, что ограниченность водных ресурсов, несомненно, является одним из серьезных факторов, сдерживающих устойчивое развитие любого государства. Например, Казахстан, расположенный в зоне недостаточного увлажнения, постоянно испытывает дефицит пресной воды. По водообеспеченности Казахстан занимает последнее место среди стран СНГ: в республике на 1 км<sup>2</sup> приходится всего 37 тыс. м<sup>3</sup> воды (для сравнения в Кыргызстане – 258 тыс. м<sup>3</sup> год), а на одного человека всего 6 тыс. м<sup>3</sup> воды в год.

Узбекистан также весьма заинтересован в стабильном обеспечении водными ресурсами. Поскольку почти все страны Центрально-азиатского региона находятся в условиях аридного земледелия, особенностью ведения сельского хозяйства в Центральной Азии, и главным образом в Узбекистане, является то обстоятельство, что в силу специфических почвенно-климатических условий для выращивания целого ряда сельскохозяйственных культур требуется полив в течение практически всего вегетационного периода. Аналогичные проблемы, связанные с обеспечением водными ресурсами, сохраняются и в Туркменистане.

Формируемые в горах Таджикистана и Кыргызстана водные ресурсы, как известно, используются не только для производства электроэнергии, но и для орошения сотен тысяч гектаров земель в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане. В частности, в течение 1995-2005 гг. на долю Казахстана приходилось 11.1% от общего объема водозабора из рек Сырдарья и Амударья; на Узбекистан – соответственно 39.3%; Туркменистан–22.8%. Коэффициент трансграничной зависимости водных ресурсов (доля речного стока, поступающего извне) для Казахстана составляет 42%, Узбекистана–77%, Туркменистана – 94%, что свидетельствует о необходимости проведения государствами Центральной Азии согласованной политики по рациональному использованию гидроэнергетического потенциала региона. Сведения о гидроэнергетическом потенциале рек Центральной Азии приводятся ниже (табл.3).

**Таблица 3. Основные показатели использования гидроэнергетического потенциала рек Центральной Азии (2010г).**

Государство Центральной Азии	Установленная мощность ГЭС, Мвт	Производство электроэнергии ГЭС (2009г.), млрд.кВтч	Электрический гидропотенциал, млрд, Квтч./год	Использование гидропотенциала, %	Доля в гидропотенциале ЦАР, %
Таджикистан	4037	16.0	317	5	69
Кыргызстан	2910	11.0	99	11	22
Казахстан	2248	8.0	27	30	6
Узбекистан	1420	7.0	15	47	3
Туркменистан	1	0	2	0	0
Всего	10616	42.0	460	10	100

\*Источники: Влияние изменения климата на водные ресурсы в Центральной Азии: //Отраслевой обзор, Евразийский Банк развития, Алматы, 2009. – С.18; Справочник /Секретариат Интеграционного Комитета Евразийского экономического сообщества. – М., 2010 – 112с.

Низкий уровень энергетической обеспеченности, а также имеющийся потенциал водных ресурсов обуславливают стремление Таджикистана и Кыргызстана к развитию гидроэнергетики. По данным Программы ООН для экономики Центральной Азии, возобновляемый гидропотенциал в Центральной Азии оценивается в 460 млрд. кВтч в год и в настоящее время используется только на 10% (см. табл.3). Основной объем гидропотенциала сконцентрирован в Таджикистане (69%), что обеспечивает ему 8-ое место в мире после Китая, России, США, Бразилии, Заира, Индии и Канады. На долю Кыргызстана приходится 22% регионального гидропотенциала.

Практика показывает, что ежегодно Таджикистан не используя определенный объем воды из своего лимита (более 1 км<sup>3</sup>) отводит его для улучшения экологической обстановки бассейна Аральского моря. Одновременно, ежегодно коллекторно-дренажной сетью отводится в среднем до 40% от общего объема забираемой воды в водные объекты (трансграничные водотоки), которые используются для хозяйственных нужд в низовьях. Следовательно, одной из основных причин кризиса Аральского моря является несоблюдение странами низовья Центральной Азии этого важного экологического требования.

На региональном уровне также ежегодно возникают проблемы в период вегетации сельскохозяйственных культур из-за недодачи воды по большому Ферганскому и Северо-Ферганскому каналам, то есть из-за несоблюдения согласованного лимита воды между Таджикистаном и Узбекистаном. По Большому Ферганскому и Северо-Ферганскому каналам

Таджикистана должен получать в общей сложности 15 м<sup>3</sup>/сек. Воды в разгар поливного сезона, фактически в среднем получает от 5-8 до 12 м<sup>3</sup>/сек. [5].

Проблемы обеспечения населения питьевой водой имеются в приграничных районах Кыргызстана и Таджикистана. Эти проблемы могут дойти до конфликтов, если со стороны сопредельных государств не будут приняты практические меры для их решения. Некоторые разногласия решены строительством общих или отдельных водопроводов при финансовой поддержке Международной организации Каунтерпарт Консорциум в рамках проекта «Кыргызстан–Таджикистан». Эта программа состояла из 8 мини-проектов технического характера и в основном касалась населения Исфаринского и Бободжон Гафуровского районов Согдийской области Таджикистана и соседних селений Кыргызстана.

Вышеизложенные факторы говорят о том, что межгосударственные конфликты в основном возникают в результате следующих причин: отсутствием нового механизма межгосударственного вододеления, соответствующего новым геополитическим и экономическим реалиям, слабости, а порой базы механизма контроля и ответственности за исполнением межгосударственных соглашений и др.

В связи с этим, возникает вопрос, как способствовать разрешению межгосударственных конфликтных ситуаций региона. Для подтверждения вышеизложенного обратимся к мировому опыту трансграничного водопользования.

Мировая практика показывает, что в мире существует немало примеров трансграничного справедливого бассейнового сотрудничества и немало примеров управления, основанного на пренебрежении к основным принципам международного права. Поэтому, приводим некоторые примеры мирового опыта по разрешению межгосударственных конфликтных ситуаций в области совместного использования водно-энергетических ресурсов. Так, при рассмотрении спора между Турцией, с одной стороны, Сирией и Ираком с другой, возникшего при строительстве каскада ГЭС на реке Евфрат, Турция заявила, что на ее территории формируется около 98% стока реки Евфрат. При этом, Турция считает, что ею используется доля воды из рек, лишь немного превышающая 50% и это было признано правильным обоснованием. В этой связи, Турция построила и ввела в эксплуатацию в 1993 г. гидроузел Ататюрк и продолжает строить здесь каскад из 22 плотин и 19 ГЭС [1].

Наиболее действенной и эффективной мерой по совместному использованию водных ресурсов, является заключение двухсторонних соглашений (договоров), позволяющих максимально учесть национальные интересы прибрежных государств, оптимизировать трансграничное водопользование. Так, согласно данным, Договор о водах Инда (заключенный в 1960 г., между Индией и Пакистаном при содействии Всемирного банка), Договор о водных ресурсах 1949 г. между США и Мексикой (и созданная в соответствии с ним Международная Комиссия по границе и водным ресурсам США и Мексики) являются типичными примерами успешного урегулирования водного конфликта между суверенными государствами бассейна крупной реки и способствующими развитию и процветанию прибрежных стран [2]. Яркими примерами в новейшей истории Центральной Азии является попытки Правительства Киргизии по регулированию и использованию межгосударственных водных объектов, водных ресурсов и водохозяйственных сооружений в пределах национальных границ. Мировой опыт также подтверждает, что в международной практике, использование сверх лимита воды (свыше 50% от своего стока плюс той доли, что выделили государству из общей части, подлежащей разделу) соседей разрешено за плату «по договорной цене». Так, например Турция закупала воду у Болгарии, а на следующий год, продала свой избыток воды Израилю.

В целом, анализируя современное состояние и тенденции использования водно-энергетического потенциала – как фактор обеспечения энергетической безопасности региона, на наш взгляд, для совместного использования и охраны водно-энергетических ресурсов можно реализовать комплексные мероприятия, среди которых можно выдвигать следующие:

1. Инвентаризация всех действующих между странами Центральной Азии договоров, соглашений, контрактов и др. в области комплексного использования водно-энергетических ресурсов, их совместный анализ и разработка предложений по усовершенствованию нормативно-правовой базы взаимоотношений между республиками.

2. Анализ приведенных данных показывает, что прибрежные государства нижнего течения (Узбекистан, Туркменистан, Казахстан) заинтересованы в получении основной доли стока для орошаемого земледелия. Что касается стран верхнего течения, к которым относятся Таджикистан и Кыргызстан, то они вынуждены использовать воду зимой для выработки электроэнергии. Исходя из этого, в таких условиях критическое значение для экономики и населения региона приобретает регулирование гидрогеологического режима Сырдарьи и Амударьи.

3. Необходимо разработать национальные модели оптимизаций использования водно-энергетических ресурсов и предложений по методам их согласования с другими республиками и разработка предложений по созданию локальных (для отдельных гидроузлов) и ведомственных баз данных и механизма оперативного информационного обмена между ними.

4. Предлагаются комплексные мероприятия по созданию межгосударственного коммерческого предприятия по реализации посреднических функций (поставка воды сельхозпотребителям, сезонные перетоки электроэнергии между государствами) для Центрально-азиатских республик с целью выполнения межправительственных соглашений по совместному использованию водно-энергетических ресурсов.

Таким образом, считаем, что в перспективе только комплексное решение вышеуказанных проблем позволит существенно улучшить состояние дел в водохозяйственном комплексе региона, способствовать рационализации использования водно-энергетического потенциала, стимулировать работу водохозяйственных органов, стать важнейшим направлением роста конкурентоспособности национальной экономики государств Центрально-Азиатского региона и заложить основу для обеспечения энергетической безопасности, в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арфов Х.О. О водных спорах и строительстве больших плотин/ Х.О. Арфов // Мелиорация и водные ресурсы: проблемы и пути их решения // Материалы научно-практической конференции, 25 декабря 2010 г. -Душанбе, 2010. -С. 69-75.
2. Одинаев Х.А. Эколого-экономическое регулирование природопользования в сельском хозяйстве / Х.А. Одинаев. – М.: МАКСПресс, 2004.- 240 с.
3. Павлов А.А. Политические проблемы энергетического сотрудничества России со странами Центрально-Азиатского региона: автореферат канд.дис. / А.А. Павлов. -Санкт-Петербург, 2011. -24 с.
4. Петров Г.Н. Комплексное использование водно-энергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. современное состояние, проблемы и пути их решения / Г.Н. Петров, Х.М. Ахмедов. – Душанбе: Дониш, 2011. -234 с.
5. Рекомендации по предупреждению и разрешению конфликтных ситуаций при распределении и использовании водных ресурсов. –Душанбе: ЭКОСАН, 2003. - 64 с.

## **РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА, КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

В данной работе приводится анализ показателей водных ресурсов Аральского бассейна, прирост новых орошаемых земель в отдельных странах и возникновение в ближайшем будущем новых проблем связанных с нерациональным использованием водных ресурсов.

**Ключевые слова:** топливо, вода, сток, водозабор, бассейн, площадь, гидроэнергетика, регион.

## **RATIONALISATION OF THE WATER-ENERGETIC POTENCIAL USAGE - AS A FACTOR OF CENTRAL ASIAN PROVISION ENERGETIC SECURITY**

This work is analyzed the index of water resources of the Aral pool, expansion of a new irrigated lands in separate countries and appearing new problems of irrational use of the water resources in the near future.

**Key words:** fuel, water, water intake, pool, area, hydropower, region.

**сведения об авторах:** *М.Т. Гайратов* – старший преподаватель, и.о. заведующего кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии ТНУ. E-mail: [malikdod@mail.ru](mailto:malikdod@mail.ru)

*Х.Р. Исайнов* – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой национальной экономики Таджикского национального университета. Телефон: **918-40-61-42**

*К.А. Сафаров* – ассистент кафедры производственного менеджмента Таджикского технического университета им. М.С. Осими. Телефон: **919-00-34-02**

## **НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ РТУТНО – СУРЬМЯНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ СУРЬМУСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА И ПАМИРА**

*К.В. Вазиров*

Таджикский национальный университет

Центрально – Таджикистанский рудный регион и Памир входят в состав Средне-Азиатской металлогенической провинции, которая, в свою очередь, является одним из звеньев Средиземноморско-Азиатского (по В.А. Кузнецову) глобального металлогенического пояса. Характерная особенность - разновозрастное оруденение и приуроченность его к складчатым областям герцинид Тянь-Шаня и альпинид Памира [5, 8, 10]. Несмотря на значительные различия в геологии месторождений, возраста оруденения, стратиграфического положения рудовмещающих пород, тектонического режима, между этими двумя регионами выявляются некоторые общие черты в закономерностях размещения ртутно-сурьмяного оруденения: литология рудовмещающих пород, рудоконтролирующая роль краевых глубинных разломов в размещении месторождений и рудопроявлений, глубина формирования, вертикальный размах оруденения, морфология рудных тел, минеральный состав мономинеральных и комплексных руд, продукты околорудного изменения, общая геохимическая специализация отдельных металлов и рассеянных элементов.

Оруденение в Зеравшано-Гиссарском поясе и Памирской подпровинции проявилось в палеозойскую и альпийскую металлогенические эпохи соответственно. В геологическом строении регионов принимают участие как палеозойские осадочные, так и триас-юрские. Магматические образования представлены отдельными выходами гранитоидов, гранитпорфиоров  $S_3$  с дайками диабазов  $P_2-T_1!$  и лампрофиоров неогенового возраста на юге Памира [1].

Оруденение контролируется глубинными и долгоживущими разломами, часто краевыми (на рис. - цифры в кружках), разграничивающими структурно-фациальные зоны (на рис. - буквы в скобках). Складчатые и разрывные структуры способствовали размещению



рудных полей, месторождений и распределению рудных тел и полезных компонентов в них. Месторождения и рудопроявления группируются в линейных рудных зонах (на рис. - римские цифры), располагающихся в зоне пересечения продольных и поперечных разломов.

Основная масса рудных месторождений относится к телетермальному классу (Sb, Hg), меньшая часть - к плутоногенному (W, Sn, Ag, Au). Связующими между ними являются Sn-W - антимонитовые, золото-шеелитовые и золото-арсенопиритовые месторождения. Общность минералого-геохимического состава телетермальных месторождений позволяет нам объединить их в единую комплексную Sb-Hg-As-CaF<sub>2</sub>-PM-РЭ-AU рудную формацию, внутри которой выделяются родственные пары, характеризующиеся различными соотношениями основных и сопутствующих компонентов: Sb-Hg, Sb-CaF<sub>2</sub> и тройные (Hg-As-Au) и более ассоциации. Минералого-геохимическая (и генетическая) общность месторождений этой формации позволяет рассматривать их в качестве комплексных объектов, промышленное освоение которых требует применения различных технологических схем. Комплексность телетермального оруденения проявляется в двух масштабах: в пределах отдельных зон, объединяющих одно- и разнотипные месторождения, и применительно к отдельным объектам, таким, как Кончочское рудное поле.

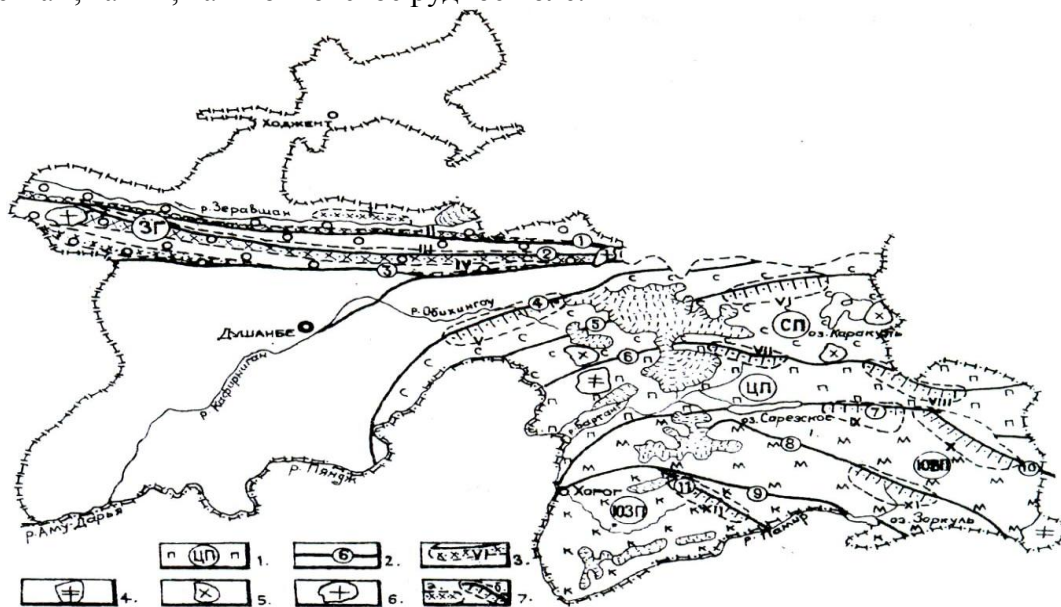


Рис. Схема размещения сурьяно-ртутного оруденения в Зеравшано-Гиссарском поясе и Памирской подпровинции. Составлена по материалам К.Т.Будановой (1991) и М.М.Безуглого (1974). 1 - структурно-фациальные зоны (буквы в кружках): ЗГ - Зеравшано-Гиссарская; СП - Северопамирская; ЦП - Центральнопамирская; ЮВТ - Юго-восточнопамирская. ЮЗП - Югозападнопамирская; 2 - глубинные, в основном, рудоконтролирующие разломы, совпадающие с границами металлогенических (рудных) зон (цифры в кружках): 1 - Туркестано Зеравшанский; 2 - Пасруд-Ягнобский; 3 - Главный Гиссарский; 4 - Северопамирский; 5 - Висхарв-Уйбулакский; 6 - Ванч-Акбайтальский; 7 - Рушано-Пшартский; 8 - Марджонайский; 9 - Гунт-Аличурский; 10 - Куртекинский (Тахтамышский); 11 - Мацкокбайский; 3 - Тектонометаллогенические (рудные) зоны (римские цифры): 1 - Северо-Туркестанская; II - Туркестано-Зеравшанская; III - Пасруд-Ягнобская; IV - Магиан-Маргузорская (с Кончоч - Каракульской подзоной); V - Дарваз-Заалайская; VI - Обухингоу-Сауксайская; VII - Ванч - Акбайтальская; VIII - Танимасская; IX - Рушано - Пшартская; X - Тахтамышская; XI - Аличур-Гурумдинская; XII - Мацкокбайская и Даршайская; 4 - Кайназойские гранитоидные комплексы Центрального и Юго-Восточного Памира; 5 - Верхнепермские гранитоиды Северного Памира; 6 - Верхнекаменноугольные гранитоиды Зеравшано-Гиссара; 7 - ртутно - сурьяное оруденение палеозойского (а) и кайнозойского (б) возраста.

Зеравшано-Гиссарский рудный пояс (Центральный Таджикистан) охватывает площади Туркестанского, Зеравшанского, Гиссарского и часть Каратегинского хребтов на востоке, протягиваясь до Зирабулак-Зиаэтдинских гор - на западе. Этот и Южно-Ферганский пояс имеют некоторые черты сходства. Связующим звеном между Южно-Ферганским сурьмяно-ртутным поясом и Зеравшано-Гиссарским является Северо-Туркестанская рудная зона, приуроченная к крупной синклинали, южное крыло которой осложнено крупным тектоническим нарушением.

На востоке Зеравшано-Гиссарскую зону разделяют палеозойские образования Северного Памира от мезокайнозойских толщ Памиро-Алайского прогиба через Северопамирский краевой разлом (на рис. - цифры 4 в кружках).

По особенностям тектонического строения, типам разреза, времени проявления фаз орогенеза в металлогении Зеравшано-Гиссарского пояса и Памира выделяются 12 тектонометаллических (рудных) зон: четыре в Зеравшано-Гиссарском поясе (I-IV) и 8 (V-XII) - на Памире, которые отражают главные структурно-фациальные и магматические черты истории геологического развития и особенности формирования ртутного, сурьмяного и комплексного (Sb-Hg-As-Zn-Pb-CaF<sub>2</sub>-Au) оруденения.

По характеру разреза, геолого-структурной позиции и месторождения Sb-Hg-As-Zn-Pb-CaF<sub>2</sub>-Au и сурьмосодержащие оловорудные (с серебро- и полиметаллами и РЭ) формации с учетом факторов локализации месторождений сурьмы и ртути в других регионах СНГ [5, 10, 8, 6], могут быть подразделены на: 1) согласные пластообразные залежи на контакте известняков со сланцами в роли экрана; 2) месторождения секущего типа; 3) комплексные Sb-Hg-As-Pb-Zn-CaF<sub>2</sub>-Au содержащие месторождения сложной морфологии, залегающие обычно на стыке двух структурно-тектонических зон, в поднадвиговых сложных системах трещиноватости и милонитизации терригенных толщ, характеризующихся наличием гранитоид-порфиоров и трубок взрыва.

Месторождения первой группы, расположенные на крыльях антиклинальных складок II и III порядка, осложнены разломами. Для них характерно двух- и трехчленное строение разреза и многоярусное размещение оруденения (месторождения джаспероидного типа). Минеральные ассоциации различных уровней оруденения сходны с последовательной сменой рудных формаций в региональном плане по простиранию рудоконтролирующих структур, что указывает на их возможное генетическое единство и принадлежность к многостадийным системам с зональным строением. Эта группа объединяет основные месторождения Магиан-Маргузорской и Пасруд-Ягнобской рудных зон. Месторождения комплексные, выделяются ртутные, сурьмяные, ртутно-сурьмяные и кварц-тетраэдрит-галенит-сфалерит-антимонитовые, кварц-цинкениит-семсейит-сфалерит-антимонитовые золото- и серебросодержащие минеральные типы и сурьмосодержащие оловорудные (Тагобикуль, Заречное), полиметаллически-серебряные и золоторудные месторождения (Базардаринский район, Акджилга и Марджона). В касситерите из оловорудных месторождений содержание W, Sb, В - в десятых долях, а Nb, Ni, Pb, Ge, In, Sc, Be - в тысячных.

В мономинеральных пробах антимонита из сурьмяных руд всегда содержится таллий, селен, теллур, золото и серебро. Причем, содержание двух последних находится в соответствии с содержанием селена и теллура. Отмечаются некоторые закономерности распределения редких элементов по падению рудных тел, вскрытых на 120 м по вертикали. Анализы показывают увеличение содержания золота, селена и теллура с увеличением глубины. В сульфоантимонитах свинца постоянно присутствует олово. Это роднит

сурьмяные месторождения с золотыми, оловянными и свидетельствует о геохимической их общности.

Месторождения второй группы залегают в однородных породах в пределах субширотно вытянутой антиклинали, сложенной мощной толщей песчано-сланцевых пород, и контролируются линейными крутопадающими разломами. Минерализация приурочена к зоне контакта разновозрастных свит, разрывным нарушениям и зонам трещиноватости. Форма рудных тел - гнездовые, прожилково-вкрапленные (Рузиобнокское, Каракульская группа рудопроявлений) и проявления ртути в виде киноварь-шватцитового (Карабелес, Кызашу, Аильутек, Кальтатур), ртуть- и сурьмосодержащие галенит-сфалеритовые (Ган, Джароток), антимонитовые (Сулистык), (Тахтамышская зона) и киноварные (Аличур-Гурумдинская зона).

К третьей группе относятся месторождения  $Sb-Hg-As-Zn-Pb-CaF_2-Au$  формации, непосредственно структурно и пространственно связанные со штокообразными телами гранитоид-порфиров и трубками взрыва, выполненными субщелочными базальтоидами, контролирующимися зоной субширотного глубокозаложенного Каракульского разлома. Здесь отмечается один из редких случаев пространственно-структурного и парагенетического совмещения в пределах месторождения разнотипной ртутной, ртутномышьяковой, сурьмяной и ртуть- и золотосодержащей минерализации с магматическими производными кислого и основного состава. Это свидетельствует о тесной геолого-структурной и парагенетической связи интрузивного магматизма с сурьмяным, сурьмяно-полиметаллическим и ртуть- и сурьмосодержащим плутоногенным оруденением. Такие месторождения известны (Кокпатас, Турук, Чалкальдык, Акджилга, Караджилга, Сарылах, Мерчисон, Блу-Спек) [8.7,3,4,9, 10].

Особенность Каракульского разлома фиксируется на местности широкой полосой сильно измененных, перетертых пород, местами превращенных в пакеты тектонических глинок, состоящих из очерненных сланцев, алевролитов и кислых интрузивных пород по сбрососдвиговым нарушениям, игравших роль локального экрана и несущих в себе ртутную минерализацию, пропитанных органическим веществом, сульфидами железа-мельниковита таллиеносного, секущего прожилками кварц-диккитового состава. Структура экранирования является одним из факторов, определяющих пространственное распределение оруденения.

Наиболее благоприятными для локализации оруденения являются гидротермально измененные породы, брекчии и милониты, а также зоны контакта последних с перекрывающими их измененными гранит-порфирами. Отмечается избирательное отложение киновари в брекчиях и очерненных милонитах, развитых по терригенным породам, антимонита и флюорита - в брекчиях по гранит-порфирам, а сульфидов с золотом в брекчиях карбонатного состава. Нередко фиксируется надвигание гранит-порфиров на терригенные породы и поэтому первые являлись как бы экраном. Различаются литологический и тектонический экраны (2).

Еще одной важной закономерностью размещения руд этого типа, наряду с совмещенностью разных типов руд и минеральных ассоциаций, является появление зональности в их размещении, выражающейся в преобладающем развитии на более глубоких горизонтах кварц-арсенопиритовых золотосодержащих, золото-сфалерит-арсенопиритовых, сфалерит-пиритовых, кварц-антимонитовых (с золотом) руд в березитах, последовательно сменяющихся по мере приближения к поверхности сурьмяными с флюоритом, затем флюоритовыми, ртутно-флюоритовыми, сурьмяно-ртутными и, наконец, ртутными, ртутномышьяковыми (реальгар) и золото-ртутными рудами в аргиллизитах. Подобная зональность установлена также в строении метасоматитов. Зональность характерна и для других рудных полей и поясов. В пространственной связи с гранитоидными массивами распространены

проявления оловянной, вольфрамовой, а на удалении от массивов – полиметаллической и сурьмяной минерализации [10, 1, 8, 2, 3], где оловянные руды локализуются в нижних горизонтах, антимонитовые - в верхних (Тагобикуль, Заречное, Кумарх, Турук).

Ртутные, сурьмяные и ртутно-сурьмяные комплексные сурьмусодержащие олово-золоторудные месторождения Центрального Таджикистана и Памира формировались на поздних стадиях развития тектоно-магматической активизации. В размещении месторождений главным фактором являются структуры и структурный контроль, особенно глубинные разломы. Установленная приуроченность ртутно-сурьмяного и комплексного оруденения к последним, что и позволяет локализовать прогнозно-поисковые работы, особенно на юге Памира.

Генетическая и минералого-геохимическая общность месторождений этой формации позволяет рассматривать их в качестве комплексных объектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглый М.М. Докл. АН Таджикистана / М.М. Безуглый, 1971. -т.XIV, №5. -С.23-27.
2. Вазиров К.В. Ртутно-сурьмяно-золоторудная формация Центрального Таджикистана и её промышленное значение / К.В. Вазиров. – Душанбе: Дониш, 1992. - 347 с.
3. Исоходжаев Б.А. Комплексные сурьмусодержащие месторождения западной части Южного Тянь-Шаня. автореф.дисс.докт.наук / Б.А. Исоходжаев. -Ташкент, 1994. – 49 с.
4. Караев Ю.В. Типы комплексных сурьмяных и сурьмусодержащих месторождений. обзор (ОНТИ, ВИЭМС) / Ю.В. Караев. -М., 1980. – 56 с.
5. Кузнецов В.А. Геология и геофизика / В.А. Кузнецов, 1974. № 5. – С.68 – 73.
6. Мудрогина Н.С. Материалы по геологии и полезным ископаемым Средней Азии/ Н.С. Мудрогина. – М.: Госгеолтехиздат, 1956. – С. 58 – 72.
7. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота / Е.М. Некрасов. – М.: Недра, 1988 – 286 с.
8. Никифоров Н.А. Ртутно-сурьмяное оруденение Южного Тянь-Шаня. условия размещения и вопросы методики прогнозирования / Н.А. Никифоров. – Фрунзе: Илим, 1969. – 239 с.
9. Рахматуллаев Х.Р. Рудные формации и глубинные ярусы оруденения позднеорогенного этапа развития герцинид / Х.Р. Рахматуллаев. –Ташкент: Фан, 1992. – 234с.
10. Федорчук В.П. Методика поисков и разведки скрытого ртутно-сурьмяного оруденения / В.П. Федорчук. – М.: Недра, 1964 – 286 с.

#### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ РТУТНО – СУРЬМЯНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ СУРЬМУСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА И ПАМИРА

Приведено, что оруденение в Зеравшано – Гиссарском поясе и Помирской подпровинции проявилось в палеозойскую и альпийскую металлогенические эпохи соответственно и контролируется глубинными разломами, разграничивающими структурно-фациальные зоны, магматические черты история развития и особенности формирования Sb – Hg-го и комплексного оруденения, в зонах пересечения разломов и на контакте различных пород со сланцами в роли экрана. Показано, что месторождения и рудопроявления относятся к телетермальному классу (Sb-Hg), меньшая часть-к плутоногенному (W, Sn, Au, Ag), а связующими – являются Sn-W-Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-Au-W и Au-FeAsS месторождения. Общность состава телетермальных месторождений позволяет объединить их в единую комплексную Sb-Hg-As-CaF<sub>2</sub>-Pm-PЭ-Au рудную формацию с родственными парами.

**Ключевые слова:** образование, размещение, ртутно-сурьмяные месторождения, Центральный Таджикистан, Памир, металлогенический пояс, рудные зоны, аллий, селен, теллур, золото, серебро, рудные поля, минералого – геохимические (генетическая) комплексные формации.

#### SOME FEATURES OF FORMATION AND PLACEMENT MERCURY – ANTIMONIC COMPLEX ANTIMONICCONTAINING FIELDS OF THE CENTRAL TAJIKISTAN AND PAMIR

It has shown, that mineralization in Zeravshan - Hissar belt and Pamir subprovince evident in the Paleozoic and Alpine metallogenic epoch, respectively, and is controlled by the deep faults delimiting the structural-facies zone, magmatic history of the traits and characteristics of the formation of Sb - Hg-th and complex mineralization in areas of intersection faults and track different kinds of slates as the screen. Also, it has shown that the deposits and ore

occurrences are telethermal class (Sb-Hg), a minority of-plutonic (W, Sn, Au, Ag), and binders - are Sn-W-Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-Au-W and Au-FeAsS field. The generality of telethermal fields can combine them into a single comprehensive Sb-Hg-As-CaF<sub>2</sub>-Pm-PE-Au ore formation with cognate pairs.

**Key words:** education, accommodation, mercury-antimony deposits, Central Tajikistan, the Pamir, metallogenic belt, ore zones, аллий, selenium, tellurium, gold, silver, ore fields, mineralogical and geochemical (генетическое) complex formation.

**Сведения об авторе:** *К.В. Вазиров* – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры минералогии и петрографии Таджикского национального университета. Телефон: **951-52-37-03**

## ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АМФИБОЛСОДЕРЖАЩИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЩЕЛОЧНЫХ БАЗИТАХ ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

*Ф.А.Малахов, В.С.Лутков*

Таджикский национальный университет

Отмечается сопряженность развития и сходство химизма амфибола из мегакристов и включений амфиболсодержащих пород в щелочных базитах Южного Тянь-Шаня, а также преимущественная приуроченность тех и других к умеренно-высокотитанистым щелочным базитам, особенно в Ягнобской палеорифтогенной зоне. К заведомо мантийным нодулям относятся породы «зеленой» серии – лерцолиты, гарцбургиты, вебстериты, а также «черные» шпинелевые и гранатовые Al- пироксениты, часть флогопитовых перидотитов и пироксенитов, глиммеритов. Они часто обнаруживаются в недифференцированных Mg-базитах. Вместе с тем во многих из изученных диатрем установлена связь распространенности мантийных ксенолитов и амфиболсодержащих включений. Наблюдается определенная разобщенность нижнекоровых пород и включений с амфиболом; это свидетельствует, что они захватывались на разных горизонтах литосферы. Одновременно эти данные подчеркивают петрологические связи амфиболсодержащих пород с верхней мантией. Последнее подтверждается и прямыми наблюдениями: жилы амфиболовых пород в шпинелевых перидотитах, присутствие амфибола в мантийных пироксенитах, процессы метасоматической амфиболизации мантийных включений. Нодули «черной» Ti-серии варьируют по составу от амфиболовых верлитов и оливиновых пироксенитов до лейкогаббро и амфиболовых анортоклазитов (табл.1). Наиболее широко развиты амфиболовые пироксениты ( $\pm$ плагиоклаз, оливин, слюды, Ti-магнетит, апатит, анортоклаз, шпинель), горнблендиты ( $\pm$ плагиоклаз, клинопироксен, апатит, слюды, оливин), керсутитовые габбро ( $\pm$ клинопироксен, оливин, слюды, апатит, Ti-магнетит). Редки вебстериты, санидиновые пироксениты, флогопит-Ti-магнетитовые породы, анортоклазиты и др. Общая минеральная ассоциация пород Ti-серии: авгит (Ti-авгит, Na-авгит) + керсутит (паргасит)  $\pm$ Ti-флогопит-биотит  $\pm$  плагиоклаз  $\pm$  Fe – оливин  $\pm$ Ti- магнетит  $\pm$  апатит  $\pm$  анортоклаз (Ca- анортоклаз, Na – санидин)  $\pm$  ортопироксен  $\pm$  шпинель  $\pm$  графит  $\pm$  сульфиды.

Очень характерны, иногда проявленные в пределах одного ксенолита, взаимопереходы разных типов пород, наиболее часто – от амфибол – биотитовых пироксенитов к горнблендитам и габбро. Типично развитие практически мономинеральных пород, состоящих из амфибола, клинопироксена, реже – K-Na- полевого шпата, Ti- магнетита, слюд. В целом наблюдается весьма неравномерное распределение керсутита, слюд, полевых шпатов, апатита и некоторых других минералов, что позволяет предполагать важную роль метасоматоза в их генезисе.

Состав главных минералов неустойчив. Клинопироксен представлен авгитом, реже Ti-авгитом и Na-авгитом ( $f=19-37$ ;  $TiO_2=0.4-2.7\%$ ;  $Al_2O_3 = 5-10\%$ ); преобладает чермакиновый минерал, хотя изредка содержание жадеита возрастает до 9-13%. Амфибол лишь в некоторых пироксенитах представлен паргаситом, чаще же – умеренно и высокотитанистым амфиболом (керсутит, Ti- паргасит),  $f$  которого увеличивается от пироксенитов к горнблендитам и габбро (26-66%). Типичны умеренно- и высокотитанистые флогопиты и биотиты ( $TiO_2 = 5-7.4\%$ ;  $f = 33-64\%$ ), низкотитанистые биотиты редки ( $TiO_2 = 3.9\%$ ;  $f = 42\%$ ). Оливин обладает повышенной железистостью (25%) и от Ол из шпинелевых перидотитов отличается повышенной кальциевостью (кристаллизация при  $<P$ ). Состав плагиоклаза изменяется от №15 до №50-70, а для горнблендитов и габбро типичен плагиоклаз<sub>30-55</sub>. К-Na- полевой шпат встречается в горнблендитах, пироксенитах или образует почти мономинеральные породы (анортоклазиты).

Структура амфиболсодержащих нодулей – от мелко- до гигантозернистых (пегматоидных), когда кристаллы амфибола достигают 4-7 см длиной, а биотита и клинопироксена – до 2-5 см. Микроструктуры – от гипидиоморфнозернистой, порфириформной, пойкилитовой до гранобластовой, порфиробластовой, деформационной, симплектитовой, коррозионной. Нередки полосчатые и гнейсовидные текстуры. Первичные минералы, вероятно, связанные с кристаллизацией из расплава, – авгит, ортопироксен, Al-шпинель, Fe- оливин. Остальные формировались в основном в связи с метаморфическими и метасоматическими, частично с позднемагматическими и автосоматическими процессами.

В пироксенитах обычно проявлены коррозионные соотношения керсутита и слюд с авгитом, оливином, шпинелью, а также плагиоклаза и К-Na- полевых шпатов – с авгитом. Наблюдаются неправильные выделения и жилы керсутит + флогопит, развивающиеся по авгиту. Плагиоклаз развит в интерстициях зерен пироксена и керсутита и образует прожилки, секущие минералы. В Ti-пироксенитах санидин (до 5-30%), а в горнблендитах анортоклаз развиваются позднее всех минералов, включая продукты ранних этапов метасоматоза (керсутит, биотит, плагиоклаз 30-40, апатит, магнетит). Жилы амфиболовых анортоклазитов ( $\pm$  авгит, Ti- биотит, апатит, плагиоклаз, Ti-магнетит) установлены в биотит – амфиболовых пироксенитах и «зеленых» клинопироксенитах. Апатит (до 6-7 мм) развит в основном в промежутках зерен амфибола, часто в ассоциации с плагиоклазом; выявлены вроски апатита в авгите и керсутите и жил апатита в керсутите. При процессах метасоматоза и плавления включений пироксенитов шпинель замещается Ti-магнетитом в связи с ростом щелочности и  $fO_2$ . С керсутитом часто ассоциируются сульфиды.

Следует подчеркнуть, что все метасоматические ассоциации не связаны с воздействием на ксенолиты вмещающих базитов, т.к. контакты с последними срезают полосчатость, метасоматические жилы и другие элементы внутреннего строения включений. Воздействие щелочных базитов сказывается в плавлении амфиболсодержащих пород, а также мегакристов амфибола (вокруг кристаллов амфибола обычна реакционная кайма, состоящая из мелких зерен Ti- авгита, иногда каймы гастингсита, стекла + магнетита). В краевых зонах зерен авгита также наблюдаются капельные включения стекла. В пустотах мегакристов амфибола и зерен авгита и керсутита в ксенолитах обычно присутствуют в разных сочетаниях стекло, анальцит, карбонат, альбит и др. Отмечены жилы щелочных базитов в ксенолитах, переходящие в стекло. Эти явления обусловлены температурным и флюидным воздействием вмещающих щелочных базитов.

В некоторых образцах четко выражены указанные выше метаморфогенные текстуры и структуры, часто – блоковое строение кристаллов авгита и керсутита. Иногда в одном теле

щелочных базитов встречаются одновременно тонко кливажированные мегакристы амфибола и аналогичные кристаллы амфибола в гигантозернистых горнблендитах. Отдельные ксенолиты характеризуют начальные стадии эклогитизации (более типичны для Ягнобской и Центрально-Гиссарской зон), когда Ti-габбро превращаются в эклогитоподобные породы. Последние содержат 5-7% граната (пироп-23%, гроссуляр -21%), образующего венцовые оторочки мелких зерен вокруг цветных минералов, симплектит гранат+ плагиоклаз, клинопироксен + гранат, а также несколько генераций клинопироксена – от магматического Ti-авгита до наиболее позднего диопсида в ассоциации с кислым плагиоклазом (образовались, видимо, при распаде омфацита). От первичного Ti-габбро сохранились реликты структур и минералов (Ti-авгит, обилие апатита, сульфиды). Метаморфизм базитов протекал в коромантийных или нижнекоровых условиях.

Химизм и редкоэлементный состав амфиболсодержащих нодулей в общем согласуется с их петрографическими и минералогическими чертами (табл.1, 2). На фоне вариаций петрогенных и редких элементов, для большей части изученных образований характерны повышенная щелочность, содержания Ti, P, высокая железистость (f). Пироксениты, горнблендиты и габброиды Ягнобской и Центрально-Гиссарской зон в сравнении с Южно-Гиссарской зоной обладают более высокой титанистостью, железистостью, щелочностью и пониженным K/Na; они обычно содержат больше P, Y, Zr, Nb, Sr, Li и меньше Cr, Ni, Cs, Rb, F. При процессах керсутитизации пироксенитов (нередко это сопровождается появлением слюд, полевых шпатов, апатита и др.) в ряду Ti-пироксенит – керсутитовый пироксенит – горнблендит (габбро) наблюдается привнос Ti, P, Al, Fe, щелочей, Rb, F, Zr, Nb, Sr, отчасти Ba, Li, Cs и вынос Mg, Ca, Cr, Ni, Si. Несмотря на насыщенность горнблендитов и габбро Zr, Nb, Sr, F и другими редкими элементами среди аксессуаров в них обнаружены только апатит, Ti-магнетит, сульфиды (прежде всего пирит), муассанит, графит. Вероятно, указанные выше редкие элементы при глубинном метасоматозе входили в структуры породообразующих минералов [1].

Вместе с тем проявлено разнообразие геохимических и минеральных типов метасоматитов: со значительной ролью P (отчасти F, и REE и Sr) – апатитовые пироксениты – горнблендиты; Al, K, Na, Ba, Sr ( $\pm$  Li, Rb) – амфиболовые анортоклазиты; K, F, Ba, Rb – флогопитовые пироксениты и глиммериты; Ti, Fe, K, Rb, Ba – флогопит – Ti-магнетитовые метасоматиты (табл.1, 2). Геохимические ассоциации элементов в основном определялись составом флюидов – агентов метасоматоза. Сравнение геохимических особенностей мегакристов амфибола (амфибола ксенолитов) с составом горнблендитов ( $\pm$  клинопироксен, слюды, плагиоклаз и др.) показало близость содержаний петрогенных и ряда редких элементов (Rb, Co, Cs). Однако горнблендиты содержат больше Li, Ba, V, иногда Sr, а также Cr и Ni.

Сонахождение в одном теле щелочных базитов включений с разной степенью проявления метасоматоза и соответственно в разной мере насыщенных редкими элементами свидетельствует не в пользу гипотезы о кумулатном генезисе таких включений. Надо сказать, что Ti-пироксениты (некоторые из них с признаками магматического генезиса), имеют субщелочной уклон и обогащены Ti, Nb, Sr, Y, Zr, Fe, P. Вероятно, они представляют результат кристаллизации субщелочных пикритоидных расплавов, возникших на более глубоких горизонтах мантии при плавлении метасоматизированных субстратов.

Основная часть изученных амфиболсодержащих включений, очевидно, является не кумулатами, а ксенолитами. Это подтверждают следующие данные: находки нодулей с амфиболом в безамфиболовых щелочных базитах, отсутствие корреляции между Ti и K/Na в амфиболах (мегакристы и включения) и вмещающих щелочных базитах, проявление во

включениях процессов деформации, метаморфизма и особенно – интенсивного метасоматоза. В изученных щелочных базитах обычны обломки и резорбированные ксенокристы клино- и ортопироксена, оливина, Ст-шпинели, захваченные из ксенолитов шпинелевых перидотитов и иногда включенных в фенокристы Ti- авгита. Аналогичная картина наблюдается для ксенолитов и ксенокристов «черной» Ti- серии: при дезинтеграции пироксеновых горнблендитов кристаллы керсутита (иногда окруженные реакционной каймой биотит + магнетит или авгит + магнетит) обрастаются зональными идиоморфными вкрапленниками Ti-авгита, кристаллизовавшегося из щелочно-базитовой магмы. Имеются также находки сростков керсутит + плагиоклаз (захвачены из керсутитовых габбро или плагиоклазовых горнблендитов), также включенные в ядерные части зональных фенокристов Ti-авгита. Видимо, указанные ксенокристы играли роль затравок при кристаллизации фенокристов в щелочно-базитовых расплавах.

**Таблица 1. Химизм ксенолитов верхней мантии и коромантийного слоя**

	n	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	n.n.n.
1	1	40.5	0.5	5.3	2.8	10.0	28.9	6.7	0.6	0.5	0.06	2.5
2	12	42.9	1.7	11.0	3.2	5.8	13.0	16.4	0.9	1.1	0.10	3.5
3	3	40.4	2.3	13.2	2.8	6.0	14.2	12.7	2.8	0.6	0.45	4.4
4	2	40.4	1.9	9.9	4.1	6.3	8.5	22.1	0.1	0.7	2.51	2.8
5	3	39.9	3.0	12.8	2.7	8.3	11.5	12.9	1.1	1.6	0.14	5.9
6	8	38.6	3.2	14.6	3.9	7.7	11.7	12.3	2.0	1.9	0.14	3.8
7	2	38.3	2.8	15.1	5.0	6.6	10.9	10.2	2.4	1.8	1.59	4.8
8	3	43.7	1.6	13.9	2.6	7.1	7.8	12.9	1.9	2.3	0.27	5.5
9	1	41.4	1.3	12.4	4.1	5.8	9.9	12.2	3.1	1.7	0.68	6.7
10	4	41.6	1.8	16.1	3.3	6.7	7.2	11.5	2.4	2.8	0.84	5.2
11	1	39.0	0.7	8.8	4.1	8.2	15.7	14.1	0.1	0.4	0.09	8.5
12	1	47.2	0.8	17.7	2.5	6.1	7.5	11.9	0.4	2.4	0.52	3.3
13	10	41.4	2.6	9.5	4.7	6.8	12.4	15.4	0.9	1.4	0.19	3.3
14	6	39.1	4.8	14.8	4.5	8.2	10.4	10.1	2.0	2.5	0.28	3.2
15	1	32.9	1.5	11.7	8.9	8.8	8.6	15.0	1.8	2.1	6.24	1.2
16	6	35.9	5.0	13.3	4.7	10.5	8.7	11.3	1.9	2.5	2.27	3.9
17	7	39.7	3.6	14.5	4.2	8.8	7.5	10.5	1.7	4.3	0.90	4.8
18	2	46.8	0.7	16.8	3.1	5.1	7.5	10.2	2.6	2.4	0.03	3.8
19	1	42.7	2.5	16.6	7.2	6.8	6.1	9.5	1.8	3.3	2.06	1.4
20	2	24.6	9.0	12.5	18.3	15.8	9.4	2.8	2.7	0.8	0.14	3.5
21	3	59.0	0.2	20.5	2.0	1.2	0.5	2.9	3.4	8.0	0.14	2.4
22	1	39.1	4.1	10.5	9.6	7.2	10.7	14.8	0.4	0.5	0.10	3.1
23	3	40.7	1.5	7.4	3.7	8.6	15.9	13.6	0.4	0.8	0.05	4.9
24	1	47.9	1.4	20.1	2.1	5.8	2.3	7.9	2.8	4.0	0.77	4.3

Зоны: 1-10 –Южно-Гиссарская, 11-12-Кугитанго-Байсунская, 13-21 – Ягнобская, 22-24-Центрально-Гиссарская.

Породы: 1-Би-Ам-Пл – верлит; 2, 11, 13, 23 –Ам-клинопироксениты (±Сл,Пл,Ол,Шп,Мг), 3- Сл-пироксениты, 4-Дп -пироксениты (±Ам), 22-Ti-Мг-пироксенит; горнблендиты: 6,14- Кр (±МП,Фл,Пл,Ол), 7,16-Ап-Кр (±Сл,МП,Пл), 15-Ап-Пр; габброиды: 8,12,18-МП (±МП,Сл,Ол,Анр,Ап), 19-Гр-МП-габбро (эклогитоподобная порода), 24-Анр-Кр – метасоматит; 20-Фл-Ti-Мг-породы (±МП,Ам), 21-анортклазиты (±МП,Ам,Сл,Ап,Пл).



Минералы: Би –биотит, Ам-амфибол, Пл-плагиоклаз, Сл-слюда, Ол-оливин, Шп-шпинель, Мг-магнетит, Ап-апатит, Кр-керсутит, МП-клинопироксен, Фл-флогопит, Пр-паргасит, Анр-анортоклаз, Тi-Мг-титаномагнетит.

**Таблица 2. Редкие элементы (г/т) в ксенолитах верхней мантии и коромантийного слоя («черная серия»)**

	n	Li	Rb	Cs	B	F	Y	Zr	Nb	Ba	Sr	Cr	Ni	V	Co
1	1	10	20	<5	32	200	-	-	-	-	-	1500	720	180	120
2	11	13	17	<5	11	810	18	111	8	252	312	607	203	374	47
3	3	31	106	4	14	1300	20	71	3	864	193	293	250	380	52
4	1	29	<5	<5	11	-	-	-	-	-	-	150	120	210	48
5	3	27	24	5	10	1800	-	-	-	-	-	377	267	373	52
6	7	22	23	6	7	1670	20	100	21	-	884	117	118	448	53
7	2	36	43	10	16	-	29	145	26	858	805	122	48	265	43
8	3	22	51	6	6	710	-	-	-	-	-	223	130	173	31
9	1	36	136	19	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	4	21	82	<5	10	1700	25	140	34	529	1021	80	59	193	36
11	1	-	6	3	3	1100	14	41	<2	-	125	1600	700	400	110
12	1	78	9	2	3	500	6	39	112	-	349	70	550	170	21
13	10	17	16	<5	10	370	26	159	28	514	309	354	165	312	44
14	6	28	24	<5	9	700	23	112	-	643	950	130	90	372	48
15	1	10	13	<5	11	150	-	-	87	-	-	20	26	200	37
16	6	34	30	<5	8	1400	36	179	76	593	936	34	32	220	41
17	7	45	24	<5	9	820	28	238	1	-	985	46	43	280	51
18	2	30	89	7	20	-	18	36	5	491	1049	92	46	185	30
19	1	45	33	<5	-	-	28	44	26	1160	1170	34	24	65	51
20	2	30	62	7	14	120	17	89	11	960	358	224	110	825	77
21	3	109	58	4	23	<50	35	214	-	2800	1457	30	16	22	18
23	2	7	12	5	11	180	-	-	-	-	-	891	337	330	69
24	1	17	47	10	-	1300	-	-	-	-	-	30	15	43	7

Обозначения (№№1-24) см. в табл.1. Содержания элементов (г/т) U-<0.3-0.7, Th- <2-5, Pb<2-10, Sn-2-5, Zn -50-300, Mo- <1-2, Be- <0.7-2.5, Hg- <0.01-0.4.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баратов Р.Б. Докл. АН СССР / Р.Б. Баратов, А.С. Ломтева [и др.]. - т.288, №1, 1986.

#### ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АМФИБОЛСОДЕРЖАЩИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЩЕЛОЧНЫХ БАЗИТАХ ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

Статья посвящена петролого-геохимическим особенностям амфиболсодержащих включений в щелочных базитах Южного Тянь-Шаня. На основе полученных данных подтверждено, что основная часть изученных амфиболсодержащих включений является не кумулатами, а ксенолитами.

**Ключевые слова:** коромантийный слой, щелочные базиты Южного Тянь-Шаня, амфиболсодержащие включения.

#### PETROLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE AMPHIBOLE-BEARING INCLUSIONS IN ALKALINE BASITS OF SOUTHERN TIEN SHAN

The present article is devoted to petrological and geochemical features of the amphibole-bearing inclusions in alkaline basits of Southern Tien Shan. The obtained results of data confirm that the main part of the studied amphibole-bearing inclusions is xenoliths, but not cumulates.

**Key words:** crust-mantle layer, alkaline basites of Southern Tien Shan, amphibole-bearing inclusions.

**Сведения об авторах:** *Ф.А. Малахов* – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, зам.директора НИИ Таджикского национального университета. E-mail: [malahov75@mail.ru](mailto:malahov75@mail.ru), Телефон.: **935-18-08-25**  
*В.С. Лутков* – доктор геолого-минералогических наук, профессор, консультант Научно-исследовательского института Таджикского национального университета. Телефон: **917-62-05-75**

## **К ПРОБЛЕМЕ ОХРАНЫ ВОД В ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТАДЖИКИСТАНА И ОРГАНИЗАЦИИ ВОДООХРАННЫХ МЕР**

***Ш.Ф. Валиев, Ш.А. Бахриева***  
**Таджикский национальный университет**

С объявлением ООН по инициативе Президента Республики Таджикистан Эмомали Рахмона десятилетия чистой воды на планете, проблема охраны водных ресурсов обрела особую актуальность. К одной из отраслей промышленности республики, оказывающей негативное влияние на водную сферу, относится производство цемента.

Цементная промышленность является приоритетным направлением развития экономики Таджикистана. В ближайшей перспективе планируется резкое увеличение объема производства цемента в связи с вводом в эксплуатацию Дангаринского и Яванского заводов с суммарной годовой производительностью свыше 2 млн тонн высококачественного цемента.

Расширение цементной промышленности имеет, наряду с очевидным достоинством также, и некоторые отрицательные стороны. Последняя касается в первую очередь проблемы охраны окружающей среды. В этом отношении цементная промышленность относится к производству, имеющему высокую степень влияния на окружающую среду. Цементная промышленность, кроме того, среди промышленности строительных материалов относится к водоемкому производству, потребляя до 35% воды из всей структуры стройпромышленности. По литературным данным, на цементное производство приходится 20% от общего объема выбросов на предприятиях по производству строительных материалов [5].

Известно, что главные воздействия на окружающую среду при производстве цемента связаны со следующими факторами [1]:

1. Пыль (выбросы из дымовых труб и быстроиспаряющиеся компоненты)
2. Газообразные выбросы:  $\text{RO}_2$  ( $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ ),  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и др.

Однако, в последние десятилетия в связи с достижением эффективных технологий схема производства цемента и технологии глубокой очистки газообразных выбросов внимание геоэкологов и технологов приковано к изучению загрязнения водных ресурсов.

В Таджикистане основным способом производства цемента является сухой способ. Единственный завод, работающий мокрым способом на севере страны, показал его малоэффективность и высокую себестоимость цемента и не нашел дальнейшей поддержки среди промышленников. С другой стороны, мокрый способ требует в 3.5–5.5 раза больше объема воды, что также послужило причиной для отказа от этого способа.

Продукция цементных предприятий страны представлены ШПЦ 400 и ШПЦ 300 (ГОСТ 10178-85) -40% производства; ПЦ 400-ДО (ГОСТ 10178-85; класс 42.5; обычный портландцемент) -35% производства; ШЦ 400-Д20 (ГОСТ 10178-85; класс 32,5), ПЦ500-ДО (ГОСТ 10178-85); ПЦ 400-ДО-Б (ГОСТ 10178-85); ССШПЦ 400 (ГОСТ 22266-76) -25% производства. Среднее содержание добавок составляет 30%. В качестве активной добавки используется, в основном, магнетит. Ежегодный объем производства цемента в республике достигает до 400 тыс.т. Значительный объем цемента импортируется из стран Центральной Азии, Ирана и Пакистана.

В таблице 1 приведены основные источники загрязнения цементной промышленности в Таджикистане.

**Таблица 1. Основные источники загрязнения окружающей среды в цементной промышленности**

№	Оборудование	Назначение	Примечание
Зона добычи			
1.	Взрывные работы	Разрыхление пород	
2.	Отгрузка пород	Транспортирование сырья (для канатной или автомобильной доставки)	
3.	Транспортировка сырья (известняков, гипсов, суглинков)	Доставка канатным или обычным способом	Преобладает автомобильная доставка
4.	Обработка уступов карьеров	Расширение карьерного пространства	
5.	Проветривание карьеров	Вентиляция карьерного пространства	
Цементный завод			
1.	Щековая дробилка	Первичное дробление известняков	Практически все оборудование цементной промышленности устаревшее, изношенное
2.	Молотковая дробилка	Вторичное дробление известняков	
3.	Сушильные барабаны	Сушка глины	
4.	Склад сырьевых компонентов	Хранение	
5.	Сырьевые мельницы	Производство сырьевой муки	
6.	Вращающаяся печь с циклонными теплообменниками	Получение клинкера	
7.	Холодильник клинкера	Охлаждение клинкера	
8.	Склад клинкера	Хранение клинкера	
9.	Цементная мельница	Помол клинкера	
10.	Силоса	Хранители сырьевой муки и цемента	
11.	Упаковочная линия (машина)	Для упаковки цемента в бумажные мешки	Один из самых вредных (пыльных) узлов производства

Основными агентами влияния цементной промышленности на окружающую среду являются зоны добычи и собственно завод по производству цемента: взрывы на карьерах при добыче, процесс дробления, работа мельниц для помола, печей обжига клинкера и транспорт для перевозки сырья и готовой продукции.

1. Добыча цементного сырья в республике ведется открытым способом (карьеры). Карьеры расположены в лощинах, на склонах, на абсолютных высотах от 700-900 до 1100-1500 м. Основное отрицательное влияние карьерной добычи проявляется в воздушной

(газопылевые выбросы), водной (талые воды, атмосферные осадки, омывающие склоны) и твердой (перемещение огромных масс горных пород, почвы и др.) формах. Выполняемые в процессе добычи буровзрывные работы, эксплуатация карьеров, добыча суглинков, гипсов и магнетита, отходы строительного производства, разрушение плодородного слоя почв, прокладка транспортной структуры и др. оказывают существенное вредное воздействие на состояние поверхностных и подземных вод. На карьерах по добыче известняков, суглинков и гипсов отмечается высокая запыленность воздуха, которая может приводить к различным заболеваниям [2].

Наиболее уязвимой к воздействию карьерного процесса оболочкой являются поверхностные и подземные (грунтовые) воды.

2. Цементный завод относится к водоемкому производству. В среднем для выпуска 1 тонны цемента сухим способом в среднем израсходуется 800 литров воды. С производством цемента связан большой объем жидких отходов.

В последние годы, в связи с переходом с газа на уголь для обжига клинкера, требующего помола, добавился еще один фактор загрязнения окружающей среды, в частности водной сферы.

Значительные объемы воды в цементной промышленности расходуются при охлаждении клинкера, сырьевых и цементных мельниц, компрессоров и вращающихся печей.

При производстве цемента используются высокие температуры (до 1400°C). В зоне охлаждения температура понижается от 1400 до 900°C, а клинкер после выхода из печи охлаждается в холодильниках до 100°C. Эти процессы требуют большие объемы воды. Они приводят к изменению химического состава вод, использующихся в производственно-техническом цикле или развитых вблизи производства (поверхностные или подземные воды).

Вредные вещества при производстве цемента выделяются из обжиговых печей, сушильных барабанов различных видов и т.д. Вокруг заводов, производящих цемент, асбест, гипс и другие строительные материалы образуются зоны максимального загрязнения окружающей среды радиусом до 2 км с повышенным содержанием в воздухе пыли и частиц цемента, асбеста, кварца и других вредных веществ (таблица 2).

**Таблица 2. Ореолы распространения вокруг цементных заводов, км**

Завод	Элементы и соединения						Пыль*, мг/м <sup>3</sup>	
	R <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Ba	Sr	цемента	гипса
Душанбинский	0.1	3.2	0.8	1.0	0.7	0.8	140 – в радиусе 0.1 км; 68 – в радиусе 1.2 км; 22 – в радиусе 2.0 км	7.5 – в радиусе 2.0 км;
Исфаринский	0.9	4.7	1.7	2.9	2.0	2.2	190 – в радиусе 2.0 км	80 – в радиусе 2.0 км
Худжандский	Не обнаружен	1.2	Не обнаружен	Нет данных	0.2	0.1	Не обнаружен	Не обнаружен
Яванский (малый завод)	0.6	1.8	1.1	1.9	1.4	1.0	4.9 – в радиусе 2.0 км	35 – в радиусе 2.0 км

Примечание. \*Нормы запыленности цементом и гипсом составляют, соответственно, 0.15 и 0.10 мг/м<sup>3</sup>.

В среднем, при сухом способе производства цемента средний расход воды составляет 2-2.5 м<sup>3</sup>/т. Существует обратная зависимость расхода воды при увеличении производительности производства. Например, расход воды на охлаждение для цементного завода производительностью 1 млн. т/год составляет около 1.5 м<sup>3</sup>/т, в то время как при мощности 0,3 млн т. он превышает 2.5 м<sup>3</sup>/т. Эти цифры могут сильно измениться в зависимости от технологических особенностей производства.

Необходимо иметь в виду, что прирост необходимой для обжига температуры увеличит стоимость линии обратного водопользования и коррозионную активность воды. Поэтому при расчетах надо исходить от того, что температура определяется температурой циркулирующей воды для охлаждения и температурой поступающего потока технологической воды. Поэтому температура воды, которая идет на охлаждение технологических узлов, не должна превышать 20-25°C. Статистическая годовая температура воды в условиях Таджикистана (в регионах цементного производства), определяется местными климатическими условиями (среднегодовая температура окружающего воздуха и воды). От этих показателей зависит необходимый для охлаждения объем воды и тип оборудования и насосов.

Из общего объема воды, потребляемой цементной промышленностью, около 30% расходуется на технологические процессы, транспортировку сырья, 10% – на охлаждение оборудования (печки, мельницы, силоса и др.), 45% – на промывку оборудования и обогащение сырья, а 15% – на остальные нужды.

Сточные воды цементного производства загрязняются в процессе изготовления продукции, мойки оборудования (20%), получения пара в котельных (30%) и производственных нужд (20%) [6]. Сточные воды обычно содержат оксиды кальция, кремния, железа, берущиеся из сырья и обладающих токсическими свойствами, а также ионы железа, серы, бария, стронция и другие, попадающие в сточные воды вследствие их растворения в воде, хлориды, сульфаты, углепродукты, попадающие в печь при обжиге.

Сброс сточных вод цементной промышленности в водную сферу приводит к загрязнению воды. Сточные воды цементной промышленности являются причиной поступления в водную сферу различных солей, минеральных и органических веществ, высокотоксичных соединений хрома, щелочей и углепродуктов. Ситуация осложняется еще и недостаточно высокой эффективностью действующих очистных сооружений или их полным отсутствием. Коэффициент водооборота в цементной промышленности, по нашим данным, составляет около 30%, что крайне недопустимо.

Загрязнение в настоящее время заметно и в аллювиальных отложениях пойм рек. Протекающие, в районах добычи цементного сырья и производства цемента, реки (Харангон, Варзоб, Сырдарья, Явансу и др.) загрязняются сточными водами, твердыми, жидкими и газообразными выбросами. В р.Харангон в пробах выявлены 8 случаев аномальных загрязнений (повышенные содержания концентрации азота аммонийного, нефтепродуктов и азота нитритного, фенолов и железа) в 1.5–19 раз превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). В реке Явансу также выявлены повышенные концентрации нефтепродуктов и нитритного азота (в пределах 1,8 – 4,5ПДК) [3].

Предприятия цементной промышленности, как было показано выше, являются загрязнителями площадного, масштабного характера. Почти на всех этапах строительной технологии выделяется пыль, определенный объем которой поступает в реки. Источниками пылеобразования являются процессы взрыва, отбора, отгрузки и транспортировки сырья, а на заводах – помол, обжиг, охлаждение клинкера и цемента, погрузка и транспортировка продукции.

Загрязнение рек происходит не только за счет стоков, но и в результате выбросов и складирования твердых отходов. Ежедневный объем добычи на карьерах цемсырья только известняков составляет от 35 до 510 куб.м., а объем добываемых суглинков и гипсов хотя уступает ему на порядок, но оказывает значительно большее влияние на окружающую среду. Пылевидные выбросы последних, перемешиваясь с вредными веществами производства, отходами и остатками ГСМ попадают в реки, образуя илистые отложения. Объем техногенных илов, залегающих в русле р. Харангон (Варзоб, Душанбинка) пока составляет первые сотни тыс.куб.м. Они, по сути, являются вторичным источником загрязнения воды. В перспективе, в связи с полным пуском Харангонского минизавода и доведением Душанбинского завода до проектной мощности следует ожидать роста объема илистых отложений и увеличения масштаба их влияния.

На загрязнение рек района добычи цемсырья влияет и рельеф местности функционирования карьеров. Значительная крутизна склонов (5-20°), повсеместное развитие хорошо размываемых лёссовидных суглинков способствуют развитию эрозии, что приводит к механическому загрязнению водотоков, изменению морфологии русла и обмелению.

Наблюдения показывают, что в районах добычи цементного сырья и производства цемента подземные воды также подвергаются влиянию горного и промышленного производства. Так, ощутимым образом изменился состав верховодки в районе Харангонского известнякового карьера в сторону повышения сульфатной составляющей и общей минерализации. Состав верховодки стал существенно сульфатным, а вода жесткой вблизи Душанбинского завода, в районе поселения Ходжаамбиёи Боло и Ходжаамбиёи Поён. Повышение жесткости подземных вод отмечено практически во всех районах добычи. Изменение состава и режима подземных вод является тревожным сигналом о расширении масштаба и глубины влияния цементного производства на водную среду.

Реки, протекающие вблизи цементного завода (Душанбинка, Исфара, Явансу, Харангон), загрязняются такими опасными химическими элементами и соединениями как стронций, свинец, цинк, нитриты.

Недостаточный технический уровень эксплуатации горнотехнического оборудования, отсутствие отлаженного сбора ГСМ вызывают загрязнение почвы и водных ресурсов горючесмазочными материалами.

Значительные потери воды в цементной промышленности связаны также с бесхозяйственностью, устарением и несовершенством технологий, отсутствием на предприятиях контроля за расходом воды. Предприятия цементной промышленности потребляют значительное количество воды на охлаждение узлов технологических установок и механизмов, теплоснабжение, питание котельных и других объектов. Кроме того, мы особенно выделяем агрессивные кислые стоки, которые разъедают металлические конструкции.

Таким образом, очевидно, что процесс производства цемента оказывает определенное, отрицательное влияние на водную среду Таджикистана. Это влияние проявляется в следующих формах:

1. изменение химического состава поверхностных и подземных (грунтовых) вод.
2. изменение гидрогеологического режима водных массивов и горизонтов.

На цементных заводах республики следует восстановить узлы оборотного водоснабжения.

Следует констатировать, что в настоящее время на действующих цементных заводах страны используются старые технологии и устаревшее оборудование, что является основной причиной негативного воздействия на окружающую среду, прежде всего, водную среду.

Линии и технологии по обработке сточных вод в заводах либо вовсе отсутствуют, либо эксплуатируются неэффективно.

Большой объем сточных вод и высокая концентрация в них загрязнений вынуждают использовать громоздкие очистные сооружения, на которых образуется большое количество осадков, основная часть которых поступает в накопители, что приводит к их перегрузке и соответственно воздействию на подземные воды.

Для охраны вод от негативного влияния цементной промышленности следует принимать срочные и эффективные меры. Выполняемый в настоящее время на цементных заводах объем водоохраных мероприятий в определенной степени сокращает потребление свежей воды на производственные нужды и уменьшает объем сточных вод. Однако, наблюдаемый рост загрязнения рек и подземных вод свидетельствует о недостаточности принимаемых мер.

В цементной промышленности следует использовать разнообразные методы очистки сточных вод. Требуется незамедлительного ввода жесткая система очистки воды. Возможны и реальны практически все известные методы очистки сточных (механические, физико-химические, химические, биологические и новые безреагентные) [4,5]. Механические методы включают отстаивание, фильтрование, центрифугирование и гидроциклоны. Механическими методами можно очищать сточные воды от взвешенных частиц и углеродных продуктов.

В качестве другого способа очистки сточных вод цементной промышленности авторы настоятельно рекомендуют систему оборотного промышленного водоснабжения. Этот способ, наряду с вышеперечисленными, классическими методами является наиболее приемлемым для условий Таджикистана.

Современные предприятия строительной индустрии, а также строительные площадки с обслуживающими их промышленными базами, автохозяйствами и т.д. являются существенными источниками загрязнения окружающей природы. В ряде случаев задержка строительства природоохраных объектов, низкое их качество негативно сказываются на эффекте охраны природы и приводят порой к чрезвычайным последствиям.

Требуется также, чтобы на стадии проектирования принимать меры, направленные на предотвращение загрязнений окружающей среды, особенно воды.

На предприятиях цементной промышленности следует использовать только механизмы и линии, работающие на электроприводе. Также следует переводить на электропривод другие механизмы: аппараты, компрессора, грузоподъемные механизмы, бульдозеры, экскаваторы, средства малой механизации.

Водная сфера в условиях Таджикистана является наиболее уязвимым к загрязнению цементного производства компонентом природы и подвергается заметной и необратимой техногенной трансформации. Она нуждается в серьезной системе защиты. Основной объем загрязнений в нее поступает в водоемы и водозаборы воздушным и жидким путем в процессе развеивания в воздухе и инфильтрации сточных вод от отходов и отвалов карьеров, накопителей сточных вод, хранилищ и др. источников.

Исследователи, исходя из вредности цементного производства, выделяют 5 классов, в соответствии с которыми устанавливаются размеры санитарно-защитных зон: I класс - 1000 м; II класс - 500; III класс - 300; IV класс - 100; V класс - 50 м [1,5]. В связи с этим нами рекомендуется строго придерживаться и соблюдать размеры санитарно-защитных зон на карьерах и заводах.

Кажется нам эффективным и реализация комплексной программы природопользования, поскольку водная сфера является частью гекологической среды (вместе с почвой, атмосферным воздухом, растительностью и т.п.), планировать и строить специальные

водозаборы и водоемы гидродинамического и геохимического барьеров, организовать в цементной промышленности систему мониторинга за окружающей средой (литогидромониторинг) с упором на защите водозаборов и водоемов. Действующие заводы имеют неиспользованные резервы для защиты водной среды и уменьшения вредных выбросов, поэтому только следует их эффективно использовать. Поэтому рекомендуется усовершенствовать технологию производства цемента и оптимизировать систему природопользования путем внедрения системы мониторинга и организации техногенно-природных геохимических барьеров.

Решение проблемы охраны водных ресурсов и их рационального использования в цементной промышленности Таджикистана требует комплексного исследования геохимиков, геоэкологов и химиков-аналитиков. Только совместными усилиями специалистов смежного профиля можно снизить до допустимых пределов отрицательное влияние цементной промышленности на водные ресурсы Таджикистана и превратить ее в безвредное производство.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаев А.Я. Экологические основы строительного производства / А.Я. Гаев. -Свердловск, 1990. –С. 180.
2. Гигиенические требования к охране поверхностных вод // Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00. -М.: Стандарт, 2010. -С.16.
3. Методика расчета предельно - допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты сточными водами. – М.: 1990. –С. 113с.
4. Мироненко В.А. Проблемы гидрогеоэкологии / В.А. Мироненко, В.Г. Румынии. В 3 т. -М.: Изд-во Моск. гос. гор. ун-та, 1998. Т. 1. - 611 с.
5. Промышленная экология. -М.: Гардарики, 2002.- 687 с:
6. Яковлев С. В. Экология и строительство / С.В. Яковлев. -М.: Стройиздат, 1997.-241 с.

#### К ПРОБЛЕМЕ ОХРАНЫ ВОД В ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТАДЖИКИСТАНА И ОРГАНИЗАЦИИ ВОДООХРАННЫХ МЕР

Цементная промышленность Таджикистана относится к крупным загрязнителям окружающей среды, особенно водной среды. Процесс производства цемента приводит к изменению физического, химического состава поверхностных и подземных вод, нарушению их гидрогеологических условий. Для охраны вод следует принимать специальные меры: соорудить действенные водоохраные сооружения, восстановить узлы оборотного водоснабжения, использовать только сухой способ помола клинкера.

**Ключевые слова:** Таджикистан, цементная промышленность, выбросы, водная сфера, геоэкология, охрана окружающей среды.

#### ABOUT OF WATER SAVE PROBLEMS IN CEMENT INDUSTRY OF TAJIKISTAN AND ORGANIZATION OF WATER PROTECTION ARRANGEMENTS

The cement industry of Tajikistan is one of the large pollutants of environment, particularly waterworks. The process of cement production brings about change physical, chemical composition surface and underground waters, breach their hydrogeological conditions. To protection of water follows to take special measures: build effective watersave system, restore the nodes of the circulating water-supply, use only dry method of the routine of furnace.

**Key words:** Tajikistan, cement industry, water, wastewater, geocology, save the environment.

**Сведения об авторах:** *Ш.Ф. Валиев* - кандидат геолого-минералогических наук, доцент геологического факультета Таджикского национального университета. Телефон: **934-23-11-52**

*Ш.А. Бахриева* – старший преподаватель геологического факультета ТНУ. Телефон: **934-29-57-93**



## **МЕРОПРИЯТИЯ ПО СВЕДЕНИЮ К МИНИМУМУ УЩЕРБА ОТ ЭРОЗИОННО-ОПОЛЗНЕВЫХ И ПРОСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЯВАНСКОЙ ДОЛИНЫ)**

*М.Т. Гайратов*

**Таджикский национальный университет**

Таджикистан – типично горная страна по своему рельефу и относится к районам с интенсивным развитием геодинамических процессов, среди которых явно выделяются селевые и оползне-эрозионные процессы и явления.

При оценке устойчивости оползней необходимо учитывать всё многообразие причин их образования и условий, этому способствующих. Причинами образования оползней могут быть климатические условия, топографические особенности склона, геологическая структура и инженерно-геологические свойства пород, режим грунтовых вод и гидрогеологические особенности водотоков, смывающих данный склон, человеческая деятельность при освоении склоновых земель под сельскохозяйственные культуры, строительство автомобильных дорог путём подрезки и ослабления склона и т.п.

Известно, что адырные и приадырные земли, составляющие большую территорию Таджикистана в своём естественно-природном состоянии имеют высокий коэффициент устойчивости, (более трёх), что объясняется относительно незначительной величиной природной влажности грунтов покровных отложений. В результате хозяйственной деятельности человека дополнительно увлажняются склоны, уничтожается естественная растительность, изменяется напряженное состояние грунтов, снижается их устойчивость и всё это нередко приводит к отрицательным последствиям.

В республике число зарегистрированных оползней достигает более 5000, 600 из которых являются особо опасными. Особо опасные оползневые массивы располагаются в основном, по бассейнам малых и больших рек, над населенными пунктами и народнохозяйственными объектами или в непосредственной близости от них [3].

Самое широкое распространение в Таджикистане имеют оплывины и оползни-потоки, в сумме составляя более 60%.

В качестве защитных мероприятий в борьбе с оползневыми явлениями можно предложить:

-регулирование поверхностного стока с целью уменьшения или исключения увлажнения горных пород на оползневом участке дождевыми и талыми водами посредством планировки поверхности оползня, и прилегающих к нему территории с устройством системы поверхностных водоотводов и лесомелиоративных работ;

-перераспределение масс горных пород с целью обеспечения устойчивости оползня путем срезки в активной части оползня и отсыпки его в пассивной (подошвенной);

-закрепление масс горных пород подпорными и анкерными сооружениями, врезаемыми в плотные слои горных пород ниже поверхности скольжения, и служащими для придания устойчивости оползня на сдвиг и опрокидывание;

-освоение крутых склонов при необходимости крутизной, превышающей угол сдвига в водонасыщенном состоянии, посредством посадки деревьев в лунки без нарушения природного рельефа;

-особоопасные оползневые массивы целесообразно «уполаживать» до линии естественного откоса в водонасыщенном состоянии.

На начало 2012 года площадь орошаемых земель в республике составила 743 тыс. га, а площадь земель, подверженных ирригационной эрозии 260 тыс.га.

Различают плоскостной смыв почв и линейную овражную эрозию.

Рост и развитие эрозии зависит от комплекса природных и ирригационно-хозяйственных факторов, сочетание которых определяет интенсивность эрозии. Если для интенсивного развития ирригационной эрозии (плоскостного смыва почв) главную роль играет крутизна поверхности и несоблюдение техники и нормы поливов, то для развития овражной эрозии, наряду с перечисленными добавляются ещё и несоблюдение правил сброса воды, неправильное размещение водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети и т.п.

При уклонах поверхности менее 0.05 (например для условий Яванской долины) овражная эрозия в естественных условиях практически не развивается, а при уклоне более 0.10 наиболее благоприятно развиваются эрозионные процессы.

Почти повсюду по береговой зоне сбросная вода направляется по водоотводящим трубам или лоткам, концы которых не доведены до уровня местного базиса эрозии. Кроме того, сброс большого количества оросительной воды производится по «висячим» отрицательным формам рельефа. Вышеназванные нарушения в проведении поливов и отвода оросительной воды являются главными причинами интенсивного развития овражной эрозии.

Исследования, проведённые в Яванской долине показали, что среднегодовой прирост оврагов в длину, в пересчёте на одну овражную вершину, составил 14.5 м, при максимальном значении –72.4 м. Среднегодовой прирост оврагов в ширину 3.6м, при максимальном –16.7м.

Всего в Яванском районе вдоль р.Явансу до освоения (1968 г) было 24 оврага, общей длиной 11.7 км, а после освоения образовалось свыше 340 оврагов, общей протяженностью 51.7 км.

Схемой инженерной защиты территорий Таджикистана от опасных геологических процессов в качестве противоэрозионных мероприятий предусмотрено: на площади 800 тыс.га проведение агротехнических, на 300 тыс.га лесомелиоративных и на 100 тыс. га гидротехнических мероприятий.

Следует отметить, что рост оврагов на орошаемых землях происходит намного быстрее, чем в естественных условиях. Так если среднегодовой линейный прирост естественных оврагов составляет 7.5 м, то ирригационных – 58.0 м.

Анализ и обобщение большого материала исследований и наблюдений, проведённых различными исследователями на площади 1694 га уже упомянутой Яванской долины, ограниченными реками Явансу, Кайнарсай и Чартасай показывают на увеличение плотности оврагов во времени (табл.) [2].

**Таблица 1. Плотность оврагов**

Эрозия	Годы наблюдения		
	1973	1982	1991
поверхностная	1326 га	1232 га	1288 га
1-10 единиц/км <sup>2</sup>	137 га	110 га	40 га
10-20 единиц/км <sup>2</sup>	108	45	45
20-30 единиц/км <sup>2</sup>	34	71	126
30-40 единиц/км <sup>2</sup>	38	50	70
40-50 единиц/км <sup>2</sup>	44	48	-
50-60 единиц/км <sup>2</sup>	7	88	125

Из таблицы видно, что со временем плотность оврагов имеет тенденцию к увеличению. Так, если до ирригационного освоения Яванского района плотность оврагов составляла до

одной единицы на кв. км., то после освоения эта величина на некоторых участках (например, около пос. Азимабад, Киргизабад, Тагайабад и другие) достигла 40 единиц и более на один кв.км.

Прогноз и экстраполяция результатов фактических данных (фотоснимки, карты и другие) о динамике оврагообразования показывают, что при ныне существующих способах поливного земледелия и эксплуатации оросительно-дренажных систем в перспективе из общей площади орошаемых земель Яванской долины 30-35% могут выйти из сельскохозяйственного оборота.

Учитывая вышеприведенные данные и в целях уменьшения степени отрицательного воздействия в качестве первоочередных противозэрозионных мероприятий можно предложить:

- строго соблюдать нормы отчуждения вдоль берегов рек и саев в зависимости от их глубины. Необходимая ширина полосы отчуждения должна быть не менее трёхкратной глубины рек и саев;

- строго упорядочить сбросы ирригационных вод посредством водосборно-сбросной сети и довести отметки конечных сбросов до уровня местного базиса эрозии;

- шире использовать достижения науки и инженерной мысли в производстве.

- вывести из зоны отчуждения жилые и хозяйственные постройки;

- строго подходить к подбору оптимальных элементов техники полива и способов орошения для конкретных инженерно-геологических, почвенно-мелиоративных и других условий: капельное орошение, дождевание и другие. Применять новейшие достижения в технологии бороздкового полива (уплотнённые, зигзагообразные и другие борозды).

Приведенные материалы могут быть использованы при освоении новых земель в пределах горных территорий с мощным лёссовым покровом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмадов Х.М. Овражная эрозия в Таджикистане: автореф. канд. дисс. / Х. М. Ахмедов. -М.: МГУ, 1980.
2. Саттаров М.А. Исследование эрозионно-оползневых процессов с целью их предотвращения в бассейне р. Явансу: сб. докладов респ. сем. «проблемы селевых и оползневых явлений, освоение и использование новых земель в горных районах» / М.А. Саттаров, О.К. Комилов, Х.М. Ахмадов. –Душанбе: МООС РТ, 1993, -С. 118-143.
3. Сквалецкий Е.Н. Инженерно-геологическое прогнозирование и охрана природной среды / Е.Н. Сквалецкий. –Душанбе: «Дониш», 1988, -С. 260.

#### МЕРОПРИЯТИЯ ПО СВЕДЕНИЮ К МИНИМУМУ УЩЕРБА ОТ ЭРОЗИОННО-ОПОЛЗНЕВЫХ И ПРОСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЯВАНСКОЙ ДОЛИНЫ)

В данной работе на примере Яванского района рассматриваются вопросы устойчивости лёссовых грунтов к эрозии, оползням и просадочным явлениям. Приводится в качестве примера ряд мероприятий направленных на минимизацию ущерба от этих природных явлений.

**Ключевые слова:** эрозия, оползень, деформация, просадка, подрезка, порода, земля, грунт, лунка, река, дождь, овраг.

#### MEASUREMENTS ON COMING TO MINIMIZE DAMAGE FROM THE EROSION-LANDSLIP AND SEDIMENTARY DEFORMATION OF LOESS SOIL (ON THE EXAMPLE OF YAVAN VALLEY)

This work is considered questions of stability of loessial soil to erosion on the example of Yavan region, landslides and the landing phenomena. A number of actions directed on damage minimization from these natural phenomena are given as an example.

**Key words:** erosion, landslide, deformation, sag, undercutting, breed, earth, soil, hole, river, rain, ravine.

**Сведения об авторе:** *М.Т. Гайратов* – старший преподаватель, и.о. заведующего кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии ТНУ. E-mail: [malikdod@mail.ru](mailto:malikdod@mail.ru)

## МУНДАРИЧА – СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА ВА ИНФОРМАТИКА

<b>ОБ ОДНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАДАЧЕ</b> <i>Р. Мустафокулов</i> .....	3
<b>МАЪНИДОДКУНИИ МУОДИЛАҲОИ АЛГЕБРАВӢ ВА МЕТОДИКАИ ҲАЛЛИ ОНҲО</b> <i>Ш. Туманова, С. Ақобирова</i> .....	8
<b>ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ</b> <i>М.К. Юнуси, Ч.Т. Ганиев</i> .....	17
<b>ОБ ОДНОМ ИНТЕГРАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ ПЕРВОГО РОДА</b> <i>Х. Ниматов, М.Х. Ниматова</i> .....	22
<b>О ТЕОРЕМЕ ЛИУВИЛЛЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ</b> <i>Д.С. Сафаров, Г.М. Мисоқов</i> .....	28
<b>КАЧЕСТВЕННЫЙ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЗАНЯТОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ СОДРУЖЕСТВА НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ И В НЕКОТОРЫХ СТРАНАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА</b> <i>Р.К. Раджабов, Дж.З. Мухиддинова</i> .....	33
<b>РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ВИБРОВАЛЬЦА С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ</b> <i>Х.Н. Курбонов, Р.Т. Баратов</i> .....	39
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБ В БИОПРУДАХ</b> <i>М.Х. Ниматова, С.А. Одинаева</i> .....	43
<b>ПЕРЕОПРЕДЕЛЕННЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ ТРЕХ УРАВНЕНИЙ С ОДНОЙ ВНУТРЕННЕЙ И ДВУМЯ ГРАНИЧНЫМИ СВЕРХ СИНГУЛЯРНЫМИ ОБЛАСТЯМИ</b> <i>Р. Хусаинов</i> .....	48
<b>О КАЧЕСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ЭКОСИСТЕМ ЗАПОВЕДНИКА «РОМИТ»</b> <i>А. Одинаев, М. Юнуси</i> .....	53
<b>О ФУНКЦИИ ГРИНА ОДНОЙ НЕСТАНДАРТНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ</b> <i>С. К. Солиев</i> .....	60
<b>НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЕКТОРЫ РЕШЕНИЙ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ПРАВЫМИ ЧАСТЯМИ</b> <i>К.С. Шакарбеков</i> .....	66
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОТЕНЦИАЛА ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ОБРАЗОВАННОСТИ</b> <i>М.К. Юнуси, М.А. Югай</i> .....	70

### ФИЗИКА ВА ТЕХНИКА

**НЕКОТОРЫЕ КОЛЛЕКТИВНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛАХ**

<i>Х.О. Абдуллоев, Х.Р. Шарипов, Ф.К.Рахимов .....</i>	74
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ И ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ В ВОДАХ НЕКОТОРЫХ ЛЕЧЕБНЫХ ИСТОЧНИКОВ ТАДЖИКИСТАНА</b>	
<i>С. Шухиев, Б.И. Махсудов.....</i>	79
<b>НЕЛИНЕЙНЫЙ ФОТОАКУСТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК В ДВУХСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦАХ С ОБЪЕМНЫМ ПОГЛОЩЕНИЕМ ОБОИХ СЛОЕВ: II. ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ФОТОАКУСТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ</b>	
<i>Т.Х. Салихов, Ю.П. Ходжаев, Ф.Х., Хакимов, Ф.К.Рахимов .....</i>	83
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ</b>	
<i>Ш. Туйчиев, А. Мухамад, Ш. Акназарова, Л. Туйчиев, Д. Рашидов.....</i>	89
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛЕНОК CdTe ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНЫМ НАПЫЛЕНИЕМ В КВАЗИЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ПОДЛОЖКАХ</b>	
<i>Н. Султонов, А.Т. Ақобирова, Р.Б. Хамрокулов, С.Ш. Ахмедов.....</i>	91
<b>ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ И СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНЕНИЙ <math>R_3Sb_5O_{12}</math> (R = Gd, Pr, Nd, Er)</b>	
<i>М.Ф.Умаров, А.К.Ходжибаев, К.С.Козиев.....</i>	96
<b>ВЛИЯНИЕ КВАНТОВ УФ- СВЕТА РАЗНОЙ ЭНЕРГИИ НА СВЕТОСТОЙКОСТЬ ПОЛИСТИРОЛА</b>	
<i>Т.Б. Бобоев, Ф.Х. Истамов, С.Дж. Гафуров, Дж.Г. Шарипов.....</i>	101
<b>ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТОАКУСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЗВУКОВ В СВЕРХТЕКУЧЕМ ГЕЛИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОСТРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА</b>	
<i>Т.Х.Салихов, С.К. Лейла Бехруз, Ф.Х., Хакимов .....</i>	105
<b>ПОРЯДОК СКОРОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ ПРИ ФИЛЬТРАЦИОННОМ ГОРЕНИИ ГАЗОВ</b>	
<i>Б.Дж. Гулбоев.....</i>	110
<b>ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЦИОНАРНОЙ ВОЛНЫ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ</b>	
<i>М.М. Кабилов, И.Х. Халимов, Б.Дж. Гулбоев.....</i>	116
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО МОДЕЛЯМ CCC-EQ И GFDL-TR</b>	
<i>Н.Б. Курбонов.....</i>	122
<b>ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК Фуллереновой сажи на структуру, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА АКРИЛОВОЙ ПЛАСТМАССЫ</b>	
<i>А.З. Абдурахмонов, Д. Шерматов, Д. Рашидов, Ш. Туйчиев, Ш. Акназарова.....</i>	129
<b>ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА <math>n^+ - p</math> И <math>n^+ - p - p^+</math> СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ЛИТОГО ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ</b>	
<i>Ф.С. Абдураззаков, С.З. Зайнабидинов, Б.М. Абдурахманов, Л.А. Олимов, З.Н. Аладьина, А.Л. Кадыров, В.Т. Сидиков.....</i>	131
<b>ВОЗБУЖДЕНИЕ ВОЛН ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЗВУКОВ В СВЕРХТЕКУЧЕМ</b>	

РАСТВОРЕ $He^3$ - $He^4$ ГАРМОНИЧЕСКИ МОДУЛИРОВАННЫМ И ГАУССОВЫМ ИМПУЛЬСАМИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ЭЛЕКТРОСТРИКЦИОННОГО МЕХАНИЗМА <i>Т.Х.Салихов, С. К. Лейло Бехруз, Ф.Х., Хакимов</i> .....	135
ВЛИЯНИЕ УФ-И ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ХЛОПКОВЫХ ВОЛОКОН <i>З.А. Додобоев, М.Шерматов, С.Ш. Ахмедов, С.Н.Каримов,</i> .....	141
УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ <i>Б.А.Аминов, Дж.Б.Аминов, Х.М.Маджидов</i> .....	146
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ СЕМЕЙСТВА $R_3Sb_5O_{12}$ (R=Gd,Pr,Nd,Er) <i>М.Ф.Умаров, А.К.Ходжибаев, К.С.Козиев</i> .....	150
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОЛЕКУЛ ВОДЫ В ЭРИТРОЦИТЕ КРОВИ <i>С.Б. Идиев., П.Е. Егизбеков, С.Ш. Ахмедов</i> .....	156
МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКО - ЧИСТОГО МАГНИЯ <i>Б.А. Аминов, Дж.Б. Аминов, Ю.А. Рыбин</i> .....	160
АППРОКСИМАЦИИ ФРОНТА И ПОПЕРЕЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ЯДЕР С ЭНЕРГИЕЙ 1 ПЭВ НА ВЫСОТЕ 4250М НАД УРОВНЕМ МОРЯ <i>С.З. Латипова</i> .....	165
<b><u>ХИМИЯ ВА БИОЛОГИЯ</u></b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АКТИВИРОВАННЫХ ЭФИРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА ПЕПТИДНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ <i>М.З. Кодиров, Ш.Х. Халиков</i> .....	169
КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗА С БЕНЗИМИДАЗОЛОМ И ДИБАЗОЛОМ <i>У.Р. Раджабов, С.Г. Ёрмамадова, Р.Н. Рахимова</i> .....	172
ДИНАМИКА pH МОЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ЕЁ НУКЛЕАЦИИ В НОРМЕ И У БОЛЬНЫХ НЕФРОЛИТИАЗОМ <i>Х.С. Сафаров, Х.Ш. Джураев, К.Х. Хайдаров, А.А. Саидов, С.А. Азимова</i> .....	175
ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ $CaSO_4$ - $CaCO_3$ - $Ca(HCO_3)_2$ - $H_2O$ ПРИ 25°C <i>М.Т. Джумаев, Л. Солиев, Ш.Х. Авлоев</i> .....	178
КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ХЛОРИДОВОЗГОНКИ КОНЦЕНТРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧОРЕ <i>Ш.Р. Самихов, З.А. Зипченко</i> .....	181
РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ В ГИССАРСКОЙ ДОЛИНЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ПЛАТАНА ВОСТОЧНОГО ( <i>Platanus orientalis L.</i> ) <i>Дж.М. Бобокалонов, Г.Н. Эргашева, А.Р.Ишбирдин</i> .....	185
РОЛЬ МЕДИОДОРСАЛЬНОЙ КОРЫ ПЕРЕДНЕГО МОЗГА В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СЛОЖНЫХ ФОРМ ПОВЕДЕНИЯ У РЕПТИЛИЙ	

<i>П.Дж. Мусоева, М.Б. Устоев.....</i>	<i>190</i>
<b>РОЛЬ УФР И ФАР В ФОРМИРОВАНИИ АРХИТЕКТУРЫ ПОБЕГА И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ</b>	
<i>Р.Г. Забиров.....</i>	<i>195</i>
<b>МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ К РАЗРАБОТКЕ НОВОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА ДЛЯ НУТРИЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ БАЗИСНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ</b>	
<i>Торгаутов Асхат Серикович.....</i>	<i>200</i>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРУЛЫ ВОНЮЧЕЙ В ДРЕВНЕ-ТРАДИЦИОННОЙ И НАРОДНОЙ МЕДИЦИНЕ</b>	
<i>Т.М. Зубайдова, Дж.Н. Джамшедов, М. Ходжيماتов, М.Н. Назаров, С.Д. Исупов, И.А. Загребельный, Н.Ю. Самандаров, П.Ш. Сухробов.....</i>	<i>204</i>
<b>ОБЩАЯ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВИЦЕННОВСКИХ АНТИДИАБЕТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ</b>	
<i>М.У. Шарофова, Ю.Н.Нуралиев.....</i>	<i>212</i>
<b>СРАВНИТЕЛЬНАЯ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЗУБНОГО РЯДА У БОЛЬНЫХ С СОПУТСТВУЮЩЕЙ СОМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ</b>	
<i>С.К. Сабуров, А.Р. Зарипов, Г.Г. Ашууров.....</i>	<i>221</i>
<b>СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВОЛОС ЮНОШЕЙ ГИССАРСКОЙ И ВАХШСКОЙ ДОЛИНЫ</b>	
<i>В.В. Николаева, М.Ё. Холбегов, М.Б. Устоев, О.А. Ризоева .....</i>	<i>225</i>
<b>КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЁННЫХ ФОРМ КАРИЕСА ЗУБОВ У БОЛЬНЫХ С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ СОМАТИЧЕСКИМ ФОНОМ</b>	
<i>Н.Г. Тураев, А.А. Исмоилов.....</i>	<i>228</i>
<b>ЖЕЛЧЕГОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ ФЕРУСИНО-G И ФЕРУСИНО-R В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА ФОНЕ ТОКСИЧЕСКОГО ГЕПАТИТА</b>	
<i>Дж. Бобоев, Х.К. Холов, С.А.Авезов.....</i>	<i>231</i>
<b>СЕЗОННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ МИЗИД - <i>PARAMYSIS LACUSTRIS</i> ИЗ КАЙРАККУМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА</b>	
<i>М.М. Алибаева.....</i>	<i>237</i>
<b>ВЛИЯНИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ г. ГЕРАТА ИРА</b>	
<i>А. Рашид, М.Б. Устоев.....</i>	<i>241</i>
<b>ПРЕСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУМАХА ДУБИЛЬНОГО - <i>RHUS CORIARIA L.</i> В НАРОДНОЙ И НАУЧНОЙ МЕДИЦИНЕ</b>	
<i>Дж. Алишов, А. Халимов.....</i>	<i>244</i>
<b>О НОВЫХ СОРТАХ КАРТОФЕЛЯ В ТАДЖИКИСТАНЕ</b>	
<i>К. Партоев.....</i>	<i>247</i>
<b>ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ОРИГИНАЛЬНОЙ МАЗИ КОМБИНИРОВАННОГО СОСТАВА С ЭФИРНЫМ МАСЛОМ ИССОПА ЗЕРАВШАНСКОГО</b>	
<i>И.С. Гулмуродов, А.В. Зайченко, Е.В. Гладох.....</i>	<i>249</i>

**РАЗРАБОТКА НА ОСНОВЕ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА НОВОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА ДЛЯ НУТРИЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ БАЗИСНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ**  
*Торгаутов Асхат Серикович.....* 254

**РОЛЬ НЕЙРОПЕПТИДА ДЕРМОРФИНА (ДМ) В ПРОЦЕССАХ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ВНД) (ВНД У УШАСТОГО ЕЖА (*Hemiechinus auritus*))**  
*М.Ё. Холбегов, М.Б. Устоев, С.А. Хакимов.....* 259

**НАХОЖДЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЧЕТЫРЕХ РОДОВ ЖУКОВ СТАФИЛИНИД *PAEDERUS*, *DELEASTER*, *OTHIUS* И *RUGILUS* (COL., СТАРН.) ИЗ ТАДЖИКИСТАНА**  
*А.Х. Кадыров, Д.Ш. Якубова, Х.Р. Дадабаев.....* 263

### ГЕОЛОГИЯ

**РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**  
*М.Т. Гайратов, Х.Р. Исайнов, К.А. Сафаров.....* 267

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ РТУТНО – СУРЬМЯНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ СУРЬМУСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА И ПАМИРА**  
*К.В. Вазиров.....* 272

**ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АМФИБОЛСОДЕРЖАЩИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЩЕЛОЧНЫХ БАЗИТАХ ЮЖНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ**  
*Ф.А. Малахов, В.С. Лутков.....* 277

**К ПРОБЛЕМЕ ОХРАНЫ ВОД В ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТАДЖИКИСТАНА И ОРГАНИЗАЦИИ ВОДООХРАННЫХ МЕР**  
*Ш.Ф. Валиев, Ш.А. Бахриева.....* 282

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО СВЕДЕНИЮ К МИНИМУМУ УЩЕРБА ОТ ЭРОЗИОННО-ОПОЛЗНЕВЫХ И ПРОСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЯВАНСКОЙ ДОЛИНЫ)**  
*М.Т. Гайратов.....* 289



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В научном журнале «Вестник Таджикского национального университета» печатаются статьи, содержащие результаты научных исследований по естественным, гуманитарным и экономическим наукам.

При направлении статьи в редколлегию авторам необходимо соблюдать следующие правила:

Размер статьи не должен превышать 10 страниц компьютерного текста, включая текст, таблицы, библиографию, рисунки и тексты аннотаций на таджикском, русском и английском языках.

Статья должна быть подготовлена в системе Microsoft Word. Одновременно с распечаткой статьи сдается электронная версия статьи. Рукопись должна быть отпечатана на компьютере (гарнитура Times New Roman Tj 14, формат А4, интервал одинарный, поля: верхнее - 3см, нижнее – 2,5см, левое – 3см, правое – 2см; ), все листы статьи должны быть пронумерованы.

Сверху страницы по центру листа указывается название статьи, ниже через один интервал инициалы и фамилии автора (авторов). Ниже название организации, адрес, e-mail. Далее через строку следует основной текст. В конце статьи приводятся ключевые слова (до 10 слов).

Ссылки на цитируемую литературу даются в квадратных скобках, например [1]. Список литературы приводится общим списком после ключевых слов (под заголовком «литература») в порядке упоминания в тексте.

Научные статьи, представленные в редакцию журнала, должны иметь направление учреждения, экспертное заключение и отзыв специалистов о возможности опубликования.

Плата за опубликование рукописей аспирантов не взимается.

Редколлегия оставляет за собой право производить сокращения и редакционные изменения статьи. Статьи, не отвечающие настоящим правилам, редколлегией не принимаются.

Масъули чоп: **М. Ибодова**  
Масъули бахши илмҳои табиӣ: **Д. Назарова**  
Мухаррирон: **И. Ҳакимова, Ш. Абдуллоева**

Ответственный редактор: **М. Ибодова**  
Редактор серии естественных наук: **Д. Назарова**  
Редакторы: **И. Хакимова, Ш. Абдуллоева**

ДМТ, ш. Душанбе, хиёбони Рӯдакӣ, 17, бинои асосӣ, устои 37  
ТНУ, г. Душанбе, проспект Рӯдаки, 17, главный корпус, каб. 37

Тел: 227-74-41 E-mail: [vestnik-tnu@mail.ru](mailto:vestnik-tnu@mail.ru)

Сайт ТНУ: [www.tnu.tj](http://www.tnu.tj)