

ISSN 2308-4804

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal

№ 1 (53), 2018, Vol. I

Founder and publisher: Publishing House «Scientific survey»

The journal is founded in 2013 (September)

Volgograd, 2018

UDC 53:51+54+67.02+93:902+551
LBC 72

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal, № 1 (53), 2018, Vol. I

The journal is founded in 2013 (September)
ISSN 2308-4804

The journal is issued 12 times a year

The journal is registered by Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications.

Registration Certificate: III № ФС 77 – 53534, 04 April 2013

Impact factor of the journal «Science and world» – 0.325 (Global Impact Factor 2013, Australia)

EDITORIAL STAFF:

Head editor: Musienko Sergey Aleksandrovich

Executive editor: Manotskova Nadezhda Vasilyevna

Lukienko Leonid Viktorovich, Doctor of Technical Science

Borovik Vitaly Vitalyevich, Candidate of Technical Sciences

Dmitrieva Elizaveta Igorevna, Candidate of Philological Sciences

Valouev Anton Vadimovich, Candidate of Historical Sciences

Kislyakov Valery Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences

Rzaeva Aliye Bayram, Candidate of Chemistry

Matvienko Evgeniy Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences

Kondrashihin Andrey Borisovich, Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences

Authors have responsibility for credibility of information set out in the articles.

Editorial opinion can be out of phase with opinion of the authors.

Address: Russia, Volgograd, Angarskaya St., 17 «G»

E-mail: info@scienceph.ru

Website: www.scienceph.ru

Founder and publisher: Publishing House «Scientific survey»

УДК 53:51+54+67.02+93:902+551
ББК 72

НАУКА И МИР

Международный научный журнал, № 1 (53), 2018, Том 1

Журнал основан в 2013 г. (сентябрь)

ISSN 2308-4804

Журнал выходит 12 раз в год

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77 – 53534 от 04 апреля 2013 г.**

Импакт-фактор журнала «Наука и Мир» – 0.325 (Global Impact Factor 2013, Австралия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Мусиенко Сергей Александрович

Ответственный редактор: Маноцкова Надежда Васильевна

Лукиенко Леонид Викторович, доктор технических наук

Боровик Виталий Витальевич, кандидат технических наук

Дмитриева Елизавета Игоревна, кандидат филологических наук

Валуев Антон Вадимович, кандидат исторических наук

Кисляков Валерий Александрович, доктор медицинских наук

Рзаева Алия Байрам, кандидат химических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Кондрашихин Андрей Борисович, доктор экономических наук, кандидат технических наук

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Адрес редакции: Россия, г. Волгоград, ул. Ангарская, 17 «Г»

E-mail: info@scienceph.ru

www.scienceph.ru

Учредитель и издатель: Издательство «Научное обозрение»

CONTENTS

Physical and mathematical sciences

<i>Blinov A.P.</i> ON THE MOTION OF THE BUNDLE OF BODIES IN CENTRAL FORCE FIELD	8
<i>Daliev Sh.Kh.</i> THE FORMATION OF THE DEFECTIVE CENTERS IN SILICON, DOPED BY THE TITANIUM	15
<i>Zhalolova P.M.</i> THE PLOTTING OF THE ATOM ORBIT USING THE MAPLE PROGRAM	19

Chemical sciences

<i>Aubakirova R.A., Mukazhanova Zh.B., Afanasenkova I.V.</i> THE ANALYSIS OF AIR IN UST-KAMENOGORSK ON THE CONTENT OF PHENOL AND FORMALDEHYDE FOR THE PERIOD FROM 2007 TO 2016	23
<i>Baykenov M.I., Musina G.N., Zhaslan R.K.</i> RESEARCH OF INFLUENCE OF IRON PARTICLES SIZE ON THE FRACTIONAL YIELD UP TO 200 °C AND 200-300 °C IN THE COURSE OF CATALYTIC AND HYDRODYNAMIC AND HYDROGENATION IMPACT ON PRIMARY COAL TAR	27
<i>Baykenov M.I., Khalikova Z.S., Kochegina E.V., Karimova A.B., Absat Z.B., Rakhimzhanova N.Zh., Khalitova A.I., Ismailov Zh.T., Mukhtar A.A., Baykenova G.G., Musina G.N., Zhaslan R.K.</i> CAVITATIONAL AND CATALYTIC PROCESSING OF HEAVY HYDROCARBONIC RAW MATERIALS IN THE PRESENCE OF NANOCATALYTIC ADDITIVE α -Fe ₂ O ₃ /SiO ₂	30

Technical sciences

<i>Amirov Fikrat A., Amirova Aybaniz M., Amirov Elnur F.</i> TOM'S EFFECT IN HYDRAULIC SYSTEMS AND THE MAXIMUM EFFICIENCY FOR PUMPS WITH DIFFERENT SPEED COEFFICIENTS	37
<i>Kadnikova O.Yu., Alтынbaeva G.K., Aydarkhanov A.M., Shaldykova B.A., Uspanova S.S.</i> EFFECTIVE WAY OF REUSABLE YARN PROCESSING	40
<i>Poshanov R.T.</i> MODELING THE ROLLING PROCESS KINEMATICS OF METAL WITH THE AIM OF ESTABLISHING THE PATTERN OF VELOCITY DISTRIBUTION OF THE STRIP IN THE DEFORMATION ZONE	43
<i>Solomanichev M.A.</i> THE WAY TO SOLVE THE PROBLEM OF AXIAL WINDING DENSITY STABILIZATION OF THE FABRIC INTO A ROLL IN THE DESIGN OF CONTROL SYSTEMS OF ELECTRIC DRIVES OF BATCHING MACHINES USED IN THE FINISHING PRODUCTION OF THE TEXTILE INDUSTRY	46
<i>Egamberdiyev B.E., Rakhmanov A.T., Rozikov S.</i> THE INFLUENCE OF THERMAL ANNEALING ON THE ION-IMPLANTED ATOMS STATE OF Mn IN Si	52
<i>Egamberdiyev B.E., Rakhmanov A.T., Mallayev A.S., Rozikov S.</i> RESEARCH BY METHOD OF RUTHERFORD BACKSCATTERING DISTRIBUTION OF ION-IMPLANTED ATOMS OF Fe IN Si	57

Historical sciences and archeology

Bazarbaev R.Zh.

ANALYSIS OF POWER STRUCTURES AND MANAGERIAL
HUMAN RESOURCES OF THE AMU DARYA DEPARTMENT IN 1917-1920 YEARS 61

Yarkulov A.A.

HOUSEHOLD OF CRAFTSMEN-CERAMISTS OF YARKURGAN IN VII-VIII CENTURIES 66

Earth sciences

Aydarov O.T., Uaysova M.S., Ospanova G.K.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE
OF ECOSYSTEMS IN THE KAZAKHSTAN PART OF THE ARAL REGION..... 69

Marysh L.V., Serikbaeva A.T., Baitanaev O.A.

THE ALMATY ZOO: GROUNDS AND PERSPECTIVES
OF INFRASTRUCTURES DEVELOPMENT 71

СОДЕРЖАНИЕ

Физико-математические науки

<i>Блинов А.П.</i> О ДВИЖЕНИИ СВЯЗКИ ТЕЛ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПОЛЕ СИЛ.....	8
<i>Далиев Ш.Х.</i> ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТНЫХ ЦЕНТРОВ В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ ТИТАНОМ	15
<i>Жалолова П.М.</i> ИЗОБРАЖЕНИЕ ОРБИТЫ АТОМА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ MAPLE	19

Химические науки

<i>Аубакирова Р.А., Мукажанова Ж.Б., Афанасенкова И.В.</i> АНАЛИЗ ВОЗДУХА Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛА И ФОРМАЛЬДЕГИДА ЗА ПЕРИОД С 2007 ПО 2016 ГОДЫ.....	23
<i>Байкенов М.И., Мусина Г.Н., Жаслан Р.К.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА НА ВЫХОД ФРАКЦИИ ДО 200 °С И 200-300 °С В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО И ГИДРОГЕНИЗАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕРВИЧНУЮ КАМЕННОУГОЛЬНУЮ СМОЛУ	27
<i>Байкенов М.И., Халикова З.С., Кочегина Е.В., Каримова А.Б., Абсат З.Б., Рахимжанова Н.Ж., Халитова А.И., Исмаилов Ж.Т., Мухтар А.А., Байкенова Г.Г., Мусина Г.Н., Жаслан Р.К.</i> КАВИТАЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЯЖЕЛОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРИСУТСТВИИ НАНОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ α -Fe ₂ O ₃ /SiO ₂	30

Технические науки

<i>Амиров Ф.А., Амирова А.М., Амиров Э.Ф.</i> ЭФФЕКТ ТОМСА В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И МАКСИМАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ НАСОСОВ С РАЗЛИЧНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ БЫСТРОХОДНОСТИ	37
<i>Кадникова О.Ю., Алтынбаева Г.К., Айдарханов А.М., Шалдыкова Б.А., Успанова С.С.</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРЯЖИ	40
<i>Пошанов Р.Т.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ МЕТАЛЛА С ЦЕЛЬЮ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПОЛОСЫ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ	43
<i>Соломаничев М.А.</i> СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОТНОСТИ ОСЕВОЙ НАМОТКИ ТКАНИ В РУЛОН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАКАТНЫХ МАШИН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОТДЕЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	46
<i>Эгамбердиев Б.Э., Рахманов А.Т., Розиков С.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕРМООТЖИГА НА СОСТОЯНИЕ ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ АТОМОВ Mn В Si	52
<i>Эгамбердиев Б.Э., Рахманов А.Т., Маллаев А.С., Розиков С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ POP ПРОФИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ АТОМОВ Fe В Si.....	57

Исторические науки и археология

Базарбаев Р.Ж.

АНАЛИЗ ВЛАСТНЫХ СТРУКТУР И УПРАВЛЕНЧЕСКИХ
КАДРОВ АМУДАРЬИНСКОГО ОТДЕЛА В 1917-1920 ГОДАХ 61

Яркулов А.А.

ХОЗЯЙСТВО РЕМЕСЛЕННИКОВ-КЕРАМИСТОВ ЕРКУРГАНА В VII-VIII ВЕКАХ..... 66

Науки о земле

Айдаров О.Т., Уайсова М.С., Оспанова Г.К.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ
ЭКОСИСТЕМ КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ АРАЛЬСКОГО РЕГИОНА 69

Марыш Л.В., Серикбаева А.Т., Байтанаев О.А.

АЛМАТИНСКИЙ ЗООПАРК: ПРЕДПОСЫЛКИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ..... 71

УДК 531.36:534.1

О ДВИЖЕНИИ СВЯЗКИ ТЕЛ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПОЛЕ СИЛ

А.П. Блинов, кандидат физико-математических наук
 Российский государственный аграрный университет –
 Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Россия

***Аннотация.** Рассматривается задача о плоском движении трех тел как материальных точек с равными массами, связанных невесомыми нерастяжимыми нитями в форме правильного треугольника, когда его центр находится близко от притягивающего центра или совпадает с последним. Задача о движении центра связки приведена к решению одного нелинейного уравнения. Это решение определяет дрейф центра связки из притягивающего центра. В случае стационарного вращения связки учитывается плотность связующих нитей и определяется их форма.*

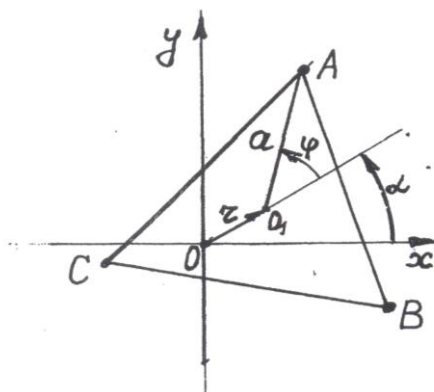
***Ключевые слова:** связка тел, поле сил, дрейф, форма равновесия нитей.*

1. Уравнения движения связки

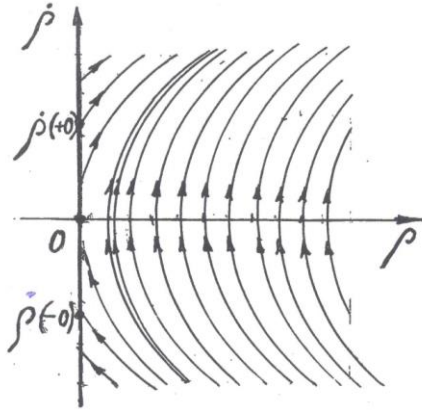
Исследования движения кольца связанных спутников посвящена глава 11 книги [2]. В ней рассмотрена динамика относительного движения спутников, связанных нерастяжимыми или упругими тросами. Составлены и решены уравнения движения кольца в линейной постановке задачи. Показана неустойчивость стационарного вращения кольца и отмечено, что можно достичь стабилизации этого вращения путем управления натяжением тросов.

Рассмотрим движение трех материальных точек (частиц) с массами m , связанных невесомыми нерастяжимыми нитями в форме правильного треугольника, в плоскости треугольника, когда неподвижный притягивающий центр находится в плоскости этого треугольника. Предполагается, что нити всегда натянуты.

В плоскости движения зафиксируем неподвижную систему координат Ox , начало которой совпадает с центром притяжения. (Фиг.1)



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Пусть r – расстояние от притягивающего центра до центра масс связки, α – полярный угол радиус-вектора r , φ – угол поворота луча, выходящего из центра масс связки в направлении к одной из частиц, относительно радиуса r , $\dot{\alpha}$ – расстояние от центра тяжести до частицы, μ – постоянная тяготения.

Кинетическая энергия и силовая функция такой системы соответственно равны.

$$T = \frac{3}{2}m[\dot{r}^2 + (r^2 + a^2)\dot{\alpha}^2 - 2a^2\dot{\alpha}\dot{\varphi} + a^2\dot{\varphi}^2] \quad (1.1)$$

$$U = \mu m(1/f_1 + 1/f_2 + 1/f_3) \quad (1.2)$$

$$f_1 = (r^2 + a^2 + 2ar \cos \varphi)^{1/2}$$

$$f_{2,3} = [r^2 + a^2 - ar(\cos \varphi \mp \sqrt{3} \sin \varphi)]^{1/2}, \quad (\dot{r} = dr/dt)$$

Используя интеграл площадей

$$b = \partial L / \partial \dot{\alpha} = 3m[-a^2\dot{\varphi} + (r^2 + a^2)\dot{\alpha}] \quad (L = T + U), \quad (1.3)$$

запишем функцию Рауса:

$$R = \frac{3}{2}m\left(\dot{r}^2 + \frac{a^2 r^2}{a^2 + r^2}\dot{\varphi}^2\right) - \frac{a^2 b}{a^2 + r^2}\dot{\varphi} + U_1, \quad U_1 = \frac{-b^2}{6m(a^2 + r^2)} + U \quad (1.4)$$

Рассмотрим движение связки вблизи от притягивающего центра, когда $r \ll a$. Введем безразмерную координату $\rho = r/a$ ($\rho \ll 1$), и безразмерное время, запишем функцию Рауса (1.4) также в безразмерном виде, умножив ее на $2a/(3m\mu)$.

$$R_* = \dot{\rho}^2 + \frac{\rho^2}{1 + \rho^2}\dot{\varphi}^2 - \frac{2b}{3m\sqrt{\mu a}(1 + \rho^2)}\dot{\varphi} + U_* \quad (1.5)$$

$$U_* = 2\left\{(1 + \rho^2 + 2\rho \cos \varphi)^{-1/2} + [1 + \rho^2 + \rho(-\cos \varphi + \sqrt{3} \sin \varphi)]^{-1/2} + [1 + \rho^2 - \rho(\cos \varphi + \sqrt{3} \sin \varphi)]^{-1/2}\right\} - \frac{b^2}{9m^2 \alpha \mu (1 + \rho^2)}, \quad \dot{\rho} = d\rho/d\tau$$

Выражения α/f_i можно понимать как производящие функции стандартизованных многочленов Лежандра [2] $(1 - 2z\rho + \rho^2)^{-1/2}$, если последовательно полагать $z = z_1 = -\cos \varphi$, $z = z_2 = (\cos \varphi - \sqrt{3} \sin \varphi)$, $z = z_3 = (\cos \varphi + \sqrt{3} \sin \varphi)$, то есть

$\alpha/f_i =$, где $P_0(z_i)=1, P_1(z_i)=z_i, P_2(z)=\frac{1}{2}(3z_i^2-1), \dots$ – полиномы Лежандра.

Ряды сходятся при $\rho < \sqrt{2} - 1$ и сумма, заключенная в фигурных скобках выражения U^* , представляется в виде

$$a(1/f_1 + 1/f_2 + 1/f_3) = 3 + (z_1 + z_2 + z_3)\rho + \frac{1}{2} [(3z_1^2 - 1) + (3z_2^2 - 1) + (3z_3^2 - 1)] \rho^2 + \frac{1}{2} [5(z_1^3 + z_2^3 + z_3^3) - 3(z_1 + z_2 + z_3)] \rho^3 + o(\rho^3).$$

Оказывается, в этом разложении до второго порядка включительно относительно ρ угол φ отсутствует. (Можно ожидать, что в случае связки в виде правильного n -угольника ($n > 3$) в разложении угол φ будет отсутствовать в слагаемых еще более высокого порядка.) Функция Рауса, выписанная с такой точностью имеет вид:

$$R^* \approx R_0 = \dot{\rho}^2 + \frac{\rho^2}{1 + \rho^2} \dot{\varphi}^2 - \frac{2b}{3m\sqrt{\mu} a(1 + \rho^2)} \dot{\varphi} - \frac{b^2}{9m^2 a \mu (1 + \rho^2)} + 6\left(1 + \frac{1}{4} \rho^2\right) \quad (1.6)$$

и для нее координата φ является циклической.

Обозначив $b_0 = \partial R_0 / \partial \dot{\varphi} = \frac{2\rho^2}{1 + \rho^2} \dot{\varphi} - \frac{2b}{3m\sqrt{\mu} a(1 + \rho^2)} = const$, найдем

$$\dot{\varphi} = \frac{b_0}{2} \frac{1 + \rho^2}{\rho^2} + \frac{b}{3m\sqrt{\mu} a \rho^2} \quad (1.7)$$

и перейдем к новой функции Рауса

$$R_{0^*} = \dot{\rho}^2 + \left(\frac{b_0^2}{4} - \frac{b^2}{9m^2 a \mu}\right) \frac{1}{\rho^2} + \frac{3}{2} \rho^2 + \left(\frac{b_0^2}{4} + 6\right) + o(\rho^2) \quad (1.8)$$

Обозначим $\frac{\mu}{2a^3} = b_1, \left(\frac{b_0^2}{4} - \frac{b^2}{9m^2 \mu}\right) = b_3$

Интеграл энергии такой усеченной системы имеет вид:

$$H = \dot{\rho}^2 + \frac{b_2}{\rho^2} - \frac{3}{2} \rho^2, \quad b_2 = \frac{b^2}{9m^2 \mu a} - \frac{b_0^2}{4} \quad (1.9)$$

($b_2 \geq 0$, по крайней мере, при малом ρ).

На уровне энергии h_0 имеем

$$\dot{\rho}^2 = h_0 + \frac{3}{2} \rho^2 - b_2 / \rho^2 \quad (1.10)$$

Особенность в нуле здесь не существенна, так как при $\rho(0) = \rho_0 = 0$ имеем $b_2 = 0$.

Из рассмотрения производной

$$d\dot{\rho} / d\rho = \pm \left(3/2 + b_2 / \rho^4\right) / \sqrt{h_0 + 3\rho^2/2 - b_2 / \rho^2} = \pm \rho \left(3/2 + b_2 / \rho^4\right) / \dot{\rho}$$

следует, что фазовые траектории пересекают ось ρ под прямым углом, а оси $\dot{\rho}$ они (при $\dot{\rho} \neq 0$) касаются. При значениях ρ близких к нулю $d^2 \dot{\rho} / d\rho^2 < 0$. Поэтому фазовые траектории при $\dot{\rho} < 0$ выпуклы вверх.

Фазовые точки в нижней полуплоскости, попадающие на ось $\dot{\rho}$ с ненулевой скоростью $\dot{\rho} (-0)$, проходят центр притяжения, изменяя циклический угол α на величину π скачком, т.е. попадают в точку $\dot{\rho} (+0)$ симметричную к $\dot{\rho} (-0)$ относительно оси ρ . В частности, фазовая точка, попавшая в притягивающий центр с нулевой скоростью, там и остается, т.е. является положением равновесия.

Решения уравнения (1.10) начинающиеся при $\rho = 0, \dot{\rho} \geq 0$ имеют вид:

$$\rho = \sqrt{b_1} \operatorname{sh}(\sqrt{3/2}t), \quad b_1 = 2h_0/3b \quad (1.11)$$

В частности, если $\dot{\rho}(0) = 0$, то $h_0 = 0$ и $\rho = 0$.

При $\rho_0 > 0$ получаем решение

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{6}} \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho^2}{\sqrt{\rho^4 + b_1 \rho^2 - b_3}} = \frac{1}{\sqrt{6}} \left[\ln \left| 2\rho^2 + b_1 + 2\sqrt{\rho^4 + b_1 \rho^2 - b_3} \right| - \ln b_4 \right]$$

$$b_4 = \left| 2\rho_0^2 + b_1 + 2\sqrt{\rho_0^4 + b_1 \rho_0^2 - b_3} \right|, \quad b_3 = 2b_2/3 \quad (1.12)$$

Разрешая (1.12) относительно ρ , получим

$$\rho = \frac{1}{2\sqrt{b_4}} e^{-\sqrt{3/2}t} \sqrt{4b_3 + b_1^2 + b_4^2 e^{4\sqrt{3/2}t} - 2b_1 b_4 e^{2\sqrt{3/2}t}} \quad (1.13)$$

Решения (1.11), (1.13) характеризуют уход центра связки от притягивающего центра.

Подставляя найденные решения для ρ в (1.7), определим $\dot{\varphi}$. После чего из интеграла (1.3) определим $\dot{\alpha}$. Таким образом, углы φ и α представляются квадратурами

Из уравнения (1.10) следует и общее решение относительно ρ

$$t = \pm \ln \left| \rho^2 + \frac{2}{9} h_0^2 + \sqrt{\rho^4 + \frac{2}{3} h_0 \rho^2 - \frac{2}{3} b_2} \right|_{\rho_0^2}^{\rho^2}, \quad \rho_0 = \rho(0) \quad (1.14)$$

Замечание. Может представлять интерес движение связки тел, когда её центр остается внутри кольца на плоскости xy радиусов a_* и a^* с центром, совпадающим с притягивающим центром, где $0 < a_* < a^* = \frac{1}{2\sqrt{3}}$. Движение центра связки внутри этого кольца исключает особую точку $\rho = 0$ и исключает совпадение контура связки с притягивающим центром. (Можно отметить, что регуляризация Зундмана уравнений в задаче трёх тел [3] здесь не приводит к цели.)

Вернемся к уравнениям Лагранжа по функции Рауса (1.5).

Введя обозначения $x_1 = \rho, x_2 = \rho', x_3 = \varphi, x_4 = \varphi'$, запишем соответствующую систему уравнений в нормальной форме

$$\begin{aligned}
 x_1' &= x_2 \\
 x_2' &= \frac{x_1}{(1+x_1^2)^2} \left(x_4 + \frac{1}{3}b_1\right)^2 - \frac{1}{6} \left\{ 2(1+x_1^2+2x_1\cos x_3)^{-3/2} (x_1+\cos x_3) + \right. \\
 &+ [1+x_1^2-x_1(\cos x_3-\sqrt{3}\sin x_3)]^{-3/2} (2x_1-\cos x_3+\sqrt{3}\sin x_3) + \\
 &\left. + [1+x_1^2-x_1(\cos x_3+\sqrt{3}\sin x_3)]^{-3/2} (2x_1-\cos x_3-\sqrt{3}\sin x_3) \right\} = 0
 \end{aligned} \tag{1.15}$$

$$\begin{aligned}
 x_3' &= x_4 \\
 x_4' &= \frac{-2x_2x_4}{x_1(1+x_1^2)} - \frac{2b_1x_2}{3x_1(1+x_1^2)} + \left\{ (1+x_1^2+2x_1\cos x_3)^{-3/2} x_1\sin x_3 - \right. \\
 &- \frac{1}{2} [1+x_1^2-x_1(\cos x_3-\sqrt{3}\sin x_3)]^{-3/2} x_1(\sin x_3+\sqrt{3}\cos x_3) - \\
 &\left. - \frac{1}{2} [1+x_1^2-x_1(\cos x_3+\sqrt{3}\sin x_3)]^{-3/2} x_1(\sin x_3-\sqrt{3}\cos x_3) \right\} = 0
 \end{aligned}$$

где $b_1 = 3[-\varphi' + (1 + \rho^2)\alpha']$

Начальные значения переменных x_i при $\tau = 0$, обозначим как x_{i0} , где $x_{10} = \alpha^* + \varepsilon$, $\varepsilon > 0$, ($\varepsilon < \alpha^* - \alpha^*$). Тогда правые части системы (1.15) разложимы в абсолютно сходящиеся ряды по степеням разности $x_1 - x_{10}$ с радиусом сходимости не менее чем ε .

Таким образом, в области G , определенной неравенствами $|x_1 - x_{10}| < \varepsilon$, $|x_2 - x_{20}| < \alpha_2$, $|x_3 - x_{30}| < \alpha_3$, $|x_4 - x_{40}| < \alpha_4$, где выбор постоянных α_2, α_4 должен быть согласован с интегралом площадей и интегралом энергии, а величину α_3 с учетом цикличности задачи по углу φ и возможности перенумерации тел в связке, можно ограничить значением $\frac{\pi}{3}$.

В области G правые части системы (1.15) аналитичны по всем переменным и, в соответствии с теоремой Коши-Пикара [3, с. 504] решение системы можно искать в виде разложений в степенные ряды по τ с радиусом сходимости τ^* , определяемым как наименьшее из отношений $\varepsilon/A_1, \alpha_2/A_2, \alpha_3/A_3, \alpha_4/A_4$. Здесь величины $A_i, i = 1, 2, 3, 4$ представляют максимальные значения по модулю первых частей системы (1.15).

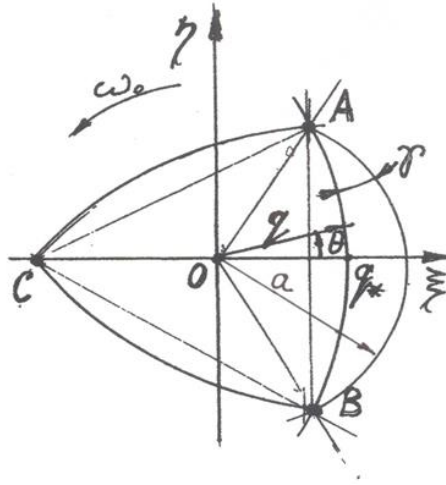
Несколько закругляя оценки (например, полагая $\alpha_3 = \pi$), получим

$$\begin{aligned}
 A_1 = \alpha_2, A_3 &\approx \alpha^* \left(\alpha_4 + \frac{1}{3}|b_1|\right)^2 + \frac{1}{6} \left[\frac{2(\alpha^*+1)}{(1-2\alpha^*)^{-3/2}} + \frac{2\alpha^*+\sqrt{3}}{(1-\sqrt{3}\alpha^*)^{-3/2}} \right] \\
 A_2 = \alpha_4, A_4 &\approx \frac{2\alpha_2\alpha_4}{\alpha_*} + \frac{2|b_1|\alpha_2}{3\alpha_*} + \frac{\alpha^*}{(1-2\alpha^*)^{3/2}} + \frac{\sqrt{3}\alpha^*}{(1-\sqrt{3}\alpha^*)^{3/2}}
 \end{aligned}$$

В стационарном движении нити будут натянуты, если скорость $\dot{\varphi}$ будет больше угловой скорости частицы без связей на кеплеровой орбите радиуса a .

2. О форме связующих нитей в стационарном вращении при учете их погонной плотности

Пусть $\theta\xi\eta$ – система координат с началом координат в притягивающем центре вращается в плоскости связки с постоянной скоростью $\dot{\varphi} = \omega_0 = \text{const}$ так, что одна из трех частиц лежит на оси ξ (Фиг.3.), а q и θ – полярные координаты.



Фиг. 3.

Предположим, что точки крепления нитей неподвижны в системе $O\xi\eta$ при любом натяжении. Для определенности рассмотрим форму нити, соединяющей точки А и В (Фиг.3).

Силу натяжения нити Ψ под действием центробежной силы и силы гравитации можно представить в виде [1]

$$\Psi = k_0 q - \mu_0 / q^2 + h_* \quad (2.1)$$

где k_0 - погонная плотность нити, умноженная на ω_0^2 , μ_0 - гравитационный параметр, h_* - постоянная величина, определяемая ниже.

Координаты точек нити определяются интегралом

$$\theta = C_0 \int_{q_*}^q \frac{dr}{r \sqrt{(k_0 r^2 + h_* r - \mu_0 / r)^2 - C_0^2}} \quad (2.2)$$

Из условия симметрии нити относительно оси ξ следует, что производная от q по θ при $\theta=0$ равна нулю. Поэтому постоянную C_0 можно выразить через h_* и $q_* = q(0)$ соотношением

$$C_0 = k_0 q_*^2 + h_* q_* - \mu_0 / q_* \quad (2.3)$$

Другое граничное условие $q(\pi/3) = a$ или

$$C_0 \int_{q_*}^a \frac{dr}{r \sqrt{(k_0 r^2 + h_* r - \mu_0 / r)^2 - C_0^2}} = \frac{\pi}{3} \quad (2.4)$$

и условие относительного равновесия связки, состоящее в том, что удвоенная проекция силы натяжения нити в точке подвеса частицы А должна равняться разности центробежной силы и силы гравитации, приложенной к частице, т.е.

$$2\Psi \left(\frac{\pi}{3} \right) \sin \gamma = m(\alpha \omega_0^2 - \mu_0 / a^2), \quad \left(\Psi \left(\frac{\pi}{3} \right) = k_0 a - \mu_0 / a^2 + h_* \right) \quad (2.5)$$

где γ - угол между окружностью $q = a$ и нитью в точках А и В, которые, с другой стороны, определяется выражением

$$\cos \gamma = \frac{q d\theta}{\sqrt{q^2 d\theta^2 + dq^2}} \Big|_{q=a} = \frac{C_0}{k_0 a^2 + h_* a - \mu_0 / a} \quad (2.6)$$

Из соотношений (2.5) и (2.6) с учетом (2.1) следует

$$C_0^2 = \alpha^2 (k_0 a + h_* - \mu_0 / a^2)^2 - \frac{1}{4} m^2 a^2 (\alpha \omega_0^2 - \mu_0 / a^2)^2 \quad (2.7)$$

Исключая отсюда C_0 посредством (2.3) при каждом значении q_* близком $q_* = \frac{1}{2}a$, получим квадратное уравнение относительно h_* , которое имеет вещественное решение, по крайней мере, при малых значениях k_0 . Перебирая разные значения q_* в окрестности $q_* = \frac{1}{2}a$ и находя соответствующие C_0 из (2.3), с определенной точностью равенство (2.4) будет выполняться. Возможны два решения (2.7). Одно из них задает выбор выпуклой нити относительно центра связки (фиг.3), другое – вогнутой. Т.е. на отрезке АВ (фиг.3) возможна бифуркация формы нити. (Если предположить, что одна из трех нитей вогнута, а другие две выпуклы (или наоборот), то равновесная форма связки возможна, но здесь она не рассматривается).

Чтобы предварительно оценить величины постоянных q_* , h_* , C_0 , можно воспользоваться случаем, когда $k_0=0$, ($\mu_0=0$). Тогда: $q_* = \frac{1}{2}a$ и

$$\frac{\pi}{3} = C_0 \int_{a/2}^a \frac{dr}{r \sqrt{h_*^2 r^2 - C_0^2}} = \arcsin \frac{2C_0}{ah_*} - \arcsin \frac{C_0}{ah_*}$$

или

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{C_0}{ah_*} \left(2 \sqrt{1 - \left(\frac{C_0}{ah_*}\right)^2} - \sqrt{1 - 4 \left(\frac{C_0}{ah_*}\right)^2} \right)$$

При $a \gg C_0 h_*$ получим $C_0 \approx \frac{\sqrt{3}}{2} ah_*$. С другой стороны из (2.7) следует, что $C_0 = a \sqrt{h_*^2 - \frac{1}{4} m^2 a^2 \omega^4}$ и $h_* \approx m a \omega^2$

Длина нити l определяется интегралом

$$l = 2 \int_{q_*}^a \sqrt{1 + q^2 (d\theta/dq)^2} dq = \int_{q_*}^a \frac{(k_0 q^2 + h_0 q - \mu_0/q) dq}{\sqrt{(k_0 q^2 + h_* q - \mu_0/q)^2 - C_0^2}}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аппель, П. Теоретическая механика. / П. Аппель – Т. I, II. – М.: Физматгиз. 1960.
2. Белецкий, В.В. Динамика тросовых систем. / В.В. Белецкий и др. – М.: Наука, 1990. – 336 с.
3. Дубошин, Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. / Г.Н. Дубошин – М.: Наука, 1964.
4. Суетин, П.К. Классические ортогональные многочлены. / П.К. Суетин – М.: Наука, 1976. – 327 с.

Материал поступил в редакцию 29.11.17.

ON THE MOTION OF THE BUNDLE OF BODIES IN CENTRAL FORCE FIELD

A.P. Blinov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow), Russia

Abstract. We consider the problem on the plane motion of three bodies as material points with equal masses, connected by weightless inextensible thread in the form of a regular triangle when the center is close to the attracting center or coincides with the latter. The problem of the motion of the center of the ligament is given to the solution of one nonlinear equation. This decision determines the drift of the center of the bunch from the attractive center. In the case of stationary rotation bundles we take into account the density of the con-describing thread and determined by their shape.

Keywords: bundle of bodies, the force field, the drift, the form of balance threads.

УДК 621.315.592

ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТНЫХ ЦЕНТРОВ В КРЕМНИИ, ЛЕГИРОВАННОМ ТИТАНОМ

Ш.Х. Далиев, доктор философии (PhD), старший научный сотрудник
Физический факультет

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека (Ташкент), Узбекистан

Аннотация. С помощью методов емкостной спектроскопии исследованы процессы дефектообразования в Si с примесью Ti. Обнаружено, что диффузионное введение примеси Ti в Si приводит к образованию трех глубоких уровней с фиксированными энергиями ионизации: $E_c-0.20$ эВ, $E_c-0.27$ эВ и $E_v+0.30$ эВ. Показано, что последние два уровня с энергиями ионизации $E_c-0.27$ эВ и $E_v+0.30$ эВ принадлежат различным состояниям атомов титана в кремнии.

Ключевые слова: кремний, примесь, титан, глубокий уровень, легирование, энергия ионизации.

Известно, что формирование дефектной структуры Si определяется наличием специально введенных примесей, создающих в его запрещенной зоне ряд ГУ и оказывающих заметное влияние на электрофизические параметры Si [4, 5]. Эти специально введенные примеси вступают в различные взаимодействия со структурными дефектами и различными неконтролируемыми примесями в процессе технологических обработок, которыми сопровождается практически любой маршрут изготовления полупроводниковых приборов. Все эти процессы и определяют развитие дефектной структуры монокристаллического кремния. Несмотря на то, что поведение Ti в Si исследовано многими авторами [1, 3, 6], систематических данных об изучении свойств Si<Ti> почти нет, все результаты разрозненны и противоречивы. Особенно энергии ионизации уровней Ti, определенные разными авторами имеют довольно большой разброс и природа ГУ Ti остается пока спорной.

В связи с этим, методами емкостной спектроскопии исследованы процессы дефектообразования в Si, легированном атомами одного из тугоплавких элементов – титана. В качестве исследуемых исходных образцов использовались Si марок КЭФ, КДБ и БКЭФ с различными удельными сопротивлениями (ρ) в интервале 1-300 Ом·см и образцы Si, легированного Ti при выращивании из расплава. Легирование кремния титаном производилось диффузионным методом в вакууме из напыленного слоя Ti при $T_{\text{диф}} = 900-1250^\circ\text{C}$ в течение 2-100 часов. При $T_{\text{д}} = 900-950^\circ\text{C}$ ρ в n-Si и p-Si почти не изменялось. В образцах n-Si при $T > 1000^\circ\text{C}$ ρ после диффузии Ti уменьшалось, а в p-Si значение ρ увеличивалось; ρ контрольных образцов, прошедших аналогичную ВТО, почти не изменялось. Из изменения значения ρ в Si после его легирования атомами Ti можно сделать вывод, что он вводит донорные центры. Скорость охлаждения $v_{\text{охл}}$ образцов после диффузии изменялась от $0.1^\circ\text{C}/\text{с}$ до $40-70^\circ\text{C}/\text{с}$. При медленном охлаждении после диффузии ($0.1^\circ\text{C}/\text{с}$) концентрация электроактивных примесных центров была в 3-5 раз меньше.

На рис. 1 приведены профили распределения удельного сопротивления ρ в образцах Si<Ti> с различной скоростью охлаждения после диффузии титана.

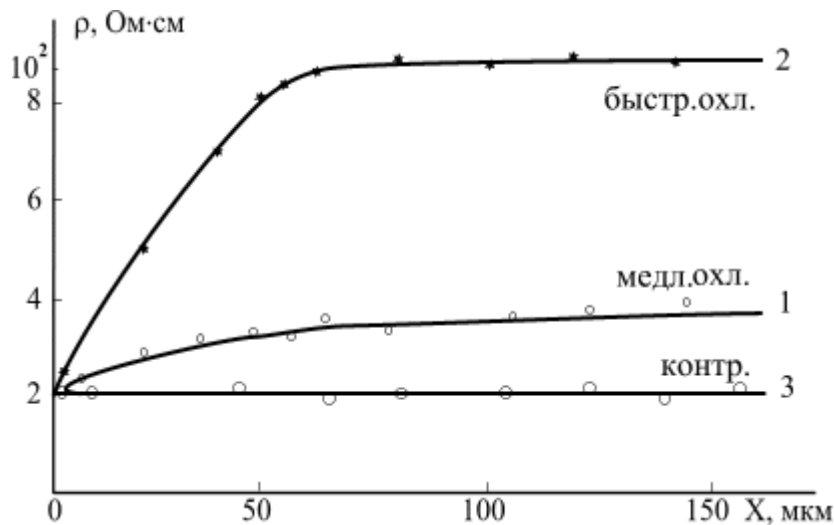


Рис. 1. Профиль распределения удельного сопротивления в образцах n-Si<Ti> после диффузии (1 и 2) и контрольном термообработанном n-Si (3)

Для проведения емкостных измерений из некомпенсированных кристаллов изготавливались диоды или барьеры Шоттки по технологии, описанной в [2]. Концентрации ионизованных центров в CO_3 в диодах из $\text{n-Si}\langle\text{Ti}\rangle$, а также в $\text{p-Si}\langle\text{Ti}\rangle$, рассчитанные по зависимостям $1/C^2 = f(V_{\text{обр}})$, определенным из вольтфарадных характеристик при 300К, хорошо согласуются с концентрацией мелких примесей в исходном кремнии.

Методика измерения и обработки спектров DLTS и ФЕ детально описаны нами в [2]. На рис. 2 (кривая 1) приведен типичный спектр ФЕ диода из $\text{n-Si}\langle\text{Ti}\rangle$, изготовленного сразу после диффузии, из которого видно, что на спектрах ФЕ наблюдается релаксация емкости вблизи $h\nu \sim 0.20$ эВ и $h\nu \sim 0.27$ эВ, связанная с перезарядкой двух глубоких уровней (ГУ).

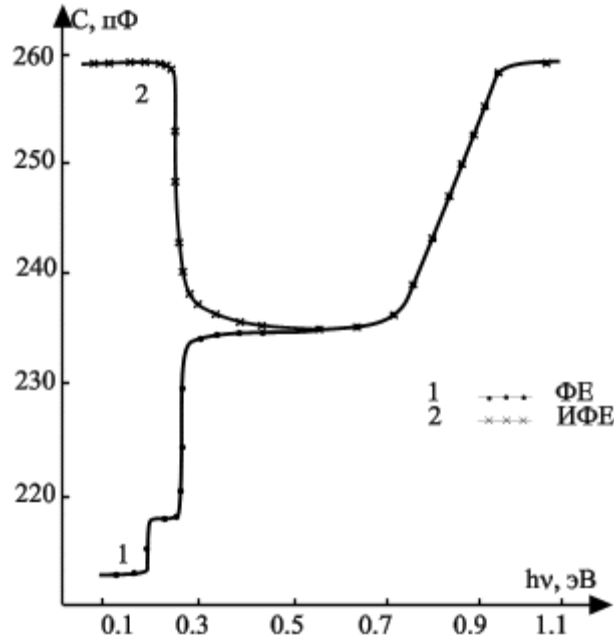


Рис. 2. Типичные спектры ФЕ (1) и ИФЕ (2) диода из $\text{n-Si}\langle\text{Ti}\rangle$

Это свидетельствует о том, что в образцах $\text{n-Si}\langle\text{Ti}\rangle$ образуются два ГУ с фиксированными энергиями ионизации: $E_c - 0.20$ эВ, $E_c - 0.27$ эВ. В области $h\nu > 0.6$ эВ происходит плавный рост емкости (рис. 2.3, кривая 1). В контрольных образцах из n-Si (без Ti), прошедших аналогичную ТО, были обнаружены только уровни с энергией ионизации $E_c - 0.20$ эВ, характерные для дефектов термообработки, их концентрация была порядка $N_{\text{Гy}} = 10^{12} \text{ см}^{-3}$.

Для определения ГУ, расположенных в нижней половине запрещенной зоны в $\text{n-Si}\langle\text{Ti}\rangle$, производилось измерение индуцированной ФЕ. Для этого диод со стороны базы освещался достаточно длительное время светом с $h\nu \geq 1.4$ эВ. Измерения индуцированной ФЕ показали, что в нижней половине запрещенной зоны был обнаружен единственный ГУ с энергией ионизации $E_v + 0.29$ эВ (рис. 2, кривая 2). По кинетике заполнения уровней потоком неосновных носителей производилось измерение сечения захвата дырок на уровне $E_v + 0.29$ эВ, которые связаны с Ti в Si . По зависимости $\lg N = f(t)$ было определено сечение захвата атомов титана на эти уровни, оно составляло $2 \cdot 10^{-17} \text{ см}^2$.

Для более точной идентификации уровней Ti в Si , мы на этих же образцах проводили и DLTS измерения. Из анализа спектров DLTS следует, что на спектрах образцов $\text{n-Si}\langle\text{Ti}\rangle$ наблюдаются 2 пика с максимумами при $T_m = 120\text{K}$ и $T_m = 150\text{K}$ (рис. 3, кривая 1). Пересчет спектров DLTS в зависимости Аррениуса показывает, что эти пики обусловлены перезарядкой ГУ с энергиями ионизации $E_c - 0.20$ эВ, $E_c - 0.27$ эВ.

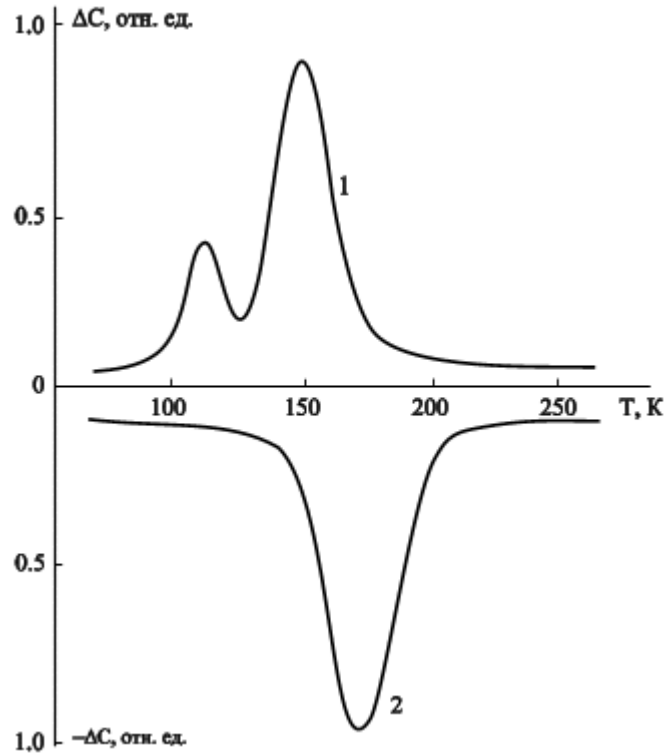


Рис. 3. Спектры DLTS в образцах $n\text{-Si}\langle\text{Ti}\rangle$ (1) и $p\text{-Si}\langle\text{Ti}\rangle$ (2)

В образцах $p\text{-Si}\langle\text{Ti}\rangle$ обнаружен лишь один ГУ с энергией ионизацией $E_v+0.30$ эВ и сечением захвата дырок $\sigma_n = 2 \cdot 10^{-17}$ см² (рис. 3, кривая 2). Анализ результатов показывает, что эффективность образования ГУ $E_v+0.30$ эВ зависит от температуры диффузии $T_{\text{диф}}$ и скорости охлаждения $\vartheta_{\text{охл}}$. Из сопоставления спектров ФЭ и DLTS в легированных и контрольных образцах установлено, что ГУ $E_c-0.20$ эВ наблюдается и в контрольных образцах (без Ti).

Таким образом, уровни $E_c-0.27$ эВ и $E_v+0.30$ эВ связаны с Ti в Si. Сопоставление спектров DLTS и ФЭ образцов $\text{Si}\langle\text{Ti}\rangle$ показало, что наблюдается хорошая корреляция между термическими и оптическими измерениями для уровней $E_c-0.20$ эВ, $E_c-0.27$ эВ и $E_v+0.30$ эВ. Концентрации последних двух ГУ, оцененные по ступенькам ΔC на спектрах ФЭ, почти не отличаются. Это свидетельствует о том, что ГУ с энергией ионизации $E_c-0.27$ эВ и $E_v+0.30$ эВ принадлежат различным состояниям атомов Ti в Si.

Анализ и сопоставление данных, полученных методами емкостной спектроскопии и нейтронно-активационного анализа, показывают, что не весь Ti, введенный путем диффузии проявляет электрическую активность, только около 20 % атомов Ti, находящихся в объеме Si, электроактивны. Такое поведение атомов Ti аналогично поведению и других переходных элементов в кремнии [4-6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасименко, Н.Н., Пархоменко, Ю.Н. Кремний – материал нозлектроники. / Н.Н. Герасименко, Ю.Н. Пархоменко – М.: Техносфера, 2007. – С. 351.
2. Далиев, Ш.Х. Автореф. докт. дисс. / Ш.Х. Далиев – Ташкент, 2017, 47 с.
3. Матаре, Г. Электроника дефектов в полупроводниках / Г. Матаре – М.: Мир, 2000. – С. 308.
4. Милнс, А. Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках. / А. Милнс – М., Мир, 1977. – 547с.
5. Омеляновский, Э.М., Фистуль, В.И. Примеси переходных металлов в полупроводниках. / Э.М. Омеляновский, В.И. Фистуль – М.: Металлургия, 1983. – 192 с.
6. Weber, E.R. Transition Metals in silicon. / E.R. Weber // Appl. Phys. 1983. – V. A30. – P. 1.

Материал поступил в редакцию 28.12.17.

**THE FORMATION OF THE DEFECTIVE CENTERS
IN SILICON, DOPED BY THE TITANIUM**

Sh.Kh. Daliev, Doctor of Philosophy, Senior Research Officer
Physics Department

The National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek (Tashkent), Uzbekistan

Abstract. *Using the methods of capacitance spectroscopy, we have studied the processes of defect formation in Si with Ti admixture. It is revealed that diffusive introduction of Ti impurity to Si leads to formation of three deep levels with the fixed ionization energies: $E_c - 0.20$ eV, $E_c - 0.27$ eV and $E_v + 0.30$ eV. It is shown that the last two levels with ionization energies of $E_c - 0.27$ eV and $E_v + 0.30$ eV belong to different states of atoms of titanium in silicon.*

Keywords: *silicon, impurity, titanium, deep level, ionization energy.*

УДК 53:51

ИЗОБРАЖЕНИЕ ОРБИТЫ АТОМА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ MAPLE

П.М. Жалолова, преподаватель
Наманганский Государственный университет, Узбекистан

Аннотация. В статье рассматривается изображение орбитов атома с помощью программы Maple.

Ключевые слова: орбита, атом, Maple.

Для графического изображения угловой зависимости орбиты атома будет удобно работать в системе сферических координат. Учитывая это, для электрона, движущегося в поле протона, уравнение Шредингера выглядит в виде:

$$\Delta\psi^2 + \frac{2m}{\hbar^2} [E - U(r)]\psi = 0 \quad (1)$$

Наблюдение электрона в какой-нибудь точке пространства атома имеет вероятное значение, и оно равно квадрату модуля функции Ψ . (Рис. 1).

$$\Psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi)$$

$$P = |\Psi^* \Psi| = R^* \quad (2)$$

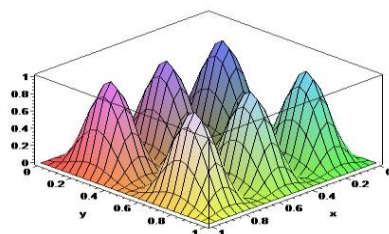
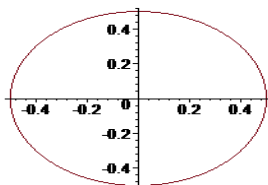


Рисунок 1.

В программе Maple есть возможность получать явный вид полиномов Лежандра и строить угловые диаграммы плотности вероятности $|Y_{10}(\theta)|^2$

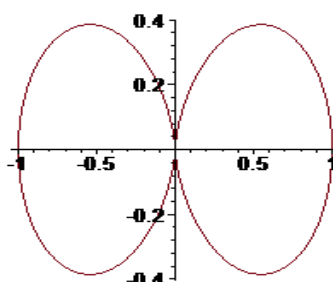
> t := 1/sqrt(2); p := t^2: plot ([p, theta, theta=0.2*Pi], coords=polar);

$$t := \frac{\sqrt{2}}{2}$$



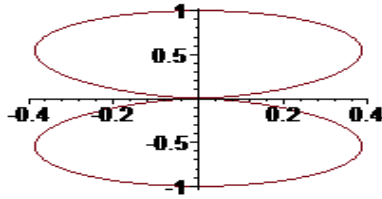
> t := cos(theta); p := t^2: plot ([p, theta, theta=0.2*Pi], coords=polar);

$$t := \cos(\theta)$$



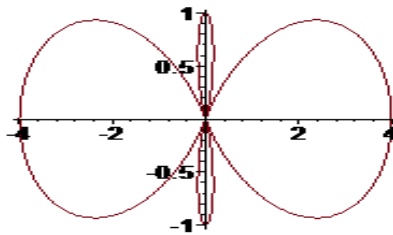
> t := sin(theta); p := t^2: plot ([p, theta, theta=0.2*Pi], coords=polar);

$$t := \sin(\theta)$$



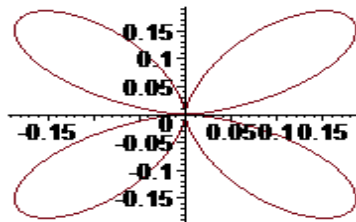
> t := 3*cos(theta)^2-1; p := t^2: plot ([p, theta, theta=-Pi.Pi], coords=polar);

$$t := 3 \cos(\theta)^2 - 1$$



> t := cos(theta)*sin(theta); p := t^2: plot ([p, theta, theta=0.2*Pi], coords=polar);

$$t := \cos(\theta) \sin(\theta)$$



Вероятность плотности определяется произведением вероятности плотности $P(r)=|R_{nl}|^2$ зависящая от радиуса – r, на вероятность плотности $P(\theta)=|\theta_{ml}|^2$ зависящая от угла θ . Освоение квантового представления модели атомного облака с помощью программы *Maple* в простом виде более доступно студентам. Присоединенные полиномы Лежандра и сферические гармоники

$$P(x, l, m) := \left[l=0, 1, \frac{1}{2^l l!} \cdot (1-x^2)^{\frac{m}{2}} \cdot \left[\frac{d^{l+m}}{dx^{l+m}} (x^2-1)^l \right] \right]$$

$$(x, l, m) \rightarrow \left[l=0, 1, \frac{(1-x^2)^{\frac{1}{2} m} \left[\frac{d^{l+m} (x^2-1)^l}{dx^{l+m}} \right]}{2^l l!} \right]$$

$$Y(\theta, \phi, l, m) := \sqrt{\frac{(2 \cdot l + 1)}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{(l - m)!}{(l + m)!}} \cdot P(\cos(\theta), l, m) \cdot \exp(i \cdot m \cdot \phi)$$

$$(\theta, \phi, l, m) \rightarrow \sqrt{\frac{1}{4} \frac{(2l+1)(l-m)!}{\pi(l+m)!}} P(\cos(\theta), l, m) e^{im\phi}$$

$$Y(\theta, \phi, 1, 1)$$

$$\frac{1}{4} \frac{\sqrt{6} \left[1 = 0, 1, \frac{1}{2} \sqrt{1 - \cos(\theta)^2} \left| \frac{d^2 (\cos(\theta)^2 - 1)}{dx^2} \right| \right]}{\sqrt{\pi}} e^{i\phi}$$

$$YII(\theta, \phi) := \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{8 \cdot \pi}} \cdot \sin(\theta) \cdot \exp(i \cdot \phi)$$

$$(\theta, \phi) \rightarrow \frac{\sqrt{3} \sin(\theta) e^{i\phi}}{\sqrt{8 \pi}}$$

$$YYII(\theta, \phi) := (|YII(\theta, \phi)|)^2$$

$$(\theta, \phi) \rightarrow |YII(\theta, \phi)|^2$$

$$YYII(\theta, \phi) := \frac{3}{8 \cdot \pi} \cdot \sin(\theta)^2$$

$$(\theta, \phi) \rightarrow \frac{3}{8} \frac{\sin(\theta)^2}{\pi}$$

> plot(YYII(theta, phi), coords = polar, axiscoordinates = polar)

Двумерные графики угловых функций и амплитуд вероятности (3-рисунок). Изображение в пространстве 2-рисунок. Имеем возможность сопоставлять в спектральном виде, 4- рисунок.

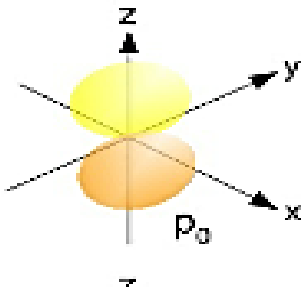


Рисунок 2.

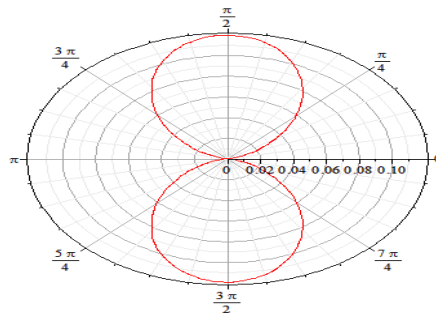


Рисунок 3.

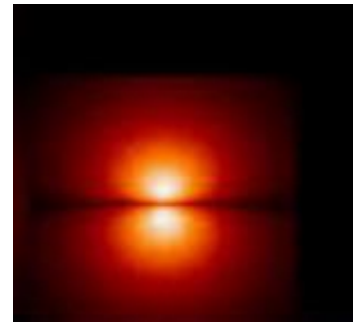


Рисунок 4.

Параметры и функции построения трехмерных графиков

> N := 40

40

i := 0..N

0..40

j := 0..N

0..40

$$\theta_i := \frac{i \cdot \pi}{N}$$

$$\phi_j := \frac{j \cdot 2 \cdot \pi}{N}$$

$$XII_{i,j} := |YYII(\theta_i, \phi_j)| \cdot \sin(\theta_i) \cdot \cos(\phi_j)$$

$$\frac{3}{8} \frac{|\sin(\theta_{0..40})|^2 \sin(\theta_{0..40}) \cos(\phi_{0..40})}{\pi}$$

$$Y11_{i,j} := |YY11(\theta_i, \phi_j)| \cdot \sin(\theta_i) \cdot \sin(\phi_j)$$

$$\frac{3}{8} \frac{|\sin(\theta_{0..40})|^2 \sin(\theta_{0..40}) \sin(\phi_{0..40})}{\pi}$$

$$Z11_{i,j} := |YY11(\theta_i, \phi_j)| \cdot \cos(\theta_i)$$

$$\frac{3}{8} \frac{|\sin(\theta_{0..40})|^2 \cos(\theta_{0..40})}{\pi}$$

$$X := YY11(\theta_i, \phi_j) \cdot \sin(\theta_i) \cdot \cos(\phi_j)$$

$$YY11(\theta_{0..40}, \phi_{0..40}) \sin(\theta_{0..40}) \cos(\phi_{0..40})$$

$$Y := YY11(\theta_i, \phi_j) \cdot \sin(\theta_i) \cdot \sin(\phi_j)$$

$$YY11(\theta_{0..40}, \phi_{0..40}) \sin(\theta_{0..40}) \sin(\phi_{0..40})$$

$$Z := YY11(\theta_i, \phi_j) \cdot \cos(\theta_i)$$

$$YY11(\theta_{0..40}, \phi_{0..40}) \sin(\theta_{0..40}) \sin(\phi_{0..40}) \text{ table} \left(\left[(0..40, 0..40) \right. \right. \\ \left. \left. = \frac{3}{8} \frac{|\sin(\theta_{0..40})|^2 \sin(\theta_{0..40}) \sin(\phi_{0..40})}{\pi} \right] \right) (\theta_i, \phi_j) \cos(\theta_{0..40})$$

> plot3d(X11_{i,j}, Y11_{i,j}, Z11_{i,j})

Трёхмерные графики функции и амплитуд вероятности (5-рисунок).

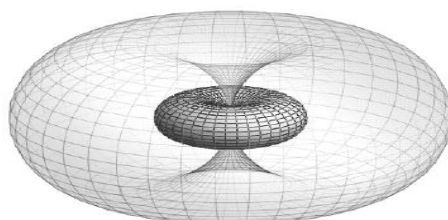


Рисунок 5. Сферические гармоники и полиномы Лежандра: пример расчета в Maple.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Детлаф, А.А., Яворский, Б.М. Курс физики. / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – Учеб.пособие для студ. вузов. – М.: Академия, 2005. – 720 с.
2. Расулов Э. Квант физикаси. / Э. Расулов – Т.: Фан ва технология, 2009. – 17 с.
3. Тихоненко, А.В. Компьютерный практикум по общей физике. / А.В. Тихоненко – Часть 5. Квантовая физика: Учебное пособие по курсу «Общая физика». – Обнинск: ИАТЭ, 2004. – С. 67, 70

Материал поступил в редакцию 21.12.17.

THE PLOTTING OF THE ATOM ORBIT USING THE MAPLE PROGRAM

P.M. Zhalolova, Lecturer
Namangan State University, Uzbekistan

Abstract. The article considers the plotting of the atom orbit using the Maple program.

Keywords: orbit, atom, Maple.

УДК 543.423

**АНАЛИЗ ВОЗДУХА Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА НА СОДЕРЖАНИЕ
ФЕНОЛА И ФОРМАЛЬДЕГИДА ЗА ПЕРИОД С 2007 ПО 2016 ГОДЫ****Р.А. Аубакирова¹, Ж.Б. Мукажанова², И.В. Афанасенкова³**¹ кандидат химических наук, доцент ВАК, профессор кафедры химии,² магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры химии³ кандидат педагогических наук, доцент кафедры химииВосточно-Казахстанский государственный университет
им С. Аманжолова (Усть-Каменогорск), Республика Казахстан

***Аннотация.** В статье приведены данные анализа воздуха г. Усть-Каменогорска на содержание формальдегида. В связи с этим была проведена работа по разработке методики определения формальдегида в атмосферном воздухе населенных мест в диапазоне определяемых концентраций 0,005–0,220 мг/м³. Для проведения активного эксперимента по установлению показателей качества МВИ использовали пробы воздуха, отобранные на ПНЗ, расположенных в черте города, и стандартные растворы с заданным содержанием формальдегида.*

***Ключевые слова:** анализ воздуха, формальдегид, методика определения формальдегида.*

Город Усть-Каменогорск, являясь центром цветной металлургии Республики Казахстан, на протяжении нескольких десятилетий привлекает исследователей региона своей специфической экологической обстановкой. По данным лаборатории атмосферного воздуха Филиала РГП «Казгидромет» по ВКО, индекс загрязнения атмосферного воздуха города регулярно превышает значение 6. Согласно современной классификации, город относится к числу наиболее загрязненных [1, 2].

Высокий уровень загрязнения воздушного бассейна обусловлен, в первую очередь, концентрацией увеличивающейся численности населения, единиц автотранспорта и промышленных предприятий на сравнительно небольшой территории. Кроме того, строительство новых высотных зданий нарушает воздухообменный процесс над городом, что приводит к накоплению в воздухе загрязняющих веществ.

Авторы многочисленных научных публикаций большое внимание уделяют таким примесям в атмосфере, как диоксид азота, диоксид серы, взвешенные вещества, оксид углерода (II), оксид углерода (IV), а также бенз(а)пирен и тяжелые металлы. Однако, вопросу загрязнения воздушного бассейна фенолом и формальдегидом, которые относятся ко 2 классу опасности наравне с диоксидом азота [3], внимания уделяется недостаточно.

В виду отсутствия фундаментальных исследований, возникает необходимость более подробного изучения уровня загрязнения атмосферного воздуха города указанными примесями, а также методов, используемых для анализа.

Как известно, классические методы анализа (титриметрический и гравиметрический) являются более точными, по сравнению с инструментальными [4]. Однако, инструментальные методы, в частности, спектральный анализ, является более экспрессными. Лаборатория воздуха, на базе которой было проведено исследование, в своей работе, в виду большого количества ежедневно поступающих проб, для определения содержания фенола и формальдегида в воздушном бассейне использует фотометрический метод, погрешность которого составляет 20-25 %. В данной работе была предпринята попытка разработки методики с меньшей погрешностью определения.

В работе изучалась динамика содержания примесей в воздухе за последние 10 лет, а также проведен сопоставительный анализ концентраций ингредиентов с повторяемостью штиля и количеством дней с НМУ. Для изучения динамики содержания примесей в воздушном бассейне были использованы результаты анализов двух постов: ПНЗ-1 (расположен вблизи промышленной зоны) и ПНЗ-12 (наиболее отдаленная от промышленного узла часть города). Отборы проб и анализ проводились в период с 04 июля по 31 декабря 2017 года. Данные за другие периоды были предоставлены лабораторией атмосферного воздуха.

В качестве критерия сравнения уровня загрязнения воздушного бассейна города примесями использовали значение индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), рассчитываемого по нижеприведенной формуле (1):

$$\text{ИЗА} = \left(\frac{\bar{q}_i}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}}} \right)^{c_i} \quad (1)$$

\bar{q}_i – средняя концентрация примеси в исследуемый период; ПДК_{с.с.} – значение среднесуточной предельно-допустимой концентрации примеси; c_i – константа, принимающая значения 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 для 1, 2, 3, 4-го классов опасности вещества соответственно [5]. Результаты, полученные в ходе исследования и необходимые для построения графиков, представлены в таблице 5.

Таблица 1

**Информация о содержании фенола и формальдегида
в атмосферном воздухе г. Усть-Каменогорска в период с 2007 по 2016 годы**

Год	Количество дней с НМУ	Повторяемость штиля, %	Значение ИЗА			
			Фенол		Формальдегид	
			ПНЗ-1	ПНЗ-12	ПНЗ-1	ПНЗ-12
2007	142	49	2,3	1,5	1,9	0,9
2008	123	44	1,5	1,3	2,3	0,9
2009	129	39	1,6	1,3	2,8	1,7
2010	139	27	1,1	0,9	3,6	3,0
2011	124	27	2,0	1,4	1,9	1,2
2012	111	38	1,5	1,3	1,4	1,2
2013	99	44	1,5	1,4	1,6	1,5
2014	102	42	1,1	0,7	1,8	1,1
2015	53	18	1,3	0,9	1,3	0,9
2016	91	13	1,7	1,5	3,1	2,3

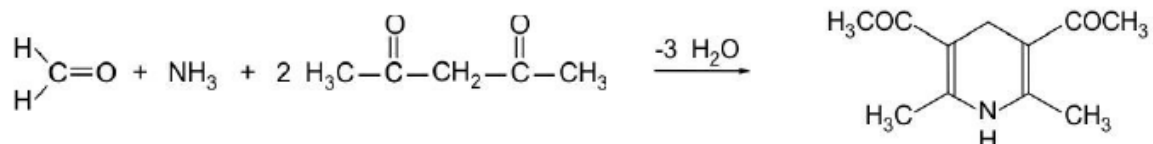
Анализ фенолов представляет собой весьма сложную проблему. Объясняется это как многообразием самих фенолов, которые часто бывают представлены в виде очень сложных смесей, так и многообразием требований, предъявляемых к методам их анализа. В связи с этим, во многих случаях ограничиваются определением суммарного содержания фенолов, используя характерные химические или физические свойства, как правило, обусловленные наличием гидроксильной группы. Во многих случаях для практических целей бывает достаточно качественного анализа на присутствие в исследуемой смеси фенолов или какого-либо индивидуального фенольного компонента. Несмотря на большое разнообразие возможных химических взаимодействий фенола, для количественного анализа используется реакция бромирования [6, 7, 8, 9, 10, 11].

В основе метода лежит реакция замещения свободным бромом атома водорода бензольного ядра. При броматометрическом титровании рабочим раствором служит раствор бромата калия, который в присутствии бромида калия в кислой среде выделяет свободный бром. Вместо раствора бромата калия часто применяют бромат-бромидную смесь $\text{KBrO}_3 + \text{KBr}$ [12].

Конец титрования определяют при помощи индикатора: йодкрахмальной бумаги, метилового оранжевого или метилового красного. Последние два в кислой среде окрашивают раствор в красный цвет. При нахождении в растворе наряду с индикатором определяемого вещества бромат калия в первую очередь окисляет тот восстановитель, который обладает большей окислительной способностью, т.е. имеет больший восстановительный потенциал. Так как индикаторы обладают меньшим восстановительным потенциалом по сравнению с титруемым веществом, то их окисление произойдет только после того, как присутствующее в растворе вещество будет полностью окислено. При окислении индикаторы обесцвечиваются. Изменение цвета раствора указывает на закончившийся процесс окисления, т.е. на конец титрования [13].

Все методы определения формальдегида в атмосферном воздухе имеют нижний предел обнаружения $0,01 \text{ мг/м}^3$. Однако, результаты предварительного исследования годовых содержаний этой примеси показали, что концентрации ингредиента в воздухе населенных мест значительно ниже. Поэтому необходимо было разработать методику, которая позволяла бы определять формальдегид в более широком диапазоне концентраций, приемлемую для выполнения анализов в лаборатории.

Этого можно достичь, увеличив объем аспирируемого воздуха, т.е. внесением изменений в уже существующую методику.



По результатам проведенного исследования был изучен уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Усть-Каменогорска фенолом и формальдегидом. Анализ данных показал высокий уровень загрязнения воздушного бассейна этими примесями. Также была проанализирована программа мониторинга атмосферного воздуха, реализуемая лабораторией Филиала РГП «Казгидромет» по Восточно-Казахстанской области: наблюдения осуществляются по неполной программе: отбор проводится 3 раза в сутки (07, 13 и 19 часов местного времени), за исключением воскресных и праздничных дней (в соответствии с принятыми нормативными документами).

По окончании проведенного теоретического исследования были рассмотрены различные методики определения фенола и формальдегида в воздухе, принятые и используемые как на территории Республики Казахстан, так и за ее пределами. Анализ показал, что все они основаны на инструментальных методах исследования с суммарной погрешностью до 25 %. Этот факт обусловил необходимость поиска метода определения с более низкой погрешностью. Была предпринята попытка определения фенола методом броматометрического титрования.

Метрологическую обработку осуществляли в соответствии с ГОСТ 12.1.016-79. Особенностью оценки погрешности измерений является отсутствие повторяемости результатов эксперимента, т.к. невозможно параллельно отобрать пробы атмосферного воздуха с одинаковым содержанием загрязняющего вещества. Для установления характеристик погрешности использовались пробы атмосферного воздуха. Для проведения активного эксперимента по установлению показателей качества МВИ использовали пробы воздуха, отобранные на ПНЗ, расположенных в черте города, и стандартные растворы с заданным содержанием формальдегида, приготовленные по методике, предложенной РД 52.04.186-89 (методика 5.3.3.7) и в соответствии с инструкцией ГИШЕ.410408.022 Дб.

Данная работа позволила экспериментально доказать, что использование классических методов анализа не пригодно при определении примесей в атмосферном воздухе населенных мест в виду слишком малых концентраций загрязнителей, для более точного определения загрязняющих веществ в воздухе необходимо применять инструментальные методы высокой чувствительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха г. Усть-Каменогорска и пос. Глубокое // Филиал РГП «Казгидромет» по ВКО. – 2005-2014. – 28 с.
2. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан // Министерство энергетики Республики Казахстан. РГП «Казгидромет». Департамент экологического мониторинга. – 2015. – №2 (184). – 171 с.
3. Крамаренко, В.Ф. Токсикологическая химия / В.Ф. Крамаренко. – К.: Высш шк. Головное изд-во, 1989. – 447 с.
4. Мадияров, М.Н. Экологическая геоинформационная система для мониторинга атмосферного воздуха города Усть-Каменогорска / М.Н. Мадияров // Региональный вестник Востока. – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГУ им. С. Аманжолова: 2009. – №2 (42) – С. 32–38.
5. Нечаев, А.П. Органическая химия: учеб. для пищ. ин-тов / А.П. Нечаев, Т. В. Еременко. – М.: Высшая шк., 1985. – 463 с.
6. Отчет о научно-исследовательской работе. Прогнозирование состояния окружающей среды г. Усть-Каменогорска разработка способов и средств очистки промышленных выбросов (заключительный) / А.К. Адрышев [и др]; под рук. А.К. Адрышева. – Усть-Каменогорск: Усть-Каменогорский строительно-дорожный институт, 1985. – 530 с.
7. Рахметуллина, С.Ж. Разработка информационной системы мониторинга атмосферного загрязнения / С.Ж. Рахметуллина и др. // Региональный вестник Востока. – Усть - Каменогорск: Изд-во ВКГУ им. С. Аманжолова: 2009. – №4 (44) – С. 42–48.
8. Радион, Е.В. Классические методы анализа: практическое применение. Тексты лекций по дисциплинам «Аналитическая химия» и «аналитическая химия и физико-химические методы анализа» для студентов химико-технологических специальностей / Е.В. Радион. – Минск: БГТУ, 2013. – 76 с.
9. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. – Разраб. и внесен 1991 – М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Министерство здравоохранения СССР, 1991. – 693 с.
10. Харлампович, Г.Д. Фенолы. / Г.Д. Харлампович, Ю.В. Чуркин. – М.: Химия, 1974. – 376 с.

Материал поступил в редакцию 09.01.18.

THE ANALYSIS OF AIR IN UST-KAMENOGORSK ON THE CONTENT OF PHENOL AND FORMALDEHYDE FOR THE PERIOD FROM 2007 TO 2016

R.A. Aubakirova¹, Zh.B Mukazhanova², I.V. Afanasenkova³

¹ Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Higher Attestation Commission, Professor at the Department of Chemistry,

² Master of Natural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Chemistry,

³ Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor at the Department of Chemistry
Sarsen Amanzholov East Kazakhstan State University (Ust-Kamenogorsk), Republic of Kazakhstan

Abstract. *The article presents the analysis of the air of Ust-Kamenogorsk on the formaldehyde content. In this regard, the work was undertaken to develop methods for determining formaldehyde in ambient air of populated areas within the range of the designated concentrations of 0.005–0,220 mg/m³. The air samples, which were selected on industrial area located within the city and standard solutions with the set content of formaldehyde were used for the active experiment to establish the quality indicators of procedure of measurements.*

Keywords: *analysis of the air, formaldehyde, methods for formaldehyde determining.*

UDC 547.7

RESEARCH OF INFLUENCE OF IRON PARTICLES SIZE ON THE FRACTIONAL YIELD UP TO 200 °C AND 200-300 °C IN THE COURSE OF CATALYTIC AND HYDRODYNAMIC AND HYDROGENATION IMPACT ON PRIMARY COAL TAR

M.I. Baykenov¹, G.N. Musina², R.K. Zhaslan³

¹ Academician E.A. Buketov Karaganda State University, ² Karaganda State Industrial University,

³ Karaganda State Technical University of the First President of the Republic of Kazakhstan (Temirtau), Kazakhstan

Abstract. The article is devoted to the research of influence of iron particles size on the fractional yield up to 200 c and 200-300 C in the course of catalytic and hydrodynamic and hydrogenation impact on primary coal tar.

Keywords: particle size, catalytic and hydrodynamic influence, hydrogenation impact, primary coal tar.

Hydrocarbons in the form of coke resin, consisting of condensed aromatic hydrocarbons and other macromolecular compounds, is a complex mixture of organic and mineral substances. It is rather difficult to describe the mechanism of the process activity and selectivity of the selected catalysts in such systems. Model compounds (anthracene, phenanthrene, pyrene, naphthalene, etc.) make it easier to study the dependence of the reactivity on the chemical structure of substances, because fragments may represent primary organic mass of coal tar and its fractions.

In this regard, the priority is a studying influence of cavitation and hydrogenation of the fraction of primary coal tar, dephenolization of resin fraction and the hydrogenation of polyaromatic hydrocarbons, modeling of organic mass in a hydrogen atmosphere in the presence of nano catalysts. The establishment of the management principles of these processes is the actual problem that has great practical importance in the industry.

References [1, 2] give us the information that nanocatalysts are more effective in the process of a hydrogenation of solid and heavy hydrocarbonic raw materials in comparison with the known catalysts. The authors [2] have established that the particles sizes of nanocatalysts influence on activity and selectivity in process of a model organic compounds hydrogenation.

The hydrodynamic impacts on primary coal tar were performed at the hydrodynamic unit 1–GDN, and hydrogenation of primary coal tar was carried out in autoclave conditions with the purpose to find the optimal average particle size of iron nano catalyst on the yield of fractions up to 200 and 200-300 °C. The nano catalyst screenings of β FeOOH and Fe₃O₄ was performed using sieves and selected the following fractions: 0-0,075 mm; 0-0,1 mm 0-0,15 mm 0-0,2 mm. The average size of the particle diameter of selected nano catalyst fractions was determined in water using a laser of the determinant of particle size. The average size of iron particle in nano catalysts β FeOOH and Fe₃O₄ for selected was: 10 nm (0.075 mm), 25 nm (0.1 mm), 30 nm (0.15 mm) and 50 nm (0.2 mm).

It is established that the nature of a fractional yield change to 200 C and 200-300 C in the course of catalytic and hydrodynamic impact on primary coal tar is symbate for the nanocatalyst β FeOOH and Fe₃O₄. Preliminary experiments of hydrogenation of the light fraction of the primary coal tar showed that the average particle sizes of the nanocatalysts Fe₃O₄ do not have a significant effect on the yield of light and middle fraction from primary coal tar hydrogenate. We used only nanocatalysts β FeOOH in further experiments. When the average particle size from 10 to 25 nm it is observed the highest yield of light fractions from 6.5 to 17.6 %, and the middle fraction yield of the primary coal tar similarly increases from 16 to 17,6 % in the course of hydrodynamic impact on primary coal tar. The fraction yield from a hydrogenate changes extremely with the increase in the middle size particles of iron: when the middle size of iron particles of 25 nanometers for the light and middle fraction, there is a local maximum (table 1), the smallest fraction yield is observed in the range from 30 to 50 nanometers.

Table 1

The influence of the average size particles of the nanocatalyst β FeOOH on the light and middle fraction from primary coal tar hydrogenate (hydrodynamic heating)

№	The average particle size of iron nano-catalysts β FeOOH, nm	The light and middle fraction yield from the primary coal tar hydrogenate, mass %	
		up to 200°C	200-300°C
1	without catalyst	2,5	13,0
2	10	6,5	16,0
3	25	12,6	17,6
4	30	7,4	16,0
5	50	5,2	14,4

The presented results of catalytic and hydrodynamic influence from the table 1 have shown that the average particle size of iron nano-catalysts affects not only the light and middle fraction yield from the hydrogenate but the qualitative and quantitative composition of the received liquid products. Figures 1-2 show the chromatograms

of the light and middle fraction received from primary coal tar hydrogenate. As reflected by the data presented in figure 1 and table 1, the average particle size of the iron affects the distribution of paraffinic and aromatic hydrocarbons, phenols and phenol containing substances. It should be noted that the significant increase in the content of aromatic hydrocarbons is observed in the light fraction (benzene, axial, methyl-1-propylbenzoyl, etc.) from 0.5 to 4.7%, with the increase in the average size of iron particles from 10 to 30 nm. The amount of paraffin hydrocarbons similar increases from 0.2 to 5.7 %, phenol concentration slightly decreased from 18,1 to 17.2. the concentration of aromatic and paraffin hydrocarbons similarly increases in the fraction of 200-300C depending on the average particle size of iron nano-catalysts.

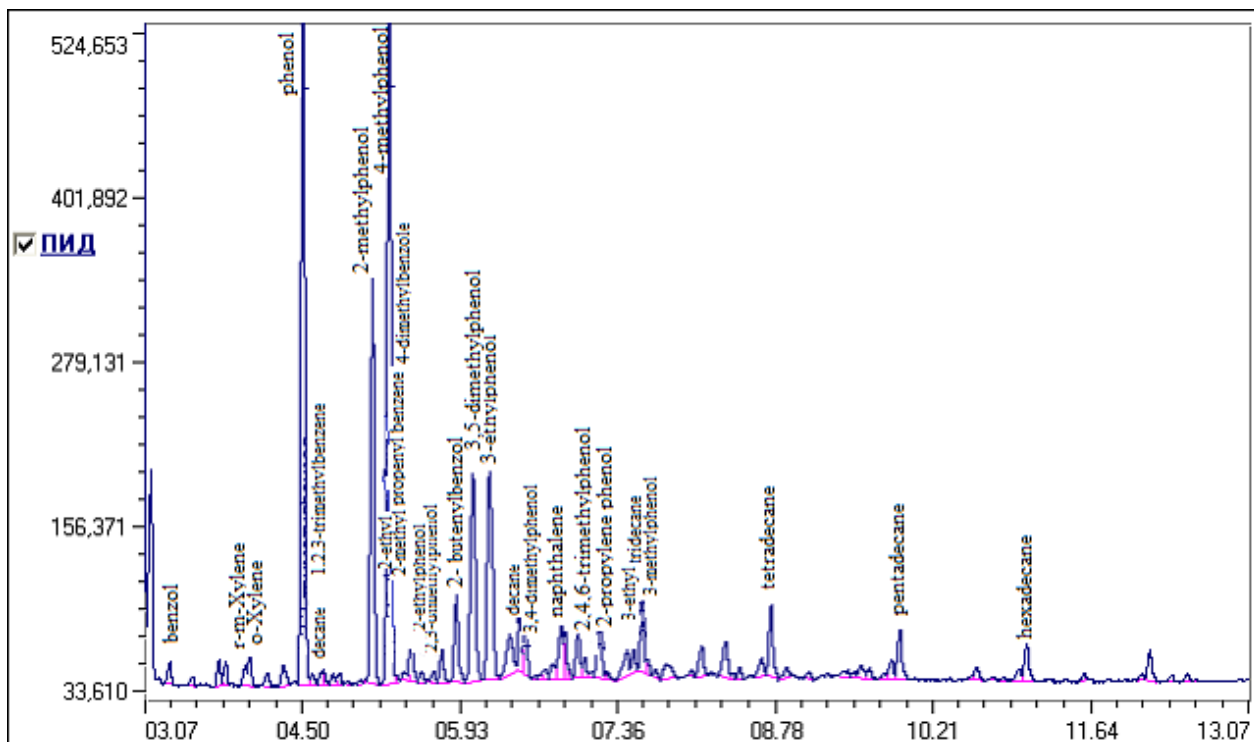


Figure 1. Chromatogram of fraction up to 200 °C (average iron particle size – 25 nm)

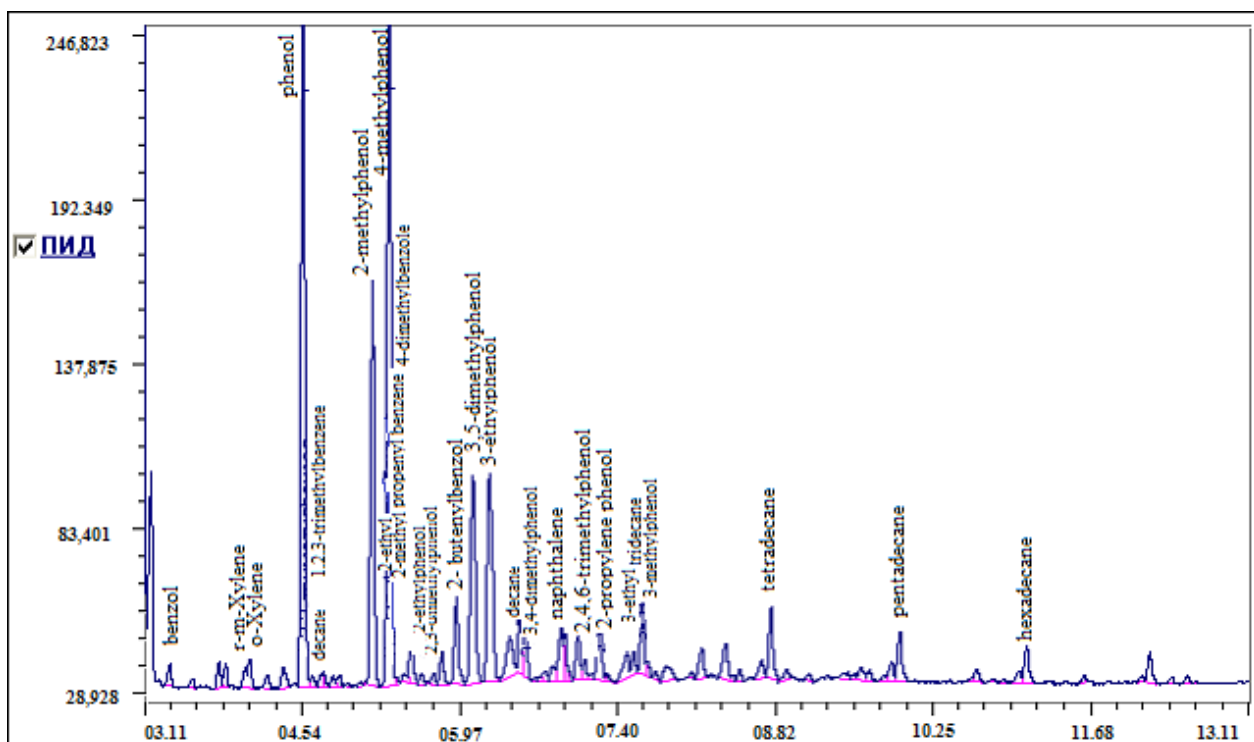


Figure 2. Chromatogram of fraction up to 200 °C (average iron particle size – 25 nm)

The received results demonstrate that when hydrodynamic impact on primary coal tar, the size of the average size of particles of iron of the nanocatalyst influences on deep disintegration of molecules primary coal tar with fast course of a reaction set (dealkylation, hydrogenation, isomerization, etc). The result of these reactions in the system is the formation of free radicals, which are involved with each other, but, eventually, hydrocarbons with a smaller molecular weight are formed in the system.

Thus, the obtained data allow us to make conclusion about positive influence of the average particle size of iron nano-catalysts in the range of from 10 to 50 nm on the light and middle fraction yield of the hydrogenate primary coal tar and individual chemical composition of the above mentioned fractions.

Table 2 shows the influence of average size diameter particles of nanocatalysts on the yield of the fraction up to 200 °C and 200-300 °C. With the growth in the average size of particle diameter of nanocatalysts in the range of from 10 to 50 on the light and middle fraction yield from the hydrogenate is increased from 5 to 17.4 % (fraction up to 200 °C) and from 19.2 to 37.4 % (fraction up to 200-300 °C). The results of the experiments are given in table in comparison with experiments without catalysts, proceed with a low light and middle fraction yield almost in 1.5-2 times, and the gaseous and solid products yield increase in 2-2,5 times.

Table 2

The influence of the average size particles of the nanocatalyst β FeOOH on the light and middle fraction from primary coal tar hydrogenate

№	The average particle size of iron nano-catalysts β FeOOH, nm	The light and middle fraction yield from the primary coal tar hydrogenate, mass %	
		up to 200°C	200-300°C
1	without catalyst	5,0	19,2
2	10	8,5	23,4
3	25	15,7	35,1
4	30	16,2	36,2
5	50	17,4	37,4

The obtained results of hydrogenation of a broad fraction of the primary coal tar showed that the nanocatalyst affect the light and middle fraction yield of primary coal tar. High light and middle fraction yield in the hydrogenation process of the primary coal tar is connected with a microstructure and the high specific surface of nanocatalysts β FeOOH and Fe_3O_4 .

Thus, the average particle size of nano catalyst β FeOOH and Fe_3O_4 in the conditions of hydrogenation of primary coal tar selectively hydrates polyaromatic compounds of primary coal tar (anthracene, phenanthrene, diphenyl, acenaphthene, etc.) with the subsequent degradation products to the low molecular weight compounds and thus increasing the light and middle fraction yield from the hydrogenated primary coal tar.

REFERENCES

1. Кадиев, Х.М. Синтез и применение наночастиц полифункционального катализатора для гидроконверсии природного битума. / Х.М. Кадиев и др. // Нефтехимия. – 2014. – Т. 53. – № 5. – С. 337–348.
2. Ma Fengyan, Su Xintai. Hydrogenation of the model object in the presence of nanocatalysts // Вестник КарГУ. – Серия химия. – 2013. – № 3 (71). – Р. 57–59.

Материал поступил в редакцию 20.12.17.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРНОСТИ ЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА НА ВЫХОД ФРАКЦИИ ДО 200 °C И 200-300 °C В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО И ГИДРОГЕНИЗАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕРВИЧНУЮ КАМЕННОУГОЛЬНУЮ СМОЛУ

М.И. Байкенов¹, Г.Н. Мусина², Р.К. Жаслан³

¹ Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова,

² Карагандинский государственный технический университет

³ Карагандинский государственный индустриальный университет (Темиртау), Казахстан

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния размерности частиц железа на выход фракции до 200 °C и до 200-300 °C в процессе каталитическо-гидродинамического и гидрогенизационного воздействия на первичную каменноугольную смолу.

Ключевые слова: размерность частиц, каталитическо-гидродинамическое воздействие, гидрогенизационное воздействие, каменноугольная смола.

УДК 547.7

КАВИТАЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЯЖЕЛОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ В ПРИСУТСТВИИ НАНОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ М.И. Байкенов¹, З.С. Халикова², Е.В. Кочегина³,А.Б. Каримова⁴, З.Б. Абсат⁵, Н.Ж. Рахимжанова⁶, А.И. Халитова⁷,Ж.Т. Исмаилов⁸, А.А. Мухтар⁹, Г.Г. Байкенова¹⁰, Г.Н. Мусина¹¹, Р.К. Жаслан¹²^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} Карагандинский государственный университет имени академика Е.А. Букетова,⁹ Химико-металлургический институт им. Абишева,¹⁰ Карагандинский экономический университет Казпотребсоюз,^{11, 12} Карагандинский государственный индустриальный университет, Казахстан

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований деструкции гексана и термохимической переработки смеси гудрона с первичной каменноугольной смолой (ПКС), которые предварительно были подвергнуты кавитационной обработке в присутствии нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$. Термохимическая переработка гудрона в смеси с первичной каменноугольной смолой проводилась при следующих условиях: температура – 420°C, начальное давление водорода – 3,0 МПа и продолжительность – 60 мин. Установлено влияние кавитации и количества добавляемой нанокаталитической добавки на выход целевых продуктов. \

Ключевые слова: первичная каменноугольная смола, гудрон, гексан, кавитационная обработка, нанокаталитическая добавка, деструкция, гидрогенизация.

В настоящее время наряду с ростом энергопотребления наблюдается снижение прироста запасов «легких нефтей», что вызывает необходимость вовлечения тяжелых нефтяных остатков и первичной каменноугольной смолы, как сырья для вторичных процессов производства моторного топлива.

Жесткие требования, в настоящее время предъявляют к моторным топливам из любого сырья. Поэтому надо указать, что «при использовании тяжелого углеводородного нефтяного и угольного сырья для производства моторных топлив необходимо вносить значительные изменения в аппаратно-технологическое оформление производственных схем, а также вести работы по синтезу и подбору новых катализаторов для переработки данных видов сырья».

Из литературных источников известно [4], что тяжелые нефтяные остатки и каменноугольная смола относятся к трудно перерабатываемым видам сырья. Высококипящие нефтепродукты и коксохимическая смола в большинстве случаев используется не для получения моторных топлив, а в качестве котельных топлив или сырья для производства битума и кокса.

В последнее время большое внимание в мире и в странах ближнего зарубежья уделяется развитию термических, термодокаталитических и гидрогенизационных процессов переработки тяжелого углеводородного сырья в светлые нефтепродукты. Кроме того, наблюдается тенденция увеличения доли кавитационной обработки тяжелого углеводородного сырья во вторичных процессах производства моторных топлив [1, 3].

Целью данной работы является исследование влияния кавитации на деструкцию гексана, а также термохимическую обработку смеси гудрона и ПКС в присутствии нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$.

В качестве модельного объекта исследования использовали гексан (х.ч.), а исходного сырья – гудрон в смеси с ПКС. Физико-химические свойства гудрона и технические свойства ПКС представлены в таблице 1.

Количество добавляемой ПКС составило 20 %. Использование такого количества ПКС объясняется тем, что добавки полиароматических соединений (антрацен, фенантрен и др.) способны предотвращать реакции рекомбинации до момента насыщения угольных ассоциатов водородом [5]. При этом происходят стабилизация нефтяных и угольных радикалов и генерация атомарного водорода. Полиароматические углеводороды, входящие в состав ПКС играют роль активаторов и переносчиков водорода в условиях термохимической переработки гудрона. В нашем случае ПКС выполняет роль ингибирующей добавки к гудрону для предотвращения протекания вторичных реакций конденсации, первичных продуктов деструкции смеси.

Физико-химические свойства гудрона (ТОО «Павлодарский нефтехимический завод») и техническая характеристика первичной каменноугольной смолы (ТОО «Сары-Арка Спецкокс») представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Гудрон	Показатель	Первичная каменноугольная смола
Плотность при 20°C, кг/м ³	967,0	Объемная доля воды, %	10,4
Температура застывания, °C	25	Плотность при 20°C, кг/м ³ :	1042
Вязкость при 70°C, Па·с	1,7	до 180 °C	3
Коксуемость, %	11,3	180-230 °C	7,2
Содержание, %:		230-270 °C	15,1
асфальтенов	9,8	270-300 °C	17,1
смолы	12,5	-	-
масел	78,2	-	-
Элементный состав, масс. %:		Температура конца кипения, °C:	
С	84,10	в парах	315
Н	10,82	в жидкости	390
S	3,15	Выход пека, %	50
N	0,71	Массовая доля веществ, не растворимых в толуоле, %	3,8
O	1,22	Массовая доля веществ, не растворимых в хинолине, %	Отсутствует
Выкипание до 520°C, %	12,3	Зольность, %	0,1
Содержание металлов, г/т:		Содержание фенолов, %	> 20
ванадия	210,0	Содержание нафталина, %	Следы
никеля	74,0		

Эксперименты по кавитационной обработке гексана и гудрона в смеси с ПКС в присутствии нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, проводили в ультразвуковом кавитаторе-МЭФ-92, который позволяет осуществлять высокоинтенсивную обработку небольших объемов жидкостей в лабораторных условиях. Параметры работы ультразвукового кавитатора МЭФ-92: частота колебаний – 22 кГц, интенсивность ультразвукового воздействия до 250 Вт/см², мощность – 600 Вт. Кавитационная обработка гексана и гудрона в смеси с ПКС в присутствии нанокаталитической добавки, проводилась в течение 10 мин.

Термохимическую переработку гудрона в смеси с ПКС проводили в реакторе высокого давления (производство КНР) с внутренней мешалкой и емкостью 0,5 л при температуре 420°C. Предварительно кавитационно обработанный гудрон (50 г), в смеси с ПКС (10 г) и нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ (0,6 г) помещали в реактор и продували водородом для вытеснения воздуха. Начальное давление в реакторе восстановительного газа составляло 3,0 МПа. Скорость нагрева реактора – 10°C/мин. Время выдержки смеси в реакторе – 60 мин. В качестве восстановительного газа для процесса термохимической переработки гудрона в смеси с ПКС в присутствии нанокаталитической добавки, был использован коксовый газ, который состоит из следующих газообразных веществ, (%): Н₂ – 37,35; О₂ – 1,5; N₂ – 30,4; СН₄ – 8,2; СО – 20,0; СО₂ – 1,5; Н₂S – 0,05; С₂Н₄ – 0,5; С₂Н₆ – 0,3. Коксовый газ содержит 2 основных компонента: водород (37,35 об. %) и оксид углерода (20,0 %). При температурных условиях термохимической переработки смеси в присутствии нанокаталитической добавки за счет взаимодействия оксида углерода с парами воды возможно образование дополнительного количества водорода.

После окончания эксперимента реактор охлаждали до комнатной температуры и открывали через 24 часа. Жидкий продукт отделяли от твердого остатка с помощью бумажного фильтра, затем твердый остаток промывали бензолом.

Синтез нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ проводили следующим образом:

ферросферы выделили из энергетических зол ТЭЦ-3 (г. Караганда), затем отделяли от золошлаковых отходов, путем погружения в воду. Выделенная ферросферы имеет следующий химический состав, (%): SiO₂=55,391, Al₂O₃=2,014, Fe₂O₃=7,715, TiO₂=1,745, CaO=2,606, K₂O=2,354, MgO=1,531, Na₂O=2,734. На выделенную ферросферу методом пропитки наносили 20 %-ные растворы солей хлорида железа и силиката натрия. Полученную суспензию высушивали при температуре 100-105°C. Сухую массу прокаливали при температуре 500-550°C в течение 60 минут и формовали в таблетку.

Фазовый состав таблетированного образца определяли на дифрактометре MiniFlex 400/300, а также была установлена его морфология методом рентгенофазового анализа. На дифрактограмме полученного образца наблюдается гексагональный $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (гематит), а на рентгенограмме определена фаза $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, которая соответствует банку эталонов американского комитета стандартизации порошковых дифракционных данных (JCPDS-ICDD, 24-508 и 24-734 соответственно) (табл. 2). Гематит $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ – термодинамически наиболее устойчивая модификация оксида железа. Кристаллическая решетка – $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (гексагональный, группа симметрии $D_{3d}^6 = R\bar{c}3D$, a = 0,5034 нм; c = 1,3752 нм) имеет структуру корунда ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) [7, 11, 12].

Таблица 2

Образец	Экспериментальные данные				Приндексированные фазы
	2 θ	d, Å	I, %	hkl	
α -Fe ₂ O ₃	24,138	3,6840	30,0	012	α -Fe ₂ O ₃
	33,152	2,7000	100,0	104	
	35,611	2,5190	70,0	110	
	40,854	2,2020	20,0	113	
	49,479	1,8406	40,0	024	
	54,089	1,6941	45,0	116	

На рис. 1 представлена морфология поверхности нанокаталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂.

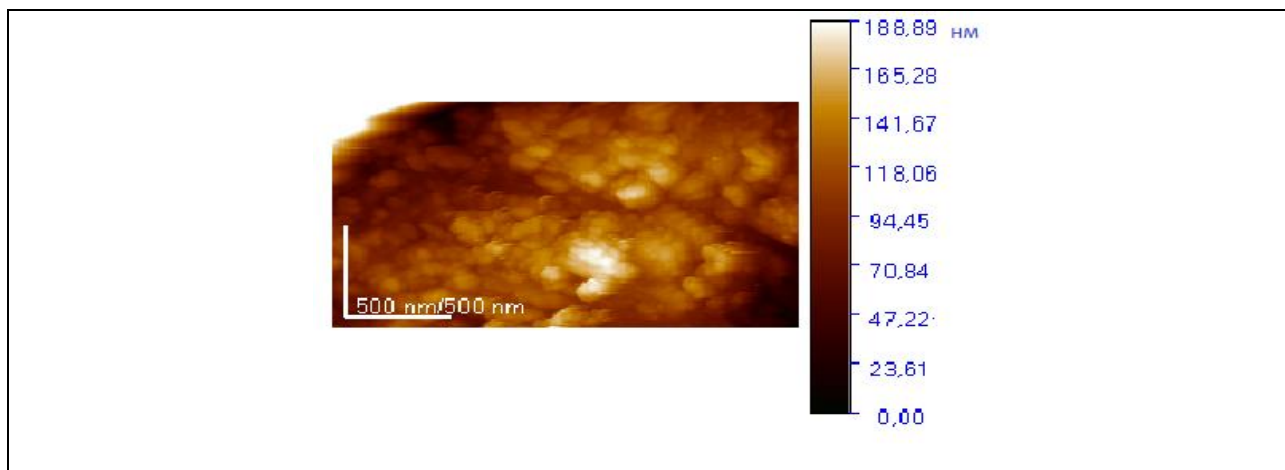


Рис. 1. Морфология поверхности нанокаталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂

Можно предположить, что природа носителя (ферросфера) сыграла ключевую роль в получении высокодисперсных частиц нанокаталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂. Равномерность распределения компонентов (Fe₂O₃ и SiO₂) нанокаталитической добавки на внешней поверхности ферросферы был установлен только по оксиду железа.

На рис. 2 представлены изотермы адсорбции азота на каталитической добавке α -Fe₂O₃/SiO₂. Анализ полученных кривых показал, что на поверхности каталитической добавки находятся поры различных размеров. Форму петли гистерезиса можно отнести к промежуточному типу между типами Н3 и Н4, который указывает на наличие микропористости. Адсорбция для подобного типа изотерм складывается из адсорбции в микропорах и капиллярной конденсации в мезопорах.

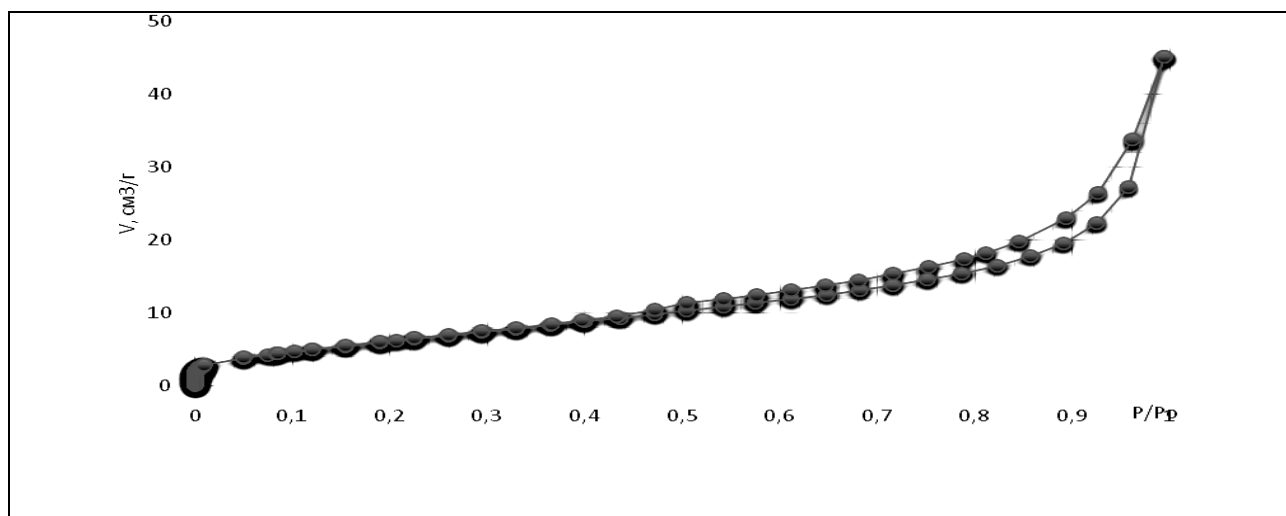


Рис. 2. Изотермы адсорбции азота на нанокаталитической добавке α -Fe₂O₃/SiO₂

На основании анализа полученных изотерм адсорбции азота определены параметры пористой структуры нанокаталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂ (табл. 3).

Таблица 3

Каталитическая добавка	Средний размер частиц, нм	S _{уд.} , м ² /г	Суммарный объем пор, см ³ /г	R пор, нм	Относительное содержание пор, %	
					Микропоры <2 нм	Мезопоры 2-50 нм
α -Fe ₂ O ₃ /SiO ₂	94	42.8	0.11878	0,85-27,9	7.4	92.6

Согласно приведенным данным в табл. 3, нанокаталитическую добавку α -Fe₂O₃/SiO₂ можно отнести к мезопористым материалам с небольшим содержанием микропор (7,4 %). Основной объем мезопор приходится на поры с диаметром входного окна 18-27 нм.

На основании анализа изотермы адсорбции азота и морфологии поверхностей каталитической добавки показано, что частицы α -Fe₂O₃/SiO₂ имеют почти идеальную сферическую форму и его можно отнести к мезопористым материалам. Целесообразность применения нанокаталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂ при кавитационной обработке гексана связана с химической активностью, которая пропорциональна удельной поверхности и высокодисперсности, а также пористой структуре.

Исследование жидких продуктов кавитационной обработки гексана и термохимической обработки гудрона в смеси с ПКС в присутствии нанокаталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂ проводили методом хромато-масс-спектрометрии на приборе HP 5890/5972 MSD фирмы «Аджилент» (США). Условия хроматографирования: колонка DB-XLB-5, 30 мм×0,5 мкм; газ – гелий, 0,8 мл/мин; в интервале температур 50°C – 4 мин, 50-150°C – 10°C/мин, 150-300°C – 20°C/мин, 300°C – 4 мин; испаритель: 200-300°C. Идентификацию веществ проводили по масс-спектральной базе данных NIST 98.

Результаты кавитационной обработки гексана без и с нанокаталитической добавкой в ультразвуковом кавитаторе МЭФ-92 приведены в табл. 4.

Таблица 4

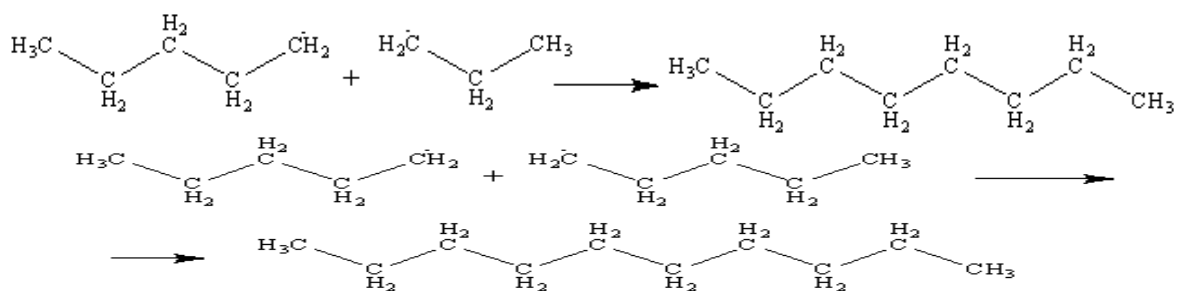
№	Наименование компонента	Содержание, %	Наименование компонента	Содержание, %
	без нанокаталитической добавки		с нанокаталитической добавкой	
1	Гексан	94.15	Гексан	56,48
2	Нонан	1.04	-	-
3	Ундекан	2.25	-	-
4	Додекан	0.11	-	-
5	Тридекан	0.05	-	-
6	Тетрадекан	0.08	Тетрадекан	0,36
7	Гексадекан	0.3	-	-
8	4-метилпентен-2	-	Метилпентан	35,75
9	3-этил-4-метилгексан	1.45	3-этил-2,7-диметилнонан	0,34
10	3,5-диметилоктан	-	-	-
11	3-метилдекан	0.02	-	-
12	6-этил-2-метилдекан	-	-	-
13	4,6-диметилундекан	0.19	-	-
14	2-нонанон	0.27	5-бутилнонан	0,19
15	2-деканон	0.36	3-метил-5-пропилнонан	2,88
16	-	-	Пентан	4,0

Как следует из представленных в табл. 4 данных, кавитационная обработка гексана без и с каталитической добавкой, привела к появлению более десятка продуктов. Установлено, что в присутствии каталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂ (%): степень конверсии гексана составляет – 43,52, изоалканов – 39,16 и алканов C₅-C₁₄ – 4,36.

Наряду с продуктом деструкции – пентаном (выход 4 %), образуются продукты изомеризации – метилпентан (выход 35,75 %), 3-метил-5-пропилнонан (выход 2,88 %) и др., а также в незначительном количестве – линейный алкан с более высокой молекулярной массой – тетрадекан в присутствии каталитической добавки. Из полученных результатов можно заключить, что реакции деструкции гексана, протекают по первому и третьему атомам углерода, однако, наиболее вероятен разрыв молекулы гексана у конца или по центру. По-видимому, можно описать деструкцию гексана по аналогии с превращением декана [9, 10].



Предполагаемый обрыв кинетической цепи, вероятно, протекает по следующей схеме:



В результате многократно повторяющихся стадий роста и обрыва цепи в реакционной системе возможна изомеризация, обусловленная перемещением свободно-радикального состояния по углеродному скелету молекулы. В результате многократно повторяющихся стадий роста и обрыва цепи в реакционной системе накапливается ряд *n*-парафинов.

При сопоставлении полученных нами результатов кавитационной обработки гексана (табл. 4) с данными приведенными в работе [2, 6] показало, что в нашем случае наблюдается значительные изменения соотношений продуктов гидрирования и деструкции.

Нанокаталитическая добавка α -Fe₂O₃/SiO₂ характеризуется достаточной крекирующей и изомеризирующей активностью. Кавитационная обработка в его присутствии позволяет повысить конверсию продуктов изомеризации и деструкции, не применяя жестких условий. Высокий выход продуктов изомеризации и деструкции при кавитационной обработке в присутствии нанокаталитической добавки, можно объяснить их каталитическим действием, которое определяется величиной удельной поверхности этой системы и мезопористой структурой.

Таким образом, нами была проведена каталитическая кавитационная обработка гексана в присутствии нанокаталитической добавки α -Fe₂O₃/SiO₂. Результаты, полученные при исследовании влияния указанной каталитической добавки на выход продуктов изомеризации гексана при кавитационной обработке, показывают, что степень конверсии и количественный состав образующихся продуктов различны и зависят от активности и селективности нанокаталитической добавки, которая, в свою очередь, связана с поверхностью, размерностью и пористой структурой. Применение изученной нанокаталитической добавки при кавитационной обработке, позволяет не только повысить степень конверсии гексана, но и улучшить качество полученных продуктов, за счет увеличения доли изоалканов с меньшим молекулярным весом (2-метилпентан и т.д.).

Далее нами была исследована активность нанокаталитической добавки в процессе термокатализической переработки гудрона в смеси с ПКС. Перед термохимическим воздействием данная смесь была подвергнута кавитационной обработке.

Оценку влияния предварительной кавитационной и термохимической обработки гудрона в смеси с ПКС в присутствии каталитической добавки определяли по выходу фракций с н.к.-200°C и 200-300°C и по изменению группового состава выше названных фракций.

На рис. 3-4 показано, что предварительная кавитационная обработка смеси не приводит к значительному изменению качественного состава фракций н.к.-200°C и 200-300°C. При этом наблюдается довольно значительное различие в выходе парафиновых, изопарафиновых, олефиновых, нафтеновых, ароматических, кислород- и серосодержащих органических соединений и увеличение выхода легких и средних фракций. Кавитационная обработка смеси с различным количеством каталитической добавки приводит к снижению количества *n*- и *i*-алканов, олефинов и незначительному увеличению количества нафтенов и ароматических углеводородов в легкой фракции н.к. -200°C. В средней фракции 200-300°C после предварительной кавитации отмечается увеличение количества *n*-алканов за счет снижения содержания *i*-алканов, нафтенов и аренов.

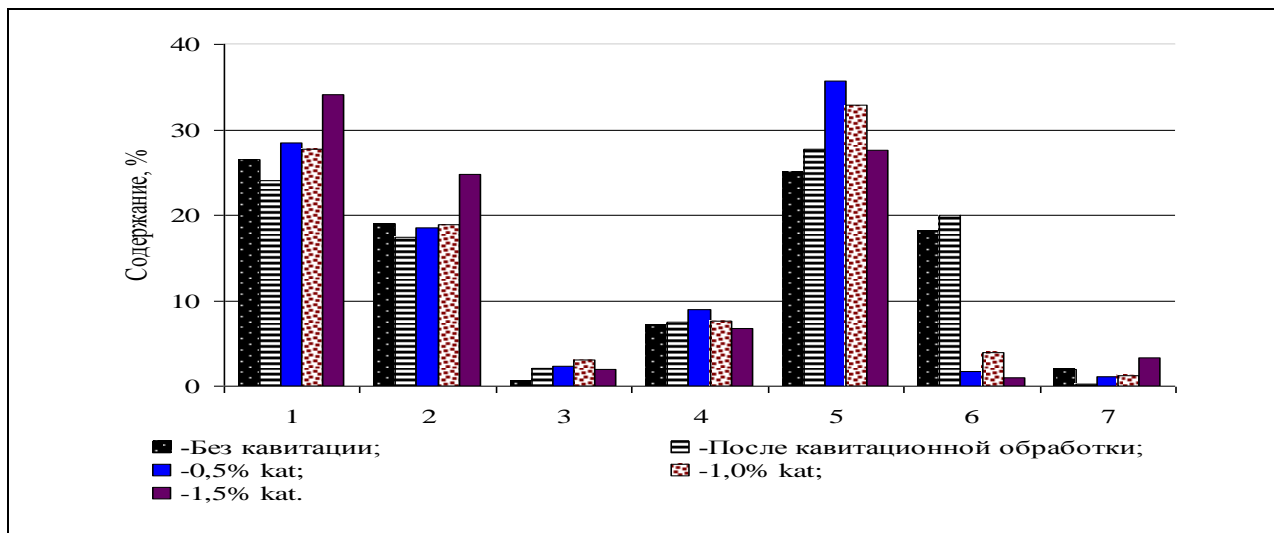


Рис. 3. Влияние количества нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ на групповой состав фракции н.к. – 200°C: 1-н-Алканы; 2-изо-Алканы; 3-Олефины; 4-Нафтенны; 5-Арены; 6-Кислородсодержащие органические соединения; 7-Серосодержащие органические соединения

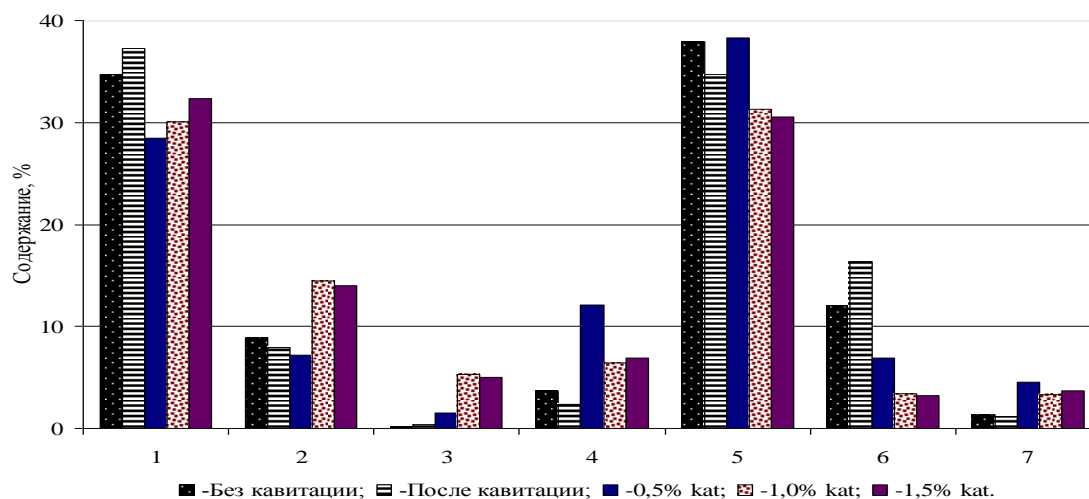


Рис. 4. Влияние количества нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ на групповой состав фракции 200-300°C: 1-н-Алканы; 2-изо-Алканы; 3-Олефины; 4-Нафтенны; 5-Арены; 6-Кислородсодержащие органические соединения; 7-Серосодержащие органические соединения

Кроме того, наблюдается общая закономерность влияния кавитационной обработки на количество гетероатомных органических соединений в обеих фракциях, отмечено увеличение количества кислородсодержащих органических соединений и снижение сераорганических.

Таким образом, следует отметить, что увеличение количества нанокаталитической добавки $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ при предварительной кавитационной обработке смеси гудрона с ПКС приводит к увеличению содержания *n*-алканов (с 24,02 до 34,12 %), *i*-алканов (с 17,39 до 24,75 %) и снижению содержания кислородсодержащих органических соединений в легкой фракции. Наибольший выход ароматических соединений и нафтенных наблюдается в легкой фракции (35,71 % и 8,9 % соответственно) при введении каталитической добавки в количестве 0,5 %. Максимальный выход ароматических углеводородов в средней фракции соответствует 0,5 % $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев, С.И. Механодеградация углеводородов нефти с помощью дезинтегратора высокого давления. / С.И. Воробьев и др. // Вестник МИТХТ. – 2008. – Т. 3. – № 3. – С. 77–84.
2. Дудкин, Д.В. Превращения углеводородов нефти при механохимическом воздействии. / Д.В. Дудкин и др. // Химия и технология топлив и масел. – 2012. – № 2. – С. 39–42.
3. Иванов, С.В. Применение гидродинамической кавитации для повышения эффективности каталитического крекинга вакуумного газойля. / С.В. Иванов и др. // Вестник МИТХТ. – 2013. – Т. 8. – № 3. – С. 67–69.

4. Кричко, А.А. Получение ти применение псевдогомогенных катализаторов для гидрогенизации и крекинга углеводородного сырья. / А.А. Кричко и др. // Катализ в промышленности. – 2007. – № 3. – С. 23–31.
5. Малолетнев, А.С. Получение синтетического жидкого топлива гидрогенизацией углей. / А.С. Малолетнев и др. – М.: «Нудра». – 1992. – С. 50.
6. Туктин, Б. Гидропереработка гексана на цеолитсодержащих Ni-Mo-P-M катализаторах. / Б. Туктин и др. // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан. – 2013. – № 5. – С.47–51.
7. Cornell R.M., Giovanoli R., Shneider W. // J.Chem.Technol. – 1989. – Vol. 46. – P. 114–134.
8. Gnanaprakash G., Аyyappan S., Jayakumar T., Philip J., Raj B. Nanotechnology – 2006. – (17). – P. 585.
9. Han Q., Liu Z. H., Xu Y. Y., Chen, Z. Y., Wang T. M., Zhang H. J., Phys. Chem. – 2007. – 111. – P. 5034.
10. Parag R. Gogate and Aniruddha B. Pandit // Hydrodynamic cavitation reactors: a state of the art review. India. – 2001. – Vol 17. – № 1. P. 10–12
11. Schwertmann U., Cornell R.M. Iron oxides in the laboratory. – Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft mbH., 1991. – 139 p.
12. Zboril R., Mashlan M., Krausova D., Pikal P. Hyperfine Interact. – 1999. – 121. – P. 497.

Материал поступил в редакцию 20.12.17.

CAVITATIONAL AND CATALYTIC PROCESSING OF HEAVY HYDROCARBONIC RAW MATERIALS IN THE PRESENCE OF NANOCATALYTIC ADDITIVE α -Fe₂O₃/SiO₂

**M.I. Baykenov¹, Z.S. Khalikova², E.V. Kochegina³, A.B. Karimova⁴,
Z.B. Absat⁵, N.Zh. Rakhimzhanova⁶, A.I. Khalitova⁷, Zh.T. Ismailov⁸,
A.A. Mukhtar⁹, G.G. Baykenova¹⁰, G.N. Musina¹¹, R.K. Zhaslan¹²**

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} Academician E. A. Buketov Karaganda State University,

⁹ Abishev Chemical and Metallurgical Institute,

¹⁰ Karaganda Economic University of Kazpotreboyzuz,

^{11, 12} Karaganda State Industrial University, Kazakhstan

Abstract. The results of experimental researches of hexane destruction and thermochemical processing of a road tar mixture with a primary coal tar, which were previously subjected to cavitation treatment over a nanocatalytic α -Fe₂O₃/SiO₂ additive, are presented. The influence of cavitation and amount of added nanocatalytic additive on the yield of the desired products of hexane and the road tar conversion in the mixture of the primary coal tar resin is established.

Keywords: primary coal tar (resin), tar, hexane, cavitation processing (manufacturing), catalytic additive, hydrogenation.

Technical sciences
Технические науки

**Amirov Fikrat A.****Amirov Elnur F.****Amirova Aybaniz M.**

UDC 62

**TOM'S EFFECT IN HYDRAULIC
 SYSTEMS AND THE MAXIMUM
 EFFICIENCY FOR PUMPS
 WITH DIFFERENT SPEED
 COEFFICIENTS**
Fikrat A. Amirov¹,
Aybaniz M. Amirova², Elnur F. Amirov³
¹ Doctor of Technical Sciences, Professor,² Scientific Worker of the Department
of Mechanics³ Doctor of Geological Sciences, Professor^{1,2} Azerbaijan State University of Oil and Industry (Baku), Azerbaijan³ Geology Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences (Baku), BP, SS Drilling Svcs, Baku Higher Oil School, Middle East Technical University (Ankara), Khazar University (Baku), Azerbaijan, Georgia Institute of Technology (USA), Heriot-Watt University (Edinburg), Great Britain (The UK)

Abstract. *The maximum efficiency coefficients for pumps with different speed coefficients have been determined. Using Tom's effect in hydraulic systems and the methods of modeling, the efficiency of hydro-dynamically active additives on the power, supply, pressure and efficiency was determined and calculated.*

Keywords: *maximum efficiency coefficients, pumps, hydro-dynamically active additives, pipeline, oil products, Tom's effect, power, supply, pressure.*

Reduction of pressure losses on friction during fluid flow in pipes and open channels, as well as bodies in a liquid. It can be achieved by introducing hydro-dynamically active additives into the flow. In recent years, studies have been carried out and some progress has been made in solving this issue [2, 3]. One of the effective ways to reduce the coefficient λ and the hydraulic resistance of pipelines is to introduce very small (from tenth to a thousandths of a percent) additions of high molecular weight polymers or surfactants into the liquid flow. In this case, the thickness of the boundary layer of the flow increases, both as a laminar sublayer located at the very wall of the pipe and as a transition layer located between the laminar sublayer and the turbulent core of the flow. As the concentration – additives increases to a certain limit, the thickness of the transition layer increases. The molecules of the polymers or surfactants used are very long molecular compounds – micelles tens of thousands of times longer than their transverse dimension. Near the pipe walls, the micelles are oriented predominantly in the direction of flow and form a "flexible" surface, which can change wavy.

The additives reduce the velocity gradient $\frac{dv}{dh}$ near the pipe walls, but the surface created from the molecules

of additives introduced near the pipe walls contributes to a significant reduction (by 4-5 times) of the pulsation activity of the transverse velocity component, as a result of which the tangential stresses, and hence the coefficient of hydraulic friction λ . In fluid flows with additives, the transition from laminar to turbulent flow occurs at Re values much larger (up to 10 times) than in flows of liquids without additives.

The optimum concentration of additives for polymers is (0.001) – (0.1) %, for surfactants 0.1 ± 1 % more. The coefficient λ and the resistance of the pipeline can be reduced by 60-80 %, some types of additives of high molecular weight polymers and surfactants, in addition to reducing λ , head loss and the power used for pumping fluid, can also significantly increase the corrosion resistance of pipelines. A significant disadvantage of polymer additives is their relatively easy degradability or the so-called mechanical destruction [4].

The micelles forming the film on pipe wall are frustrated by frictional forces and their hydraulic efficiency drops, especially when the liquid flows with polymer additives through the pumps and local resistances, and then the micelles are not restored any more. A liquid with additives of surfactant after such destruction quickly restores its hydrodynamic efficiency, because the shape of the additives is determined in this case by intermolecular electrostatic

forces, which after removing large mechanical forces, recreate the additives in the same form.

Another way to reduce the hydraulic resistance of the pipeline is the temperature effect on its walls or on the liquid flow itself. It is known that in the turbulent mode of motion of hydraulic smooth pipes, as well as in the laminar motion regime, the hydraulic friction coefficient λ decreases with increasing Re . It is possible to achieve an increase in Re at constant velocity and diameter due to a decrease in the viscosity of the liquid, which in turn can be obtained either by increasing the temperature of the dropping liquid or the walls of the pipeline, and for gases by cooling it. Another way to reduce hydraulic resistance is the use of compliant, flow-limiting surfaces. To this end, pipes made of polymeric materials are used in pipelines, the walls of which are imparted oscillations with a certain frequency and amplitude in accordance with the nature of the pulsation occurring in the liquid. At the same time, the decrease in hydraulic resistance of the pipeline with compliant walls is 25-30 %, and in the future it can be brought up to 50 %.

Chemical injection systems [1], Chemical Injection System use Drag Reducing Agent (DRA), which reduce the pressure loss in the pipeline, increasing fluid flow. In the Western Route Export Pipeline (WREP), the project flow is 140,000 bpd and with DRA, the consumption will increase to 150,000 bpd. In the pipeline, the design flow rate of 50×10^6 tons / year will increase to 65×10^6 tons / year (Figure 1).

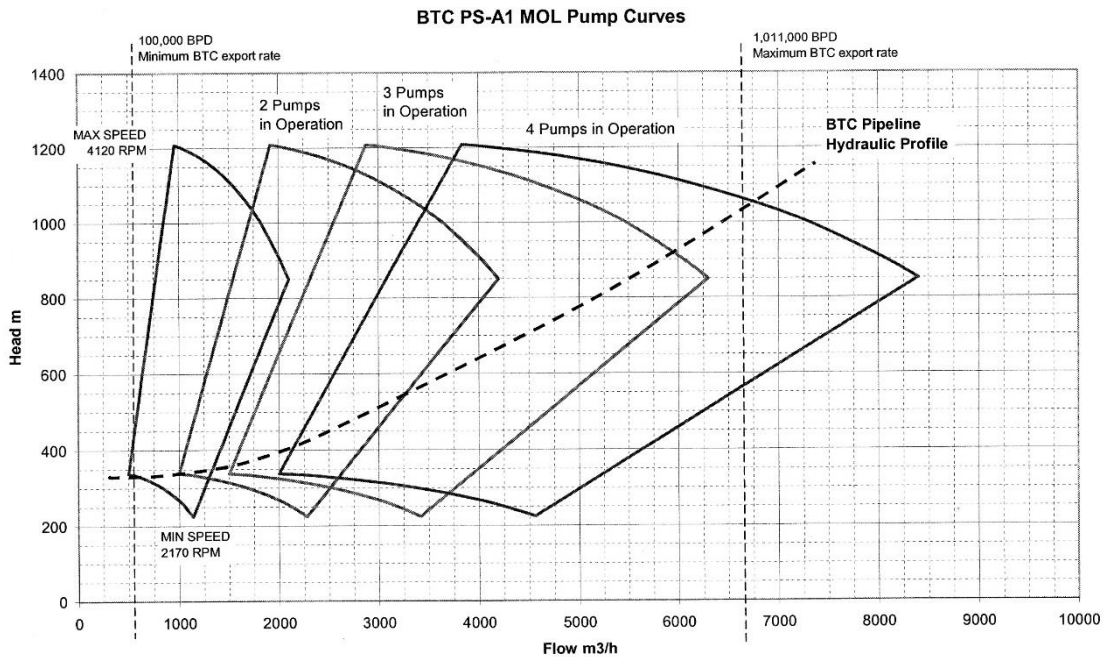


Figure 1.

$max.n = 4120 \text{ RPM } (1000-2100) \text{ m}^3 / \text{h}.$
 $min.n = 2170 \text{ RPM } (500-1200) \text{ m}^3 / \text{h}.$
 For one pump $H (1200-850) \text{ m}; H (340-220) \text{ m}.$
 $max.n = 4120 \text{ RPM } (400-8400) \text{ m}^3 / \text{hour}.$
 $min.n = 2170 \text{ RPM } (2000-4600) \text{ m}^3 / \text{h}.$
 $H (1200-850) \text{ m for 4 pumps}; H (340-220) \text{ m}.$
 $Q_{opt} = 6750 \text{ m}^3 / \text{h}$
 $H_{opt} = 1050 \text{ m}.$

Analysis of the scientific literature shows that under the conditions of production the determination of the optimum concentration of hydro-dynamically active additives is difficult. Therefore, the results of experimental studies on models are needed, i.e. in laboratory conditions, using the similarity theory methods to use for natural pumps.

One of the criteria for the similarity of the blade of hydraulic pumps is the speed coefficient (h_s). It is known that the efficiency of the pump:

$$\eta_{max} = f(h_s, Re).$$

The maximum efficiency of pumps with different speed ratios was determined (Table 1).

Table 1

$h_s, \text{rpm}.$	60	80	90	120	180	250
η_{max}	(0,696-0,85)	0,842	0,708-0,808	0,833	0,874	0,870-0,902

The pump has a speed factor: $h_s = 171 \text{ rpm}$. At the same time, useful capacity was 16206 kW (without additive), 16326 kWt (with additive). The efficiency of the hydrodynamic-active additive was: by power: $\epsilon_N = 100.7\%$, on the supply: $\epsilon_Q = 124 \%$, on pressure: $\epsilon_H = 123.5 \%$, based on efficiency: $\epsilon_\eta = 138 \%$.

REFERENCES

1. Амиров, Ф.А. Эффект Томса в лопастных насосах и разработка метода пересчета их энергетических характеристик. / Ф.А. Амиров и др. – АГНА, Баку, 2003.
2. Амиров, Ф.А., Караев М.А. Исследование механической деструкции водных растворов ПАА при перекачке их центробежным насосам 4К-6. / Ф.А. Амиров, М.А. Караев // Ученые Записки АЗИНЕФТЕХИМ. – 1978. – № 4.
3. Шафиев, В., Габиб Гамид. Жидкость снижающая сопротивление. / В. Шафиев, Гамид Габиб – Семинар на Международной выставке Каспийская нефть и газ. – Баку, 2009.
4. Amirov, F.A., Agammadova S.A. Investigations of vane machine operating by hidrodinamically active additions. Khazarneftcasyataq. / F.A. Amirov, S.A. Agammadova – International Scientific-practical Conference, 4-6 November, Baku, 2008.

Материал поступил в редакцию 25.12.17.

ЭФФЕКТ ТОМСА В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И МАКСИМАЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ НАСОСОВ С РАЗЛИЧНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ БЫСТРОХОДНОСТИ

Ф.А. Амиров¹, А.М. Амирова², Э.Ф. Амиров³

¹ доктор технических наук, профессор, ² научный работник кафедры механики,

³ доктор геолого-минералогических наук, профессор

^{1,2} Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (Баку), Азербайджан

³ Институт геологии Национальной Академии Наук Азербайджана, БП, СС Дриллинг Сервис, Бакинская высшая нефтяная школа, Технический университет Ближнего Востока (Анкара), Университет Хазар (Баку), Азербайджан, Технологический институт Джорджии (США), Университет Хериота-Уатта (Эдинбург), Великобритания (Соединённое Королевство)

***Аннотация.** В данной статье определены максимальные коэффициенты полезного действия для насосов с различными коэффициентами быстроходности. Используя эффект Томса и методы моделирования, определена эффективность работы с гидродинамически-активными добавками по мощности, подаче, напору и коэффициенту полезного действия.*

***Ключевые слова:** максимальный коэффициент полезного действия, насосы, гидродинамически активные добавки, трубопровод, нефтепродукты, эффект Томса, мощность, подача, давление.*

УДК 577.4:677.198

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРЯЖИ

О.Ю. Кадникова¹, Г.К. Алтынбаева², А.М. Айдарханов³, Б.А. Шалдыкова⁴, С.С. Успанова⁵
 Рудненский индустриальный институт, Казахстан

Аннотация. В работе представлена технологическая схема разработанного оборудования для переработки срывов трикотажа. Для предложенного оборудования осуществлены расчеты на прочность с разработкой чертежей. Сделан анализ маркетинговых исследований и динамику объема спроса и предложения предприятий, ценовые показатели, позволила сделать прогноз дальнейшего развития рынка в период реализации проекта и выполнен бизнес-план по выпуску оборудования для переработки отходов швейно-трикотажного производства рентабелен, окупается в достаточно короткий срок.

Ключевые слова: малоотходная технология, устройство по переработки отходов пряжи, влажно-тепловая обработка, натяжение нити.

Увеличение объемов швейно-трикотажного производства влечет за собой рост количества отходов, в связи с чем актуальность переработки вторичных материальных ресурсов постоянно повышается, приобретая все большее значение в экономике Казахстана.

Актуальность создания новых малоотходных технологий возросла в настоящее время, когда большие предприятия швейно-трикотажной промышленности прекратили свое существование и создаются в основном малые, частные предприятия, которым не по средствам устанавливать новое современное автоматизированное оборудование.

Решая проблему переработки отходов швейно-трикотажного производства предложено оборудование, позволяющее восстановить структуру повторно используемой нити и использовать ее в производстве новых изделий.

На рисунке 1 представлена технологическая схема разработанного оборудования для переработки срывов трикотажа.

Нить сматывается с трикотажного полотна (срыва трикотажа), установленного на раме 1. Рама – стальная конструкция П-образной формы с иглами на поверхности, имеет выдвижную боковую полку для регулирования ширины.

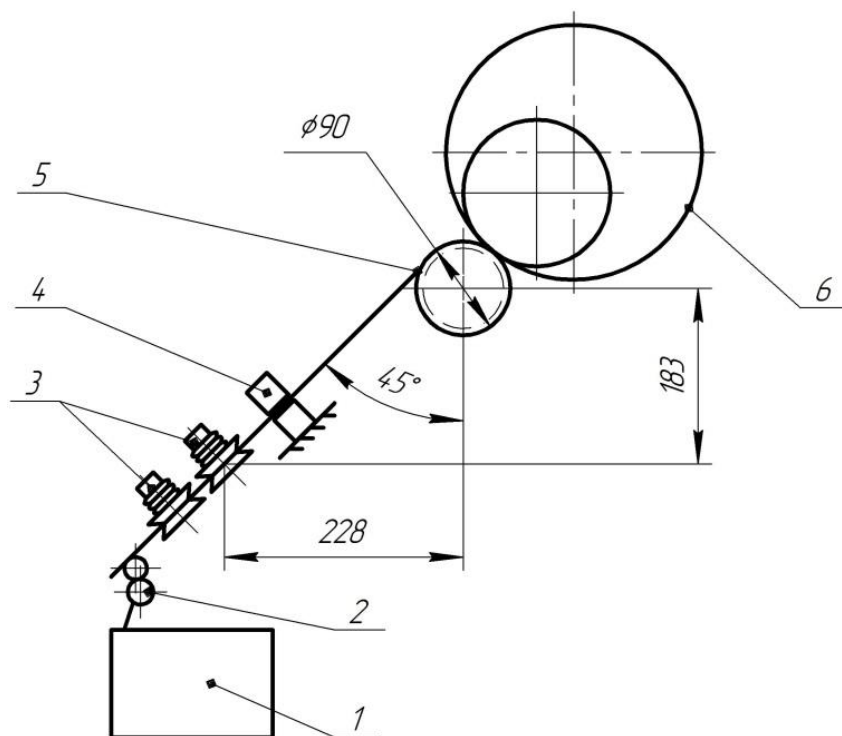


Рисунок 1. Технологическая схема оборудования для переработки срывов трикотажа

Система пневмопривода обеспечивает ее автоматическое регулирование, а также необходимое натяжение нити и скорость вращения ротора двигателя.

Проходя через нитепроводник 2, два натяжных приспособления 3, контрольно-очистительное приспособление 4, нить поступает в камеру 5, где подвергается влажно-тепловой обработке и сушке.

Роспуск детали изделия сопровождается сохранением у пряжи остаточной извитости, что приводит к неравномерному натяжению нити при повторном вязании, ухудшению структуры полотна и снижению качества внешнего вида изделия. Устранить указанные недостатки позволила влажно-тепловая обработка. После чего обработанная нить наматывается на бобину 6.

Исследуя влияние натяжения нити на ее обрывность путем регулирования положения боковых вкладышей, выявлена зависимость силы натяжения пряжи от угла наклона крепления П-образной рамы.

Результаты испытаний показаны на рисунке 2.

Оптимальное натяжение незавершенной детали на П-образной раме при наклоне рамы под углом 30-40 град к линии горизонта. Это позволяет достичь максимального эффекта улучшения переработки трикотажного полотна (т.е. без срыва).

Для предложенного оборудования осуществлены расчеты на прочность с разработкой чертежей.

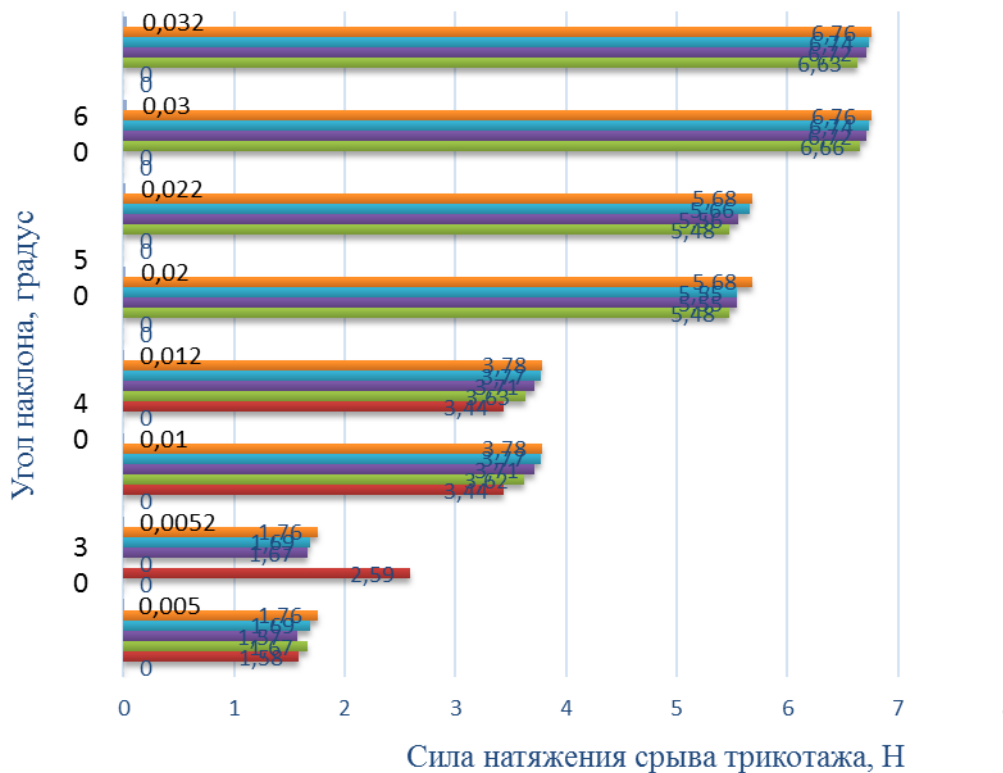


Рисунок 2. Влияние регулирования положения боковых вкладышей на напряжения испытываемой нити

Анализ маркетинговых исследований выявил машиностроительные предприятия Казахстана и стран СНГ, способные выпускать устройство по переработке отходов швейно-трикотажного производства для рынка Казахстана. Возможность использования имеющихся производственных площадей и кадрового состава механического комплекса выявлена у нескольких машиностроительных предприятий. Это предприятия, ориентированные на производство машиностроительной продукции: АО Востокмашзавод (Усть-Каменогорск, РК), Завод горного оборудования (Степногорск, РК), Павлодарский машиностроительный завод (Павлодар, РК), ОАО «Подольский Механический Завод» (Подольск, РФ).

В выпуск оборудования по переработке отходов швейно-трикотажного производства экономически обоснована целесообразность инвестирования. Собранная информация для проведения инвестиционных расчетов, в том числе основные статьи доходов, затрат и капитальных вложений, которые потребуются совершить при реализации проекта, а также основные характеристики рынка Казахстана, включая динамику объема спроса и предложения предприятий, ценовые показатели, позволила сделать прогноз дальнейшего развития рынка в период реализации проекта.

По проведенным расчетам чистая прибыль уже в 2021 г. составит 2964,5 тыс. тенге при объеме продаж

35 устройств для переработки нити повторного использования. Согласно Программе развития данного производства до 2021 года количество устройств предполагается увеличить до 95 штук, что позволит получить 7897,47 тыс. тенге прибыли.

Внутренняя норма доходности (IRR) находится на высоком уровне (6 % годовых). Это обусловлено высокой рентабельностью продаж и оборачиваемостью активов, которые позволят генерировать большую величину денежного потока, при относительно низком уровне инвестиционных затрат.

Период окупаемости проекта без учета дисконтирования составит 1,5 года, а с учетом дисконтирования – 3,4 года, что является достаточно высоким показателем эффективности проекта.

Анализ показателей эффективности инвестиций настоящего проекта позволяет сделать вывод, что при прогнозируемых объемах реализации, капитальных вложениях, ценах на услуги и производственных издержках проект является надежным и рентабельным.

Таким образом, способ обработки повторно используемой пряжи эффективен, проект по выпуску оборудования для переработки отходов швейно-трикотажного производства рентабелен, окупается в достаточно короткий срок и может рассматриваться как выгодное размещение инвестиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадникова, О.Ю. К вопросу о необходимости разработок новых технологий по переработке отходов легкой промышленности / О.Ю. Кадникова // Новое слово в науке: перспективы и развитие. – 2015. – №3 (5). – С. 178–180.
2. Кадникова, О.Ю. Рециклинг отходов трикотажного производства / О.Ю. Кадникова // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. – 2017. – С. 154–156.
3. Кадникова, О.Ю. Переработка отходов швейно-трикотажного производства / О.Ю. Кадникова и др. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 5 (365). – С. 141–143.
4. Кадникова, О.Ю. Исследование взаимосвязей показателей качества пряжи. / О.Ю. Кадникова, Б.А. Шалдыкова // Наука и Мир. – 2016. – Т. 1. – № 7 (35). – С. 46–49.
5. www.scienceph.ru

Материал поступил в редакцию 22.12.17.

EFFECTIVE WAY OF REUSABLE YARN PROCESSING

O.Yu. Kadnikova¹, G.K. Altynbaeva², A.M. Aydarkhanov³, B.A. Shaldykova⁴, S.S. Uspanova⁵
Rudny Industrial Institute, Kazakhstan

Abstract. *The paper presents the technological scheme of the equipment for processing of hosiery. The strength calculations were carried out with the design drawings for the proposed equipment. The analysis of marketing research and the dynamics of the volume of demand and supply companies, price indicators allowed us to make a forecast of the market development in the period of project implementation and executed a business plan for production of equipment for recycling of sewing-knitting production is effective, pays its way in a relatively short time.*

Keywords: *low-waste technology, equipment for processing yarn waste, wet-heat processing, yarn tension.*

УДК 621.771

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ МЕТАЛЛА С ЦЕЛЮ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПОЛОСЫ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ

Р.Т. Пошанов, магистрант, 6М071200 Машиностроение
Карагандинский государственный индустриальный университет (КГИУ) (Темиртау), Казахстан

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования закономерностей распределения скоростей в очаге деформации с применением программного комплекса DEFORM. Приведены результаты моделирования изменения скоростей полосы в очаге деформации в поперечном сечении.*

***Ключевые слова:** прокатка, кинематика, моделирование, очаг деформации, скорость полосы, скорость вала, DEFORM.*

При прокатке металла при заданной величине скорости вращения валков, полоса, проходя через очаг деформации между валками перемещаются с неравномерной скоростью. При этом, начальная скорость полосы на входе в очаг деформации всегда меньше чем заданная скорость вала, а скорость полосы на выходе – всегда больше чем скорость валков.

Особый интерес представляет закономерность изменения скорости полосы на контактной поверхности металла с валком. В зависимости от характера изменений разности скоростей на контактной поверхности могут существовать разные зоны: зона отставания металла от валков, зона опережения полосы скорости валков и возможно зона равенства этих скоростей.

Экспериментально определить наличие этих зон затруднительно, поэтому использование современного метода моделирования в программном комплексе «Deform» позволяет решить эту задачу.

Кроме того, при моделировании можно также определить количественные характеристики изменения скорости полосы вдоль очага деформации. При этом, особую значимость имеет точные знания скоростей переднего и заднего концов полосы, что является актуальной задачей при непрерывной прокатке.

Для исследования влияния контактного трения на кинематические параметры процесса прокатки проводим сравнительный анализ изменения скоростей характерных точек по длине очага деформации. Выбор характерных точек поперечного сечения для анализа произвели по схеме, показанной на рисунке 1.

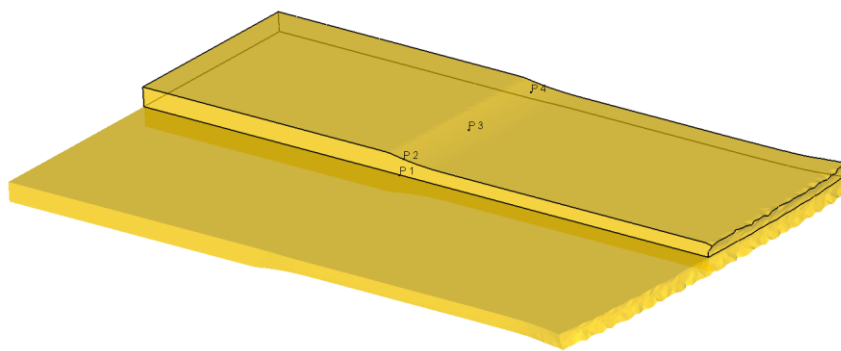


Рисунок 1. Схема расположения характерных точек в поперечном сечении

Исходные данные прокатки показаны в таблице 1:

Таблица 1

Исходные данные прокатки			
Параметр	Величина	Значение	Единица измерения
Исходная толщина полосы	h_0	7	мм
Абсолютные обжатия	Δh_1	1	мм
	Δh_2	1,5	мм
	Δh_3	2	мм
Исходная ширина полосы	b	70	мм
Длина полосы	l	100	мм
Коэффициент трения	μ	0,3	
Скорость вала	v	0,1	м/с

Графические отображения характера изменения скоростей при различных значениях абсолютного обжатия показаны на рисунках 2-5.

Ниже представлены результаты моделирования при абсолютном обжатии $\Delta h_1=1$ мм:

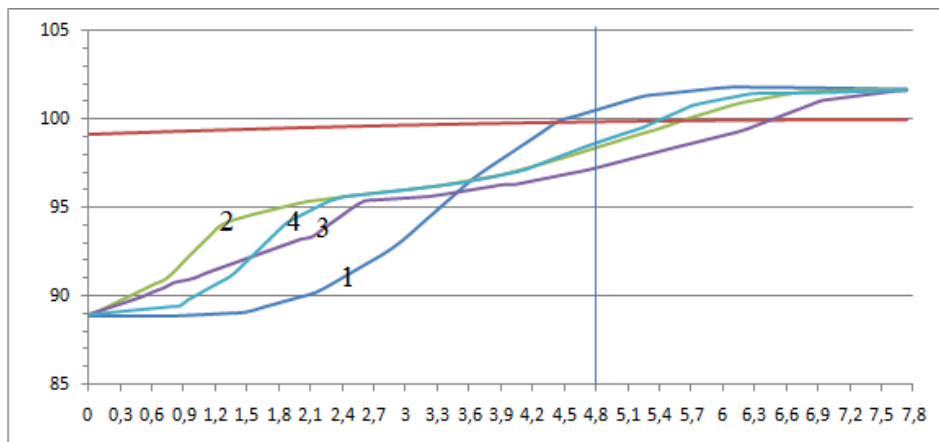


Рисунок 2. График сравнения изменений скоростей в очаге деформации при абсолютном обжатии $\Delta h=1$ мм

Характер изменения графиков срединного (точка 1) и приконтактных (точки 2,3,4) слоев металла в очаге деформации при абсолютном обжатии 1 мм. Скорость приконтактных слоев полосы после входа в очаг деформации увеличивается больше, чем скорость срединного сечения полосы, но до нейтрального сечения уравнивается со скоростью срединного слоя металла. Дальше характер изменения этих точек с точностью наоборот, то есть скорость срединного слоя металла увеличивается больше чем скорость приконтактных слоев полосы металла. То есть скорость приконтактных слоев полосы до выхода из очага деформации всегда меньше, чем скорость срединного слоя металла.

Ниже представлены результаты моделирования при абсолютном обжатии $\Delta h_2=1,5$ мм:

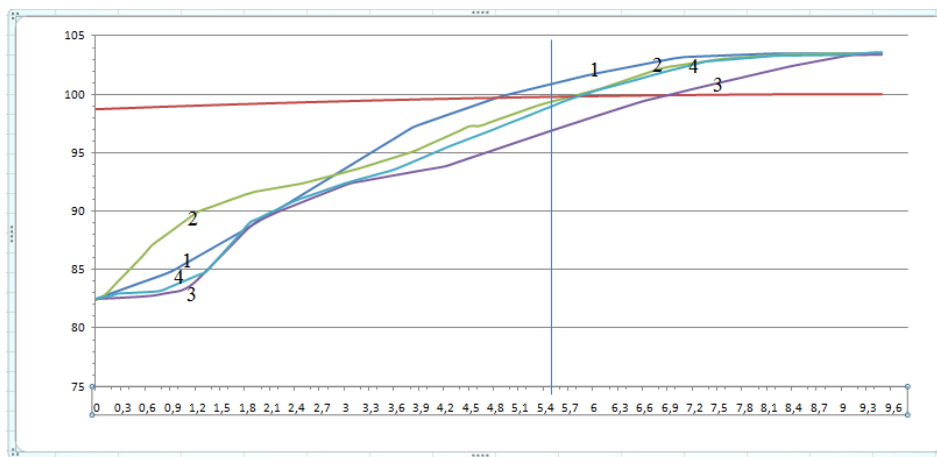
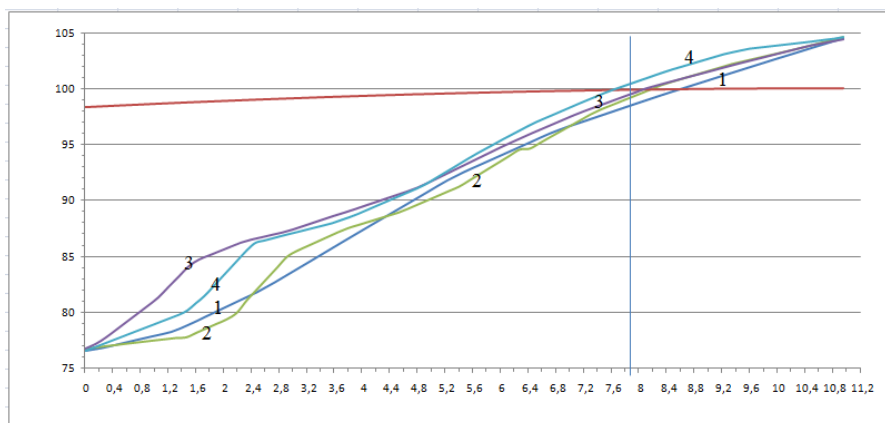


Рисунок 3. График сравнения изменений скоростей в очаге деформации при абсолютном обжатии $\Delta h=1,5$ мм

По графику можно увидеть, что скорость срединного сечения металла на входе всегда меньше, чем приконтактный слой (2) и больше, чем остальные две приконтактные слои (3,4) и меняется по плавной параболе делая угол меньше при абсолютном обжатии 1мм, а на выходе выше чем скорости приконтактных слоев металла.

Ниже представлены результаты моделирования при абсолютном обжатии $\Delta h_1=2$ мм:

Рисунок 4. Моделирование при абсолютном обжатии $\Delta h=2$ мм

По графику можно увидеть, что скорость срединного сечения металла после входа в очаг всегда меньше, чем скорости приконтактных слоев (3,4) и больше, чем скорость приконтактного слоя (2) и меняется по плавной параболе делая угол меньше при абсолютном обжатии 1мм и 1,5мм, а до выхода из очага деформации ниже чем скорости приконтактных слоев металла.

Заключение

При моделировании в программной среде DEFORM определено, что при прокатке металла при заданной величине скорости вращения валков, полоса, проходя через очаг деформации между валками перемещаются с неравномерной скоростью. При этом, начальная скорость полосы на входе в очаг деформации всегда меньше, чем заданная скорость валка, а скорость полосы на выходе – всегда больше, чем скорость валков.

Выяснилось, что полоса движется вдоль очага деформации неравномерно изменяя свою скорость от минимальной величины на входе в очаг деформации до максимальной скорости на выходе. Выявлены зоны опережения, отставания и прилипания.

Кроме того, при моделировании также определены количественные характеристики изменения скорости полосы вдоль очага деформации. При этом, определены точные значения скоростей переднего и заднего концов полосы, что является актуальной задачей при непрерывной прокатке.

Зная значения скоростей переднего и заднего концов полосы, можно определить среднюю скорость полосы в очаге деформации. Определен характер изменения скоростей в срединном и поверхностном сечениях. Проведен анализ по результатам моделирования и определены различия между срединными скоростями полосы с приконтактными слоями металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грудев, А.П. Внешнее трение при прокатке. / А.П. Грудев – М.: Металлургия, 1973. – 268 с.
2. Грудев, А.П. Захватывающая способность прокатных валков. / А.П. Грудев – М.: СП «Интермет Инжиниринг», 1998. – 283 с.
3. Грудев, А.П. Теория прокатки. / А.П. Грудев – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 280 с.: ил
4. Гун, Г.Я. Математическое моделирование процессов обработки металлов давлением. / Г.Я. Гун – М.: Металлургия, 1983. – 352 с.
5. Клименко, В.М. Кинематика и динамика процессов прокатки. / В.М. Клименко и др. М.: Металлургия, 1984. – 232 с.
6. Николаев, В.А. Параметры деформации металла в гладких валках и калибрах. / В.А. Николаев и др. – К.: Освита Украины, 2010. – 235 с.
7. Целиков, А.И. Теория прокатки. Справочник / А.И. Целиков и др. – М.: Металлургия, 1989. – 335 с.

Материал поступил в редакцию 26.12.17.

MODELING THE ROLLING PROCESS KINEMATICS OF METAL WITH THE AIM OF ESTABLISHING THE PATTERN OF VELOCITY DISTRIBUTION OF THE STRIP IN THE DEFORMATION ZONE

R.T. Poshanov, Master's Degree Student Majoring in Machine Engineering
Karaganda state industrial University (Termitau), Kazakhstan

Abstract. The article presents the results of the study of the velocity distribution of the strip in the deformation zone with the use of program complex DEFORM. The results of modeling of velocity change of a strip in the deformation center are given in cross section.

Keywords: rolling, kinematics, modeling, deformation zone, velocity of a strip, velocity of a roll, DEFORM.

УДК 677.057.74

СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛОТНОСТИ ОСЕВОЙ НАМОТКИ ТКАНИ В РУЛОН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАКАТНЫХ МАШИН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОТДЕЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

М.А. Соломаничев, старший преподаватель

Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Образования
«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», Россия

***Аннотация.** В отделочном производстве текстильной промышленности при осевой намотке ткани в рулон необходимо регулировать её натяжение так, чтобы практически исключить межвитковое давление вышележащих слоев ткани на нижележащие [1]. Таким образом необходимо обеспечить повышенную точность стабилизации плотности намотки. В одном из вариантов решения [2] используется сложный закон регулирования натяжения ткани, что вносит определенную погрешность в соответствующий сигнал управления и, как следствие, вызывает отклонение плотности её намотки. Рассмотрен возможный вариант построения системы управления, применительно к электроприводу осевой накатной машины, лишенный указанного недостатка и способствующий решению поставленной задачи.*

***Ключевые слова:** накатная машина, электропривод, ткань, натяжение, плотность осевой намотки, система управления, математическая модель, фаззи-регулятор.*

Введение. Постановка задачи исследования

Технологический процесс намотки гибких материалов широко используется в различных отраслях промышленного производства, в том числе и в отделочном производстве текстильной промышленности (например, намотка ткани в рулон). При всем многообразии требований к качеству формируемых рулонов можно выделить главные из них [3]: равномерность, плотность намотки и длина намотанного материала. Некачественная намотка отрицательно сказывается на последующих технологических операциях, по причине развивающихся в рулоне недопустимых деформаций.

В условиях достаточно жестких требований к качеству намотки широкое применение находят осевые накаты, позволяющие обеспечить управление параметрами формируемого рулона. При этом в качестве основной управляющей координаты, как правило, используется натяжение ткани, но его стабилизация в процессе намотки не обеспечивает формирование рулона с равноплотной (по радиусу) структурой. В связи с этим, на этапе проектирования систем управления электроприводов осевых накатных машин, актуальной становится задача повышения точности стабилизации плотности намотки ткани в рулон.

Методы и средства решения поставленной задачи

Использование натяжения ткани в качестве одной из главных управляющих координат позволяет решить указанную выше задачу, во многом благодаря выполненным в последнее время исследованиям [6–9], а также наличию микропроцессорной техники и современных систем автоматизированного электропривода. Однако, несмотря на многочисленные исследования процесса намотки гибких материалов (в различных отраслях промышленности), на сегодняшний день отсутствует адекватная математическая модель, которую можно использовать в системе управления плотностью намотки.

Таким образом, не менее актуальными являются построение математических моделей процесса намотки применительно к системам управления осевыми накатными машинами без уплотняющего вала, а также разработка таких систем. При этом для формирования рулона высокого качества система управления должна иметь подсистему датчиков, считывающих информацию о длине и натяжении ткани, радиусе рулона, линейной скорости намотки, а также современные средства автоматизированного электропривода, например, асинхронного электропривода с частотным или векторным управлением, который, благодаря известным преимуществам, активно вытесняет электропривод постоянного тока.

Решение поставленной задачи

В качестве одного из возможных вариантов решения, который основан на применении математического аппарата теории нечетких множеств и фаззи-регуляторов [10], предлагается использовать модель системы управления осевой намоткой ткани с фаззи-регулятором её натяжения [4] (рис. 1), содержащую модель [2] известного устройства [12], обеспечивающего стабилизацию плотности намотки в рулон.

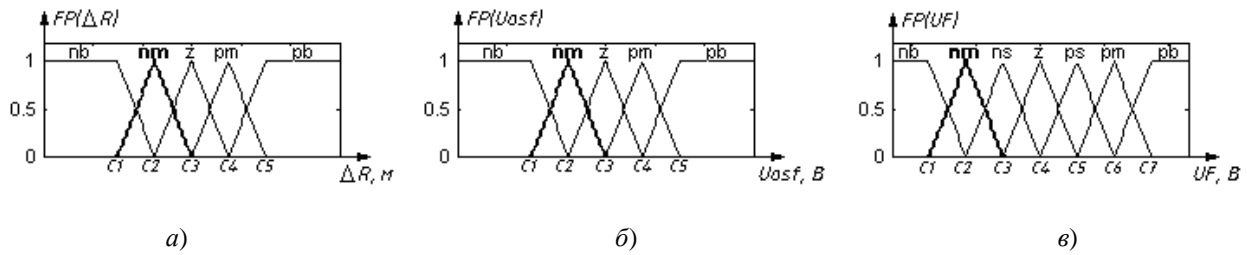


Рис. 2. Вид функций принадлежности фаззи-регулятора натяжения ткани:
 а – для переменной ΔR ; б – для переменной U_{osf} ; в – для переменной U_F

На рис. 3 представлена матрица состояний (размер 5×5) [4], составленная для всех переменных данного фаззи-регулятора.

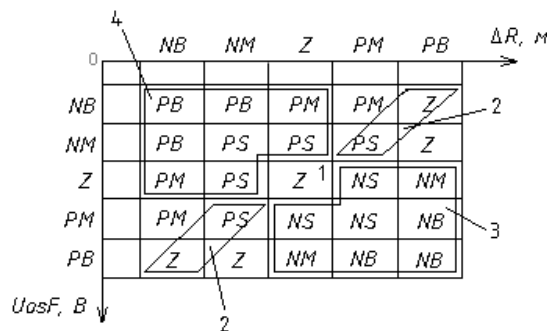


Рис. 3. Матрица состояний фаззи-регулятора натяжения ткани

Элементы матрицы отражают состояния регулятора, соответствующие указанным выше терминам его выходной переменной U_F и возможным состояниям системы регулирования натяжения ткани при её осевой намотке в рулон. Порядок расположения этих элементов отвечает известному логическому закону регулирования релейного типа [11], который является логическим условием устойчивости указанной системы.

Таким образом определены 4 различных состояния системы регулирования натяжения ткани, соответствующие регулированию выходной переменной U_F фаззи-регулятора [4]:

- при $\Delta R = 0$ и натяжении ткани F равном заданному значению F_z подавать управляющее воздействие на систему не требуется ($U_F = 0$) (на рис. 3 соответствует центральному элементу матрицы, обозначенному цифрой 1);
- при условии, что знак ΔR противоположен знаку U_{osf} и значения этих переменных относятся к одинаковым терминам, натяжение ткани F быстро увеличивается до заданного значения F_z , поэтому необходимо либо подать на систему управляющее воздействие по натяжению относительно малой величины, либо обеспечить $U_F = 0$ (на рис. 3 соответствует группам элементов матрицы, обозначенным цифрой 2);
- при $\Delta R > 0$ и натяжении ткани $F < F_z$ на систему необходимо подать отрицательное управляющее воздействие по натяжению (на рис. 3 соответствует группе элементов матрицы, обозначенной цифрой 3);
- при $\Delta R < 0$ и натяжении ткани $F > F_z$ на систему необходимо подать положительное управляющее воздействие по натяжению (на рис. 3 соответствует группе элементов матрицы, обозначенной цифрой 4).

В ходе имитационного моделирования установлено, что наличие в структуре модели [2] ключевого элемента Switch1, на выходе которого за время одного оборота рулона формируются управляющие высокочастотные импульсы, нарушает работу рассматриваемого фаззи-регулятора по причине быстрого изменения во времени его входных переменных. Поэтому, для устранения этого недостатка, в модель устройства стабилизации плотности намотки [2] добавлен элемент переключения Switch (рис. 4) сигнала обратной связи по входной переменной ΔR фаззи-регулятора натяжения ткани [4].

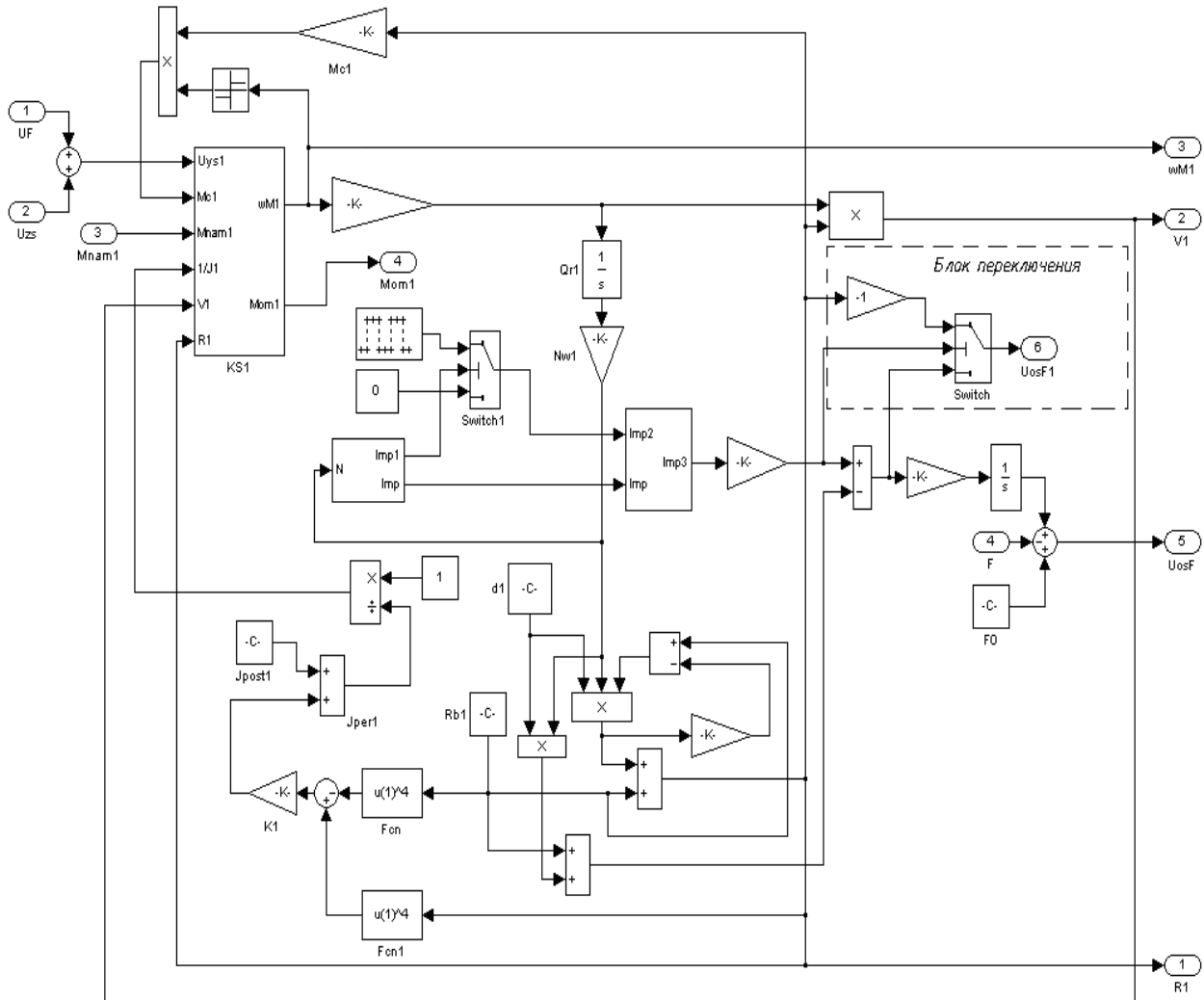
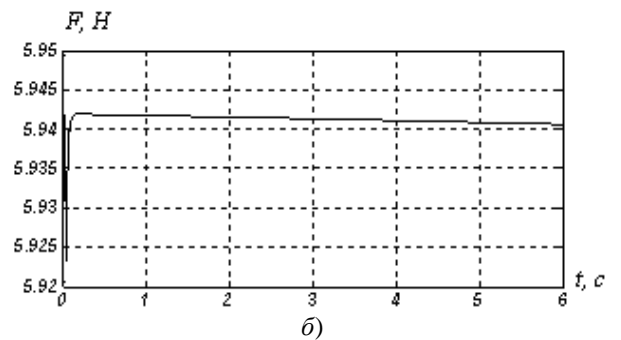
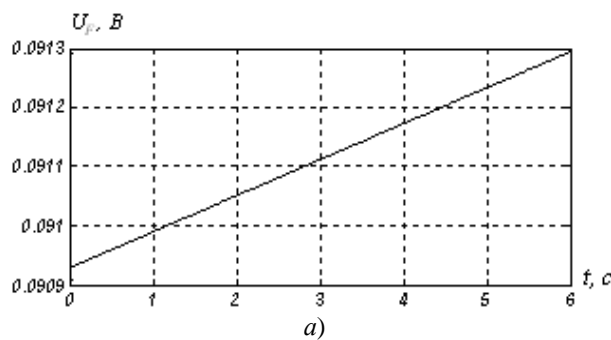


Рис. 4. Структура математической модели блока EPI с элементом переключения Switch (разработана в среде имитационного моделирования Simulink MATLAB R2006a)

Сигнал обратной связи по входной переменной ΔR фаззи-регулятора (на выходе элемента Switch) равен её значению в моменты времени, когда отсутствуют импульсы на выходе ключевого элемента Switch1, и равен по абсолютной величине (с точностью до знака) текущему значению радиуса намотки в моменты времени, когда на выходе Switch1 формируются управляющие импульсы.

Результатами имитационного моделирования системы управления осевой намоткой ткани в рулон (рис. 1) являются графики переходных процессов (рис. 5, а–б), полученные при скорости намотки 0,3 м/с за период времени, соответствующий двум полным оборотам формируемого рулона [4], с учетом параметров математической модели, приведенных в [5].



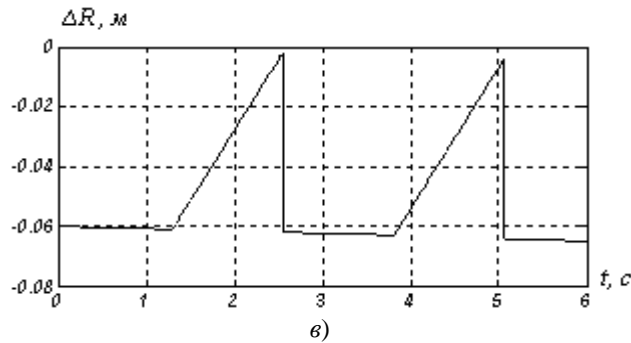


Рис. 5. Графики переходных процессов изменения контролируемых параметров процесса осевой намотки ткани в рулон: а – напряжения управления на выходе фаззи-регулятора; б – натяжения ткани; в – величины разности между теоретическим (расчетным) и фактическим (измеряемым) радиусами формируемого рулона

Обсуждение и анализ результатов исследования

При разработке математической модели, приведенной на рис. 1, на этапе синтеза фаззи-регулятора натяжения ткани [4] учитывалось то обстоятельство, что использование в данной модели только одного фаззи-регулятора может оказаться недостаточным для реализации необходимого закона регулирования натяжения ткани [11]. Это обусловлено отсутствием в своде правил работы (матрице состояний) такого регулятора зоны, где величина его входной переменной ΔR еще «велика», а величина его выходной переменной $U_{osF} \approx 0$. В этом случае структура модели (рис. 1) должна содержать еще один (дополнительный) фаззи-регулятор, свод правил для которого определяется указанной зоной.

Здесь следует отметить, что свод правил (матрица состояний), представленный на рис. 3, соответствует эквивалентному фаззи-регулятору [4]. При этом его выходной сигнал (эквивалентное напряжение управления натяжением ткани) определяется по принципу максимума из величин его входных сигналов, поступающих с основного и дополнительного фаззи-регуляторов.

При анализе полученных результатов имитационного моделирования (рис. 5) [4] было выявлено, что в системе управления осевой намоткой ткани в рулон, содержащей фаззи-регулятор её натяжения и дополнительный элемент переключения сигнала обратной связи по переменной ΔR , за время одного оборота формируемого рулона её значение (ошибка регулирования) существенно меньше, чем в системе, рассмотренной в [2]. В связи с этим можно отметить монотонный характер изменения напряжения управления на выходе фаззи-регулятора (рис. 5, а) и натяжения наматываемой ткани (рис. 5, б), что обеспечивает повышенную точность стабилизации плотности её намотки в рулон.

Вывод

Применительно к системе электропривода осевой накатной машины предложен вариант решения задачи стабилизации плотности намотки ткани в рулон в виде математической модели системы управления с фаззи-регулятором натяжения ткани [4], реализующий способ повышения точности стабилизации плотности намотки путем регулирования натяжения ткани в функции разности расчетного и измеряемого радиусов рулона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазунов, В.Ф., Литвинский, А.Н., Колесова А.И. К построению рациональной системы управления машиной для намотки ткани. / В.Ф. Глазунов, А.Н. Литвинский // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 1982. – № 1. – С. 64–68.
2. Глазунов, В.Ф., Соломаничев, М.А. Моделирование устройства стабилизации плотности намотки ткани. / В.Ф. Глазунов, М.А. Соломаничев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2007. – № 4. – С. 82–85.
3. Глазунов, В.Ф. Системы управления осевой намоткой гибких материалов: учебное пособие: учебное пособие. / В.Ф. Глазунов и др. – Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2012. – 168 с.
4. Глазунов, В.Ф. Моделирование системы управления намоткой ткани с фаззи-регулятором. / В.Ф. Глазунов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 6. – С. 90–94.
5. Глазунов, В.Ф., Соломаничев, М.А. Моделирование аналоговой системы управления намоткой с учетом изменения радиуса рулона. / В.Ф. Глазунов, М.А. Соломаничев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 1. – С. 104–108.
6. Люханов Б.И. Аналитическое исследование процесса осевой намотки рулона. / Б.И. Люханов // Бумагоделательное машиностроение: сб. науч. тр. – Л.: Машиностроение: 1974. – Вып. 22. – С. 177–189.
7. Построение электропривода осевых накатов текстильного производства / Глазунов В.Ф., Пруднов А.В., Соломаничев М.А., Шишков К.С. // Тр. VIII Междунар. (XIX Всероссийской) научно-техн. конф. по автоматиз. электроприводу АЭП-2014, г. Саранск, 7-9 окт. 2014. Саранск: НИ МГУ им. Н.П. Огарева, 2014. – С. 264–267.
8. Соломаничев, М.А., Прохоров, С.С. О влиянии натяжения ткани на структуру паковки. / М.А. Соломаничев, С.С. Прохоров // Сб. мат. междунар. НТК «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XVI Бенардосовские чтения), г. Иваново, 1-3 июня 2011. Иваново: ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2011. – Т. 3. – С.66–69.

9. Соломаничев, М.А., Добротин, С.А. Стабилизация плотности намотки в накатных машинах. / М.А. Соломаничев, С.А. Добротин // Сб. мат. междунар. НТК «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XVII Бенардосовские чтения), г. Иваново, 29-31 мая 2013. Иваново: ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина», 2013. Т. 3. С. 57-59.

10. Терехов, В.М., Владимирова, Е.С. Некоторые аспекты применения фаззи-управления в электроприводах. / В.М. Терехов, Е.С. Владимирова // Электричество. – 1999. – № 9. – С. 34–38.

11. Терехов В.М. Алгоритмы фаззи-регуляторов в электротехнических системах. / В.М. Терехов // Электричество. – 2001. – № 12. – С. 55–63.

12. Устройство для намотки ткани: пат. 46483 Российская Федерация, МПК 7 В 65 Н 23/00 / В. Ф. Глазунов, М.А. Соломаничев (Россия). – № 2005106063; заявл. 03.03.2005; опубл. 10.07.2005, Бюл. № 19, Приоритет 03.03.2005 (Россия). – 5 с.

Материал поступил в редакцию 25.12.17.

THE WAY TO SOLVE THE PROBLEM OF AXIAL WINDING DENSITY STABILIZATION OF THE FABRIC INTO A ROLL IN THE DESIGN OF CONTROL SYSTEMS OF ELECTRIC DRIVES OF BATCHING MACHINES USED IN THE FINISHING PRODUCTION OF THE TEXTILE INDUSTRY

M.A. Solomanichev, Senior Lecturer
Ivanovo Power Engineering Institute, Russia

Abstract. *When the axial winding the fabric in roll, it is necessary to regulate its tension to virtually eliminate inter-turn pressure of the upper fabric layers to the underlying in the finishing production of the textile industry [1]. Therefore, it is important to provide increased accuracy of the density winding stabilization. One of the solution uses a complex control system of the fabric tension, which introduces some error to the corresponding control signal and, consequently, causes a deviation of the density of its winding. The possible option of creation of a control system, in relation to the electric drive of the axial batching machine, deprived of the specified shortcoming and promoting the solution of an objective is considered.*

Keywords: *batching machine, electrical drive, fabric, density, axial winding density, control system, mathematical model, fuzzy-controller.*

УДК 537.534.8

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМОТЖИГА НА СОСТОЯНИЕ
ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ АТОМОВ Mn В Si****Б.Э. Эгамбердиев¹, А.Т. Рахманов², С. Розиков³**¹ доктор физико-математических наук, профессор,² кандидат технических наук, доцент, ³ магистр

Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан

Аннотация. В данной работе приведены результаты исследований изучения профилей распределения имплантированных атомов Mn в Si в зависимости от дозы облучения и температуры отжига методом РОР. Полученные результаты подтверждают аналогичные данные, полученные ВИМС. Изучено влияние термоотжига на распределение Mn и других примесей, в частности, кислорода. Приведена возможность использования метода РОР для анализа концентрационного распределения легированных примесей и взаимодействия примесей между собой.

Ключевые слова: примеси, профили, влияние, термический отжиг, глубина, концентрационное распределение, доза облучения, температуры активации.

Как известно в кремний, легированным элементом, переходных групп, в частности марганец, наблюдается ряд физических явлений, представляющих научный и практический интерес [1-2].

Получение тонких слоев в приповерхностной области Si с заданными электрофизическими свойствами и определенной толщиной представляет большой интерес как с точки зрения технологии, так и для создания различных датчиков и приборов высокой чувствительности. Наиболее интересными в этой области являются легирующие примеси элементов переходных групп, в частности марганец. С технологической точки зрения создать тонкие слои в кремнии с ограниченной глубиной и достаточной концентраций диффузионным методом является невозможным из-за большого значения коэффициента диффузии этих элементов. Поэтому прибегают к методу ионно-лучевого легирования.

Однако в литературе практически отсутствуют работы об ионной имплантации и профилях распределения по глубине марганца в кремнии.

Поскольку примеси Mn в Si могут находиться как в узлах, так и междоузлах кристаллической решетки, и взаимодействовать с дефектами решетки, то распределение их при ионной имплантации и механизм их активации представляют определенный интерес.

Целью настоящих исследований является изучение профилей распределения имплантированных атомов марганца в кремнии в зависимости от дозы облучения и температуры отжига.

Как известно, для изучения профиля распределения ионно- имплантированных слоев традиционными методами является вторично ионная масс-спектрометрия и Оже-электронная спектроскопия с послойным удалением. Но эти методы не дают высокой точности количественных характеристик, хотя точные количественные данные о концентрации легирующих примесей необходимы для дозировки с целью получения тонких слоев с заданными электрофизическими свойствами.

Поэтому в данной работе для исследования профилей распределения легирующих примесей Mn и влияния температуры активации на их распределения применили метод резерфордского обратного рассеяния (РОР).

Для исследования использовали пластины монокристаллического кремния марки КДБ с $\rho = 10$ Ом·см. Имплантацию ионов Mn и в кремнии осуществляли на установке ИЛУ-3 при энергии ионов 40 кэВ вдоль кристаллографической оси (111). Дозу имплантации (N) варьировали в пределах 10^{15} - 10^{17} ион/см². Удельное сопротивление образцов измеряли 4-х зондовым методом.

На рис 1а-1в приведены профили распределения имплантированных ионов марганца в кремнии с 40 кэВ при различных дозах имплантации. Независимо от дозы имплантации распределения описывается гауссовской функцией. При этом глубина проецированного пробега (Rp) в зависимости от дозы облучения лежит в пределах 398 Å-410 Å. Это хорошо совпадает с данными исследования этих образцов другими методами, например, ВИМС [3].

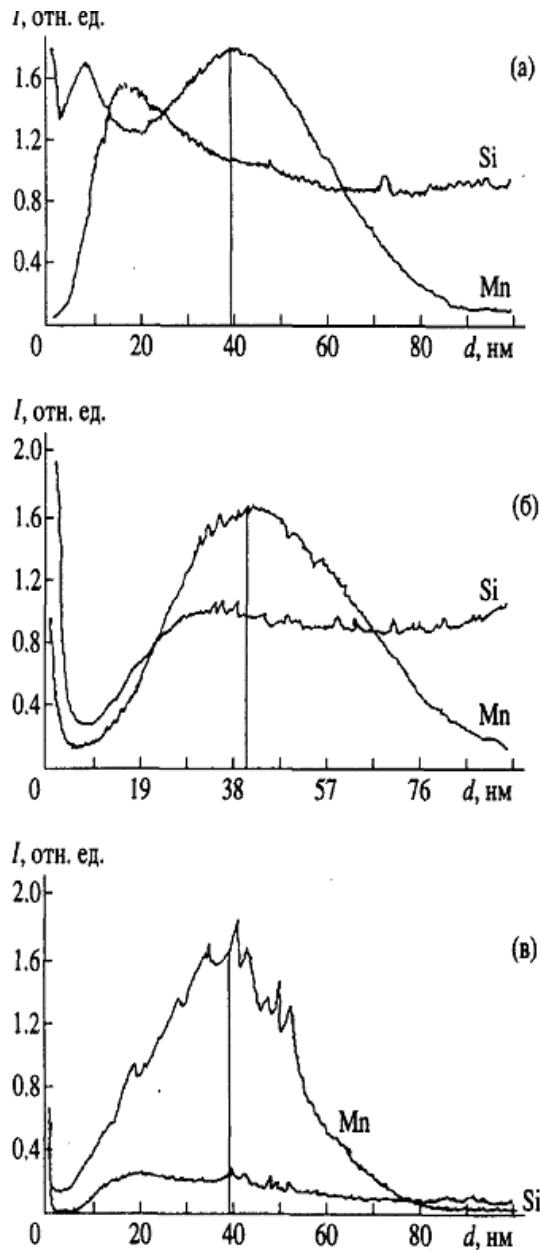


Рис. 1. Профили распределения марганца в кремнии при дозах имплантации $N_0=5 \cdot 10^{15}$ (а), $5 \cdot 10^{16}$ (б), $5 \cdot 10^{17}$ ион/см² (в) (d - глубина слоя)

Исследования по POP для образцов Si после имплантации Mn дозой 10^{15} ион/см² дали результаты на поверхности образца кремния – 82.7 %, кислород – 10 %, марганец – 2 % в атомных единицах. В пределах чувствительности Mn наблюдается до глубины – 600 Å, а кислород – 900 Å. Для кремниевых пластин после ионной имплантации Mn 10^{16} ион/см² процентное содержание кремния, кислорода и марганца в атомных единицах на поверхности составляет Si – 69 %, 0-29 %, Mn – 2 %. Существенное изменение процентного содержания наблюдается на глубине порядка – 400 Å, где наблюдается следующие соотношения: Si – 76 %, 0-18 %, Mn – 6 %. В пределах чувствительности метода Mn наблюдается до глубины – 650 Å. Начиная с этой глубины, наблюдается редкое изменение содержания кислорода. На глубине – 900 Å кислород практически не чувствуется.

При имплантировании Mn дозой 10^{17} ион/см² наблюдается следующая картина: на поверхности образца Si – 64 %, 0-34 % и Mn – 2 %. На глубине 400 Å Si – 82 %, 0-3 %, Mn – 15 % в атомных единицах.

Анализ полученных данных показывает, что в процессе ионной имплантации, как на поверхности образца, так и на глубине максимума распределения Mn в основном содержание кислорода. Можно предположить, что внедренные ионы Mn повсеместно вытесняют кислород. Это предположение оправдывается в случае, если кислород в кристалле кремния находится в свободном состоянии [4-5].

Большой научный и практический интерес представляет влияние термического отжига на поведение легирующих примесей, в частности, на распределение по глубине. Ниже приводятся результаты влияния

термического отжига на распределение Mn по глубине Si образцов в течение 30 мин – рис 2. Как видно, температурный отжиг при 600° С существенно влияет на распределение примесей по глубине. Сильное влияние начинается при температурах 900° С.

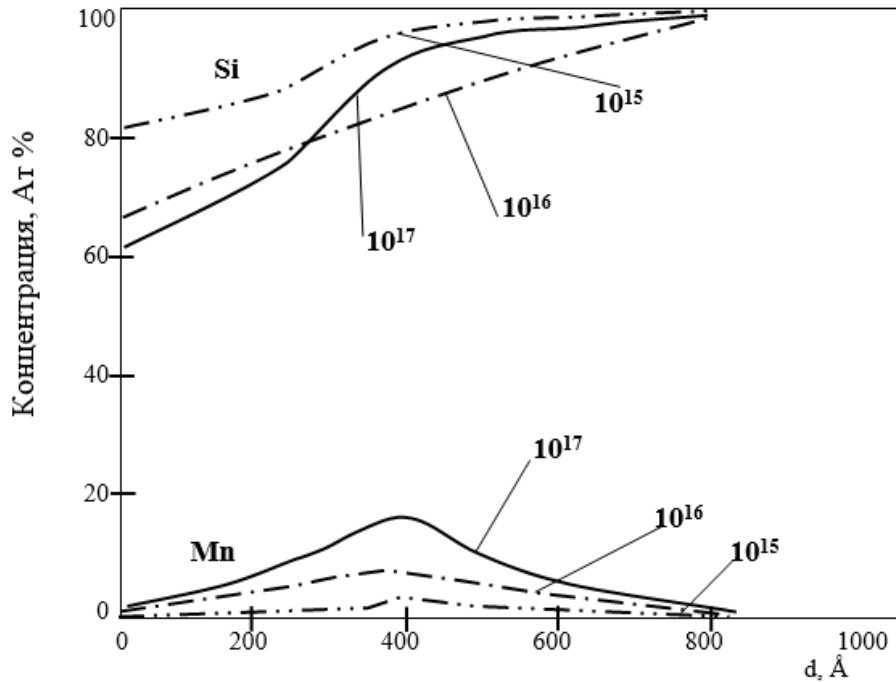


Рис. 2. Распределение концентрации Mn в Si по глубине при дозе облучения $10^{15} - 10^{17}$ ион/см²

Для образцов, легированных Mn при дозе 10^{15} ион/см² максимум распределения перемещается на глубину – 800 Å, практически имеет содержание до 2 % ат.ед. – рис.3. При этом на поверхности не чувствуется содержание Mn, кислород уменьшается до 27 % ат.ед, на глубине 800 Å кислород не чувствуется.

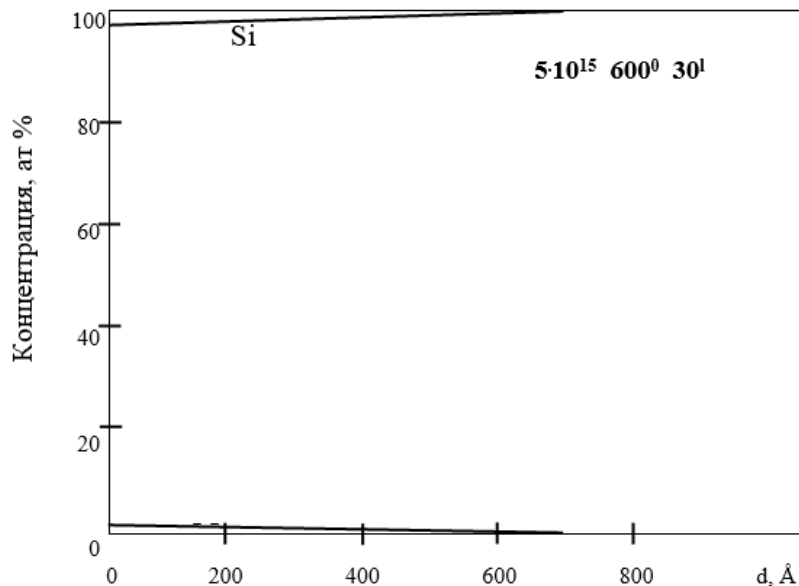


Рис. 3. Распределение концентрации Mn в Si по глубине при дозе облучения 10^{15} ион/см² после отжига при температуре 600°С в течении 30 минут

Для образцов, легированных при дозе 10^{16} ион/см², отжиг в течение 30 мин при температуре 600°С практически существенно влияет на распределение Mn. Наблюдается разрыве максимума. При температуре отжига 900°С максимум распределения перемещается на глубину 800Å с уменьшением максимума до 5 % ат.ед.

Распределение примесей для образцов, легированных Mn доз 10^{-17} ион/см² при термическом отжиге претерпевает существенные изменения. Температурный отжиг при 600 °С в течение 30 мин к сдвигу максимума распределения на глубину 380 Å и некоторому увеличению содержания на поверхности. Температурный отжиг при 900 °С в течение 30 мин сильно влияет на распределение Mn. Максимум смещается на глубину 600 Å. Форма распределения становится более пологой, Mn наблюдается до глубины порядка 1200 Å в пределах до 5 % ат.ед – рис. 4.

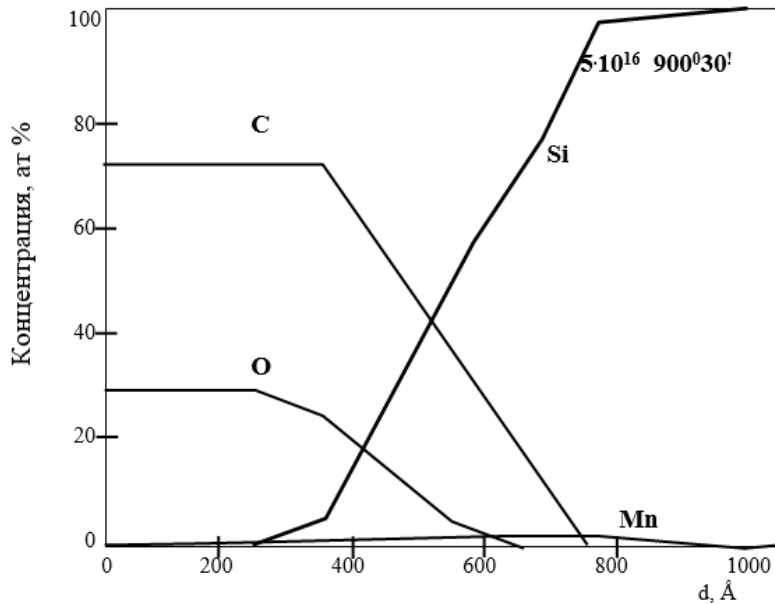


Рис. 4. Распределение концентрации Mn в Si по глубине при дозе облучения 10^{16} ион/см² после отжига при температуре 900°C в течении 30 минут

Анализ полученных данных дает основание утверждать, что с помощью POP можно получить не только сведения о распределении примесей по глубине образцов, но и получить количественные характеристики.

На наш взгляд, интересной является связь между распределением марганца и кислорода в кристаллах кремния. Сопоставление этих распределений показывает, что в глубине максимума распределения марганца содержание кислорода минимальное, и наоборот в местах максимума содержания кислорода концентрация марганца имеет минимальное значение.

Для нелегированных исходных образцов Si наблюдается распределение кислорода с некоторым избытком на поверхности с монотонным убыванием его в глубь образца, далее имеет место равномерное распределение.

После ионной имплантации это распределение претерпевает сильное изменение. Концентрация на поверхности и приповерхностных областях увеличивается, в области максимума распределения Mn наблюдается резкий спад его концентрации. Такое изменение происходит для всех образцов с различной дозой облучения.

Основываясь на полученных результатах, можно утверждать, что марганец при ионной имплантации в основном замещает кислород. Это утверждение будет реальным, если внутри объема Si кислород находится в несвязанном состоянии.

Процесс ионной имплантации влияет не только на состояние кислорода, но и на состояние дефектов. Созданные дефекты, как на поверхности, так и на глубине Si открывают свободные радикалы, которые притягивают к себе свободные частицы, в частности, O.

Таким образом, изучены профили распределения в Mn с различной дозой облучения в Si методом POP. Полученные результаты хорошо согласуются с аналогичными данными, полученными ВИМС. Изучено влияние термического отжига на распределение Mn и других примесей, в частности, O. Отмечена возможность использования метода POP для анализа как концентрационного распределения легирующих примесей, так и взаимодействия примесей между собой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Риссел, Х, Руге, И. Ионная имплантация. / Х. Риссел, И. Руге – М.: Наука, 1983. – С. 360.
2. Лифшиц, В.Г. Электронная структура и силицидов образование в тонких пленках переходных металлов на кремнии. / В.Г. Лифшиц – Препринт, 1984. – С. 260.
3. Эгамбердиев, Б.Э. Свойства поверхностных и приповерхностных слоев кремния, имплантированного марганцем. / Б.Э. Эгамбердиев и др. // Неорганические материалы РАН. – 1995. – Т. 31. – № 3. – С. 301–303.
4. Эгамбердиев, Б.Э. Электронно-спектроскопические исследования физических свойств эпитаксиальных комбинаций и ионно-имплантированных слоев в кремнии. / Б.Э. Эгамбердиев – Докторская диссертация – Т, 2003. – С. 243.
5. Эгамбердиев, Б.Э. Физика и диагностика поверхности. / Б.Э. Эгамбердиев и др. – Т, 2012, С. 460.

Материал поступил в редакцию 20.12.17.

**THE INFLUENCE OF THERMAL ANNEALING
ON THE ION-IMPLANTED ATOMS STATE OF Mn IN Si**

B.E. Egamberdiyev¹, A.T. Rakhmanov², S. Rozikov³

¹ Doctor of Physico-Engineering Sciences, Professor

² Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, ³ Master of Sciences
Tashkent State Technical University, Uzbekistan

Abstract. *The research results of implanted atoms distribution profiles of Mn in Si depending on the dose and annealing temperature by method of Rutherford backscattering are given in this work. The received results confirm the similar data obtained by secondary ion mass-spectrometry. The influence of thermo-annealing on distribution of Mn and other impurity, in particular, of oxygen is studied. The possibility of use of the Rutherford backscattering method for the analysis of concentration distribution of the alloyed impurity and interaction of impurity among themselves is presented.*

Keywords: *impurities, profiles, influence, Rutherford backscattering, depth, concentration distribution, irradiation dose, activation temperature.*

УДК 537.534.8

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ POP ПРОФИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ АТОМОВ Fe В Si

Б.Э. Эгамбердиев¹, А.Т. Рахманов², А.С. Маллаев³, С. Розиков⁴

¹ доктор физико-математических наук, профессор,

² кандидат технических наук, доцент,

³ кандидат физико-математических наук, доцент, ⁴ магистр

Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан

Аннотация. Приводятся результаты исследования профилей распределения имплантированных атомов железа в кремнии в зависимости от дозы облучения и температуры отжига методом резерфордовского обратного рассеяния (POP). Изучены влияния термического отжига на распределение Fe и других примесей, в частности кислорода. Отмечена возможность использования метода POP для анализа как концентрационно-го распределения легирующих примесей, так и взаимодействия примесей.

Ключевые слова: примеси, профили, влияние, резерфордовское обратное рассеяние, термический отжиг, имплантированные атомы, тонкие слои, глубина, дозы облучения, температуры активации.

Как известно, в кремнии, легированным элементом переходных групп, в частности железом, наблюдается ряд физических явлений, представляющих научный и практический интерес [1, 3].

Получения тонких слоёв имплантированных атомов в приповерхностной области Si с заданными электрофизическими свойствами и определенной толщиной важно, в частности, для технологий создания различных датчиков и приборов высокой чувствительности. Наиболее интересными в этой области являются введение примесей элементов переходных групп, в частности железа. С технологической точки зрения создать тонкие слои в кремнии с ограниченной глубиной и достаточной концентрацией диффузным методом невозможно из-за большого значения коэффициента диффузии этих элементов. Поэтому прибегают к методу ионно-лучевого легирования.

Так как примеси Fe в Si могут находиться как в узлах, так и междоузлиях кристаллической решётки и взаимодействовать с дефектами решётки, то распределение их при ионной имплантации и механизм их активации представляют определённый интерес. Однако в литературе практически отсутствуют работы, посвящённые ионной имплантации и исследованию профиля распределения по глубине железа в кремнии.

Целью настоящих исследований является изучение профилей распределения имплантированных атомов железа в кремнии в зависимости от дозы облучения и температуры отжига.

Как известно, традиционными методами изучения профиля распределения ионно-имплантированных слоёв являются вторично ионная масса – спектрометрия и Оже- спектроскопия с послойным удалением. Этими методами не удается получить достаточно точных количественных данных о концентрации легирующих примесей, необходимых для получения тонких слоёв с заданными электрофизическими свойствами. Поэтому в данной работе для исследования профилей распределения легирующей примеси Fe и влияния температуры активации на её распределение применён метод POP.

Для исследований использовали пластины монокристаллического кремния марки КДБ с $\rho=10$ Ом·см. Имплантация ионов Fe в кремнии осуществляли на установке ИЛУ-3 при энергии ионов 40 кэВ вдоль кристаллографической оси (111). Дозу имплантации (N_0) варьировали в пределах 10^{14} - 10^{17} ион/см². Измерение профилей распределения железа в кремнии осуществляли на установке LAS-2200, а также изучили методом POP. Удельное сопротивление образцов измеряли 4-зондовым методом.

На рис.1 представлены спектры обратного рассеяния ионов He⁺ от монокристалла Si (111), имплантированного ионами Fe⁺ с дозой от 10^{15} до 10^{17} ион/ см².

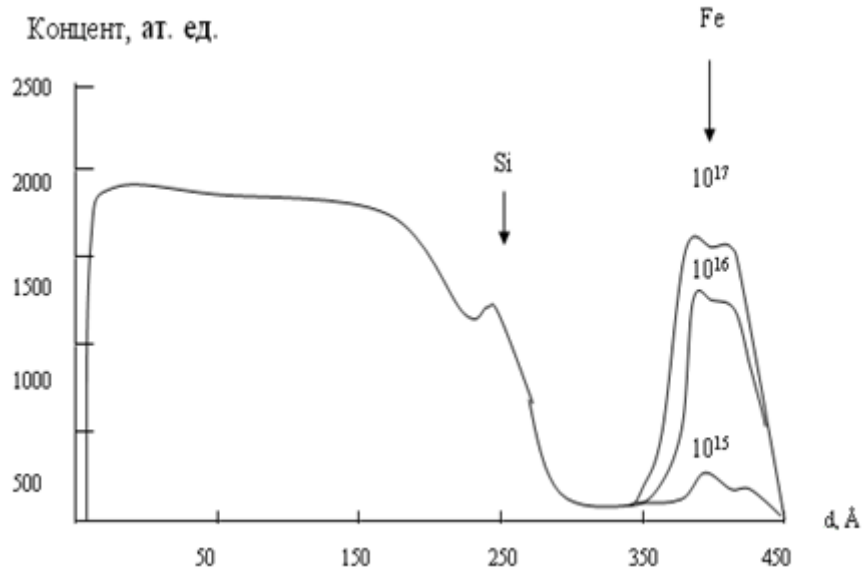


Рис. 1. Спектры РОР ионов He^+ на монокристалле Si, легированного ионами Fe с энергией 40 кэВ и дозами облучения 10^{15} - 10^{17} ион/см²

Из рисунка видно, что на спектре пик, характерный для Fe, начинает появляться при дозе $D \approx 10^{15}$ ион/см². Одновременно изучались кристаллическая структура поверхности и электрофизические свойства ионно-легированных слоёв.

Результаты проведенных экспериментов показали, что при $D \leq 10^{15}$ ион/см² пока ещё не происходит заметное разупорядочение приповерхностных слоёв, а концентрация электроактивных атомов Fe не превышает $\sim 5 \cdot 10^{13}$ см⁻³. Увеличение дозы до $5 \cdot 10^{15}$ ион/см² практически не приводит к увеличению концентрации электроактивных атомов Fe. При этом приповерхностная область частично разупорядочивается, а пик обратного рассеяния от Fe становится более чётким и интенсивным. При дозе облучения $D \approx 10^{16}$ ион/см² происходит аморфизация приповерхностного слоя и существенный рост пика Fe, а на отдельных участках ионно-легированного слоя начинают появляться кластерные фазы Fe+Si. Эти изменения происходили до дозы (8-10) 10^{16} ион/см². Дальнейшее увеличение дозы не приводит к заметному изменению относительной интенсивности пиков Si и Fe. Поэтому дозу $D \approx 10^{17}$ ион/см² можно принимать как дозу насыщения.

В указанном выше случае наибольшее значение концентрации электроактивных атомов достигала до $5 \cdot 10^{14}$ см⁻³. Представляет интерес характер распределения атомов металлов по глубине в Si в зависимости от дозы облучения. При средних дозах облучения ($D \approx 10^{15} - 10^{16}$ см⁻²) профиль распределения имеет очень сложную форму с несколькими максимумами. В качестве примера на рис.2 приведена зависимость концентрации Fe и Si по глубине для дозы ионов $D \approx 10^{16}$ ион/см².

Из рис.2 видно, что концентрации Fe на поверхности в области первого максимума ($d \approx 100$ Å) достигает до 25-30 ат. %.

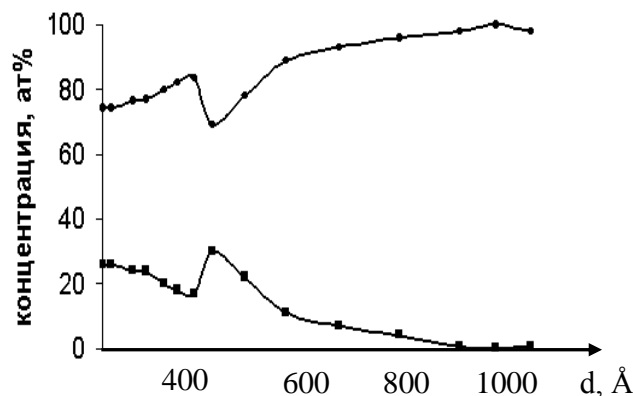


Рис. 2. Профили распределения Fe в Si с энергией 40 кэВ и дозой 10^{16} ион/см²

Основная часть имплантированных атомов располагаются в приповерхностной области до глубины $d \approx 300$ Å. При $d \geq 400$ Å с ростом d концентрация железа резко уменьшается, а при глубине 800-850 Å ее значение

не превышает 1-2 ат. %. При высоких дозах облучения ($D > 10^{17}$ ион/см²) вместо нескольких максимумов появляется один максимум, и концентрация железа на поверхности резко уменьшается. Последняя объясняется увеличением скорости распыления поверхностных атомов. При $D \approx 10^{17}$ ион/см² распределение Fe имеет гауссовскую форму, максимум формируется в приповерхностных слоях $d \approx 400-450 \text{ \AA}$. Содержание железа в максимуме равно $\sim 30-35$ ат. %. Дальнейшее увеличение дозы ионов приводит к смещению максимума в сторону поверхности и его уширению. Это связано как с интенсивным распылением поверхностных слоев, так и с увеличением плотности приповерхностных слоёв вследствие образования силицидов металла. При этом концентрация железа в области широкого максимума составляла 35-40 ат. %. В этих слоях преимущественно образовывались соединения типа FeSi_2 [2, 4].

Анализ полученных результатов исследований показывает, что ионное легирование кремния переходными металлами имеет ряд преимуществ по сравнению с диффузионным легированием:

- активация примесей непосредственно в процессе имплантации или при низкотемпературном отжиге;
- резкое увеличение концентрации электроактивных атомов в тонком приповерхностном слое;
- получение резких p-p переходов;
- Получение термостабильных легированных слоев.

Иная картина наблюдается при прогреве образцов, легированных ионами высокой дозы ($D > 10^{16}$ ион/см²). На рис.3 приведена зависимость $C_{\text{Fe}}(d)$, полученная после прогрева при разных температурах Si (111), легированного ионами Fe^+ с $D = 10^{16}$ ион/см².

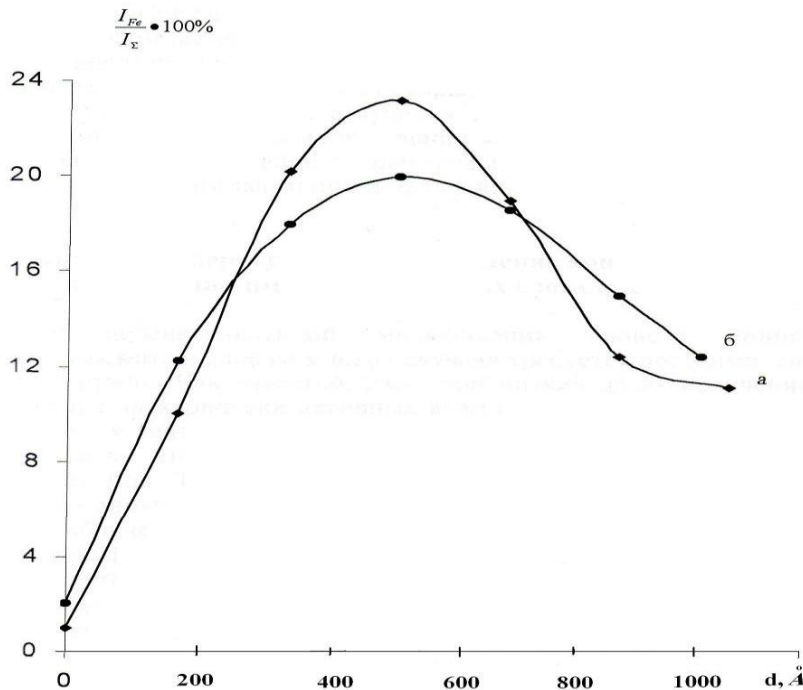


Рис. 3. Профили распределения Fe в Si при имплантации с энергией 40 кэВ и дозой 10^{17} ион/см² а- без отжига; б- после отжига при температуре 1200°C

Отметим, что при отжиге основные изменения состава и структуры легированного слоя происходят в течение 25-30 минут. Поэтому время отжига для всех температур и доз облучения выбиралось равным 30 минут. На рис.3 видно, что после отжига при $T = 800^\circ\text{C}$ концентрация электроактивных атомов железа в области максимума увеличивается в 1,3 раза. Увеличение температуры до 1000°C приводило к увеличению концентрации железа в максимуме до 20 ат. %.

В случае кремния, легированного с $D=10^{17}$ ион/см², после прогрева зависимость $C_{\text{Fe}}(d)$ приобретает П-образную форму. При $T = 1000^\circ\text{C}$ в этих слоях образуются соединения FeSi_2 со строгой стехиометрией, имеющей монокристаллическую структуру. Начиная с $T = 1110^\circ\text{C}$, увеличение T приводит к разложению пленки FeSi_2 и испарению ее компонентов с поверхности [5].

Проведенная по специальной методике термообработка в температурном интервале $t = 600-1200^\circ\text{C}$ показала, что при температуре 600°C происходит заметная активация атомов железа, о чём можно судить по увеличению поверхностного сопротивления образцов. При изотермическом отжиге независимо от температуры с ростом дозы имплантации эффективность имплантации усиливается.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных данных подтверждает, что в процессе ионной имплантации как на поверхности образца, так и на глубине максимум распределения железа в основном меняется за счёт содержания и измерения концентрации кислорода. Можно предположить, что внедрённые ионы железа в кремний в основном вытесняют кислород.

Приведённое выше предположение оправдывается в случае, если кислород в кристалле кремния находится в не химическом соединении. Процесс ионной имплантации влияет не только на состояние кислорода, но также и на состояние дефектов. Созданные дефекты, как на поверхности, так и на глубине кремния, открывают свободные радикалы, в частности кислород.

Полученные результаты хорошо согласуются с аналогичными данными полученными ВИМС. Отмечена возможность использования метода POP для анализа как концентрационного распределения легирующих примесей, так и взаимодействия примесей между собой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумаров, Г.Г. Физика и техника полупроводников. / Г.Г. Гумаров и др. – 1997. – Т. 31. – № 6. – С. 719–721.
2. Маллаев, А.С. Исследование механизмов образования силицидов Mn_2Si_3 , $FeSi_2$, $CoSi_2$, $NiSi_2$ на кремнии полученным ионным легированием. / А.С. Маллаев – Автореферат канд. диссертации. – Ташкент, 2009. – С. 20.
3. Риссел, Х., Руге, И. Ионная имплантация. / Х. Риссел, И. Руге – М: Наука, 1983. – С. 360.
4. Эгамбердиев, Б.Э., Абдугабборов, М. Изучение некоторых особенностей профилей распределения имплантированных атомов Mn, Fe и Ni в Si. / Б.Э. Эгамбердиев, М. Абдугабборов // Вестник ТГТУ: 1994. – Т. 1-2. – С. 39–44.
5. Egamberdiev, B.E. Photoelectric properties of silicon-based solar cells implanted with rare earth elements. / B.E. Egamberdiev, etc. // Conference. Russia, Vladivostok, 2006. – P. 204–208.

Материал поступил в редакцию 20.12.17.

**RESEARCH BY METHOD OF RUTHERFORD BACKSCATTERING
DISTRIBUTION OF ION-IMPLANTED ATOMS OF Fe IN Si**

B.E. Egamberdiyev¹, A.T. Rakhmanov², A.S. Mallayev³, S. Rozikov⁴

¹ Doctor of Physico-Engineering Sciences, Professor

² Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,

³ Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor, ⁴ Master of Sciences
Tashkent State Technical University, Uzbekistan

***Abstract.** The article presents the research results of distribution profiles of implanted Fe atoms in Silicon depending on irradiation dose and temperature of annealing by method of Rutherford backscattering. The influence of thermal annealing on distribution of Fe and other impurities, particularly oxygen was studied. The possibility of use of Rutherford backscattering for analysis of both concentration distribution of dopant impurities and interaction of impurities.*

***Keywords:** impurities, profiles, influence, Rutherford backscattering, thermal annealing, implanted atoms, thin layers, depth, irradiation dose, activation temperature.*

Historical sciences and archeology
Исторические науки и археология

УДК 433

**АНАЛИЗ ВЛАСТНЫХ СТРУКТУР И УПРАВЛЕНЧЕСКИХ
КАДРОВ АМУДАРЬИНСКОГО ОТДЕЛА В 1917-1920 ГОДАХ**

Р.Ж. Базарбаев, кандидат исторических наук, доцент
Нукусский государственный педагогический институт, Узбекистан

***Аннотация.** В докладе анализируется состояние властных структур и управленческих кадров Амударьинского отдела 1917-1920 годов, отмечается что кадровая политика всегда всецело зависела от политических целей стоящих у власти партийных групп. Вводятся новые имена государственных деятелей отдела захваченных или репрессированных.*

***Ключевые слова:** советская власть, Амударьинский отдел, государственные деятели, национальная политика, кадровая политика, выдвиженцы, революционный ком, элита.*

В Амударьинском отделе, в силу специфических условий края, таких как оторванность от центра Туркестана – Ташкента, приход большевиков к власти был принят без эксцессов, ибо у власти сидели чиновники бывшей колониальной администрации [1, с. 4].

С 31 октября 1917 г. по октябрь 1918 г. обязанности комиссара Амударьинского отдела исполнял гидротехник В.Н. Памшев. При нем не произошло резких изменений в структуре власти: комиссар Амударьинского отдела, комиссары Чимбайского и Шураханского уездов, Петроалександровская городская дума, Комитет общественной безопасности продолжали выполнять свои обязанности. Советы не могли организовать властные структуры вне города.

Совнарком Туркестанской АССР, учитывая значение Амударьинского отдела, являвшегося крайним левым флангом Закаспийского и правым флангом Актюбинского фронтов, а также удобным плацдармом для захвата Хивинского ханства и укрепления власти большевиков, из Чарджоу в Петро-Александровск отправил на пароходе «Верный» и на барже 150 красногвардейцев под руководством Н.А. Шайдакова, которые прибыли на место 20 сентября 1918 г. [13, с. 9]. Начиная с этого периода руководители Туркестанской АССР для укрепления своей власти направляли на территорию Амударьинского отдела своих представителей. Так, в первых числах октября 1918 г. из Ташкента в Петро-Александровск прибыл В.П. Коноплев, имевший полномочия «главнокомандующего войсками Амударьинского отдела и чрезвычайного уполномоченного Туркестанской республики по делам Хивы» от военного комиссара Туркестанской АССР.

Таким образом, новая власть в лице большевиков, попросту игнорировала интересы коренного населения и не считалась с ними, интересно в этом отношении мнение Г.И. Сафарова: «С первых дней революции советская власть утвердилась в Туркестане, как власть тонкого слоя русских рабочих еще до сих пор здесь широко распространен тот взгляд, что единственным носителем диктатуры в Туркестане могут быть только русские» [9, с. 12] ... «...русские революционные элементы ни одним словом не попытались привлечь к себе мусульманскую бедноту и наиболее радикальную часть мусульманской прогрессивной интеллигенции, не говоря уже о джадидах вообще ... политически был закреплен колонизаторский характер новой советской власти в Туркестане. Вместе того, чтобы завоевать самим доверие трудящихся масс угнетенных национальностей, новая власть предложила угнетенным национальностям завоевать ее доверие» [6, с. 12]

По этому поводу высказался также член ВЦИК и ТуркЦИК И.А. Апин в докладной записке ВЦИК о положении в Туркестане в 1918 году писал: «В первое время из-за искажений политики партии в Туркестане местное население не допускалось в органы Советской власти и в Красную Армию, хотя оно имело к этому упорное стремление и доказало достаточную подготовленность, умение и желание служить общему делу. Это невольно толкало мусульман на мысль, что им совершенно не доверяют и что европейское население как privileged, желает по-прежнему властвовать над коренным населением». [10, с. 2]

С ним согласен Баймирза Хайит: «русский народ был практически единственным представителем диктатуры пролетариата в Туркестане ... Поэтому практически все революционные преобразования в Туркестане осуществлялись в подавляющем большинстве европейскими рабочими под руководством коммунистов, привнесенных из центра... коммунизм был чуждой идеологией в Туркестане, привнесенной из России». [8, с. 67]

Мустафа Чокай также констатирует, что «советская власть в Туркестане началась с огульного отрицания за местным коренным населением права на участие во власти». [5, с. 101-112]

Следовательно, власть большевиков не пользовалась авторитетом у коренного населения. Исходя из этого основная задача большевиков заключалась, во что, бы не стало любой ценою удержать свою власть в Амударьинском Отделе. В удержании своих позиций большевики пользовались военной силой, которое в отделе было предостаточно, в это время на территории Амударьинского отдела находились следующие воинские части: Ташкентская рота, Мервская разведочная дружина, 1-я и 2-я Петро-Александровская роты, Нукуская рота, три казачьи сотни, сводная батарея, пулеметная команда, саперная команда (всего 1200 бойцов).

Кроме этого, к ним в помощь 12 марта 1919 г. в Петро-Александровск прибыл военно-экспедиционный отряд под командованием С. Наумова из Чарджоу [20, с. 10], а также 2 апреля в город прибыла Чрезвычайная комиссия Совнаркома Туркестанской республики под руководством члена Туркестанского Центрального Исполнительного Комитета А.Н. Христофорова, которая провела работу по выборам в Совдеп Амударьинского отдела.

13 мая 1919 г. сессия Советов Амударьинского отдела избрала Исполком. Председателем Исполкома был назначен Иван Касьяненко [6, с. 108]. Как видно из этого, в составе Исполкома представителей коренного народа были оттеснены на вторые роли в управлении края.

12 апреля 1919 г. в Петро-Александровске произошел мятеж кавалерийского эскадрона под руководством Мальцева и Ефимова. Руководители были расстреляны, 50 человек участников мятежа были отправлены под конвоем в Чарджоу. Был создан Военно-оперативный штаб Хивинского фронта в составе Лейтгольда, А.Л. Тимошенко, М.Р. Ваничкина, Вакулина [4, с. 10-15].

29 июля Чрезвычайная комиссия, в которую вошли полномочный представитель РСФСР в Хиве А.Н. Христофоров и 17 комиссаров Амударьинского отдела, распустила Чимбайский исполком Советов и вместо него создала Ревком. Его возглавил И. Бринкман, уже к этому времени ставший председателем революционного трибунала Амударьинского отдела. В ответ на это решение Чрезвычайной комиссии и 17 комиссаров Амударьинского отдела, население северного Каракалпакстана и в частности города Чимбая и его окрестности подняли в союзе с уральскими казаками подняли вооруженное восстание. В ответ за эти действия Чрезвычайная комиссия запросила из Петро-Александровска военное подкрепление. Посланный из Петро-Александровска военный отряд был уничтожен 15 августа в местечке Тазгара не далеко от города Чимбая войсками Хан Максима. В результате лишенная подкрепления Высшая власть Амударьинского отдела в лице председателя Амударьинского Исполкома И.Н. Касьяненко, председателя Амударьинского комитета КПТ Фролова, председателя Ревтрибунала и Совета профсоюзов И.И. Бринкмана, заведующего военным отделом Исполкома Н. Сладкова, заместителя заведующего национальным отделом М. Юнусова, начальника милиции А. Шпенева, уполномоченного продотряда Ф. Липовского, заведующего земельно-водным отделом У. Тынымбаева, начальника почты и телеграфа Бородихина, а также полномочного представителя РСФСР в Хиве А.Н. Христофоровым была уничтожена восставшими.

На севере Каракалпакстана было создано народное правительство под руководством Убайдуллы Бауединова (Хан максум) в составе Ибрагима Адилова, Инията Ниязова, Сейтназара Пирназарова, Кутлымурата Таджимуратова, Михаила Фильчева.

17 августа 1919 г. в Петро-Александровск прибыла Чарджуйская рота коммунистов под руководством Н.А. Шайдакова. По его признанию и свидетельствам другого красного командира Н. Щербакова «Советская власть дальше Петро-Александровска не распространялась ни одного километра» [7, с. 67].

Исходя из этого и для распространения советской власти был создан новый Революционный комитет Амударьинского отдела Туркестанской АССР: председателем Амударьинского отдела Туркестанской АССР стал Иван Шайдаков.

Голос наркома иностранных дел Туркестанской республики С. Турсунходжаева о том, что «участие мусульман в казачьей контрреволюции – факт весьма печальный и требующий перемены нашей хивинской политики» не был услышан, вместо него была утверждена формулировка «Хива и Бухара – внутренний фронт» [3, с. 34]. Это новая политическая доктрина большевиков внесла изменения на руководящий состав Ревкома Амударьинского отдела.

В декабре 1919 года Президиум ЦИК Советов Туркестанской Республики назначил новый состав Ревкома Амударьинского отдела (Н. Солдатов, Макаев, Скалов, Бальджанов и Хасанов) [19, с. 62].

По своему существу, это была диктатура над краем гарнизонов Красной армии. Большевики попытались проводить политику объединения вооруженных людей, составляющих небольшое меньшинство в составе населения края, которое методами массового террора, все время опираясь на вооруженную силу, пытались заставить регион изменить не только политические формы управления, но и самые основы хозяйственных отношений, основанного на индивидуально-хозяйственной собственности, перейти к хозяйству государственному, руководимому именно им, этим небольшим вооруженным меньшинством.

Как отмечает Н. Солдатов: «как в Ревком, так и заведующие отделами попали большинство из мобилизованных коммунистов роты Н. Шайдакова, кои прибыли из Чарджуя» [18, с. 62].

Как видим, в составе органов власти представителей мусульманских национальностей было очень мало, да и те, которые вошли в состав, являлись представителями татарской и башкирской национальностей.

В мае 1920 г. прошли переборы сельских и волостных исполкомов Амударьинского отдела. Впервые было избрано 167 представителей местных национальностей.

По переписи населения 1920 года в Амударьинском отделе насчитывалось 160595 человек [17, с. 94].

Возникли трудности управления огромной территорией. К этому добавилось возникновение института чрезвычайно уполномоченных. Председатель Ревкома Амударьинского отдела Н. Солдатов писал 14 августа 1920 года: нельзя обойти молчанием и того факта, что Центр назначает Ревкома, а также наряду с ним назначает чрезвычайно уполномоченных, как это делается здесь, был назначен Бройдо, затем Чрезвычайная Коллегия, члены коей зачастую вмешивались в мелкие технические дела Ревкома, что является двоевластием и нецелесообразным» [16, с. 125].

В Амударьинский отдел нередко посылались люди, не знающие специфики края, уповающие на власть, идеи и силу оружия. Нередки были случаи «ссылки» проштрафившихся центральных работников.

В августе 1920 года. Председатель Ревкома Амударьинского отдела Н. Солдатов пишет докладную записку в ЦИК Советов Туркестанской Республики, Турккомиссию, Совнаркому и Крайкому ЦК КПТ, где констатировал, «что к моменту приезда Ревкома из Ташкента в Амударьинский отдел в декабре 1919 года Советская власть свое влияние распространяла только на ближайшие пять волостей Шураханского участка. Большая территория отдела была не доступна для работ советской власти. Чимбайский участок, заключающий в себе 13 волостей (около 200 тыс. жителей) был охвачен народным восстанием. Был убит полномочный представитель при Хивинском ханстве Христофоров с целым рядом других местных советских работников. Местная власть принять какие-либо меры к успокоению населения или расширению территории за отсутствием реальной вооруженной силы была бессильна. И конечно, работа советских органов как в самом городе Петро-Александровске, так и в этих советских волостях сводилась к нулю» [14, с. 6].

«Вся беда Амударьинского отдела — далее писал Н. Солдатов, — заключается в настоящее время в том, что ощущается громадная недостача работников, как политико-советских, так и рядовых канцелярских, конечно здесь ввиду того, что большинство является население мусульманское, должны быть работники мусульмане, но не только их не достает, но даже совершенно нет даже работников русских, которые могли бы заниматься в отделе. Во всех отделах Ревкома имеется только одна десятая часть штата, и то совершенно не опытных».

Несмотря на то, что в августе 1918 г. Совдеп Амударьинского отдела отдал распоряжение местным советским учреждениям о ведении делопроизводства в государственных учреждениях, наравне с русским, в Чимбайском участке — на каракалпакском языке, а в Турткульском участке — на узбекском языке, делопроизводство хромало. Был поднят вопрос об открытии начальных школ в Нукусе, Назархане, Чимбае, Бий-Базаре, Шейх-Аббазе, Сарыбие с обязательным преподаванием родного и русского языков.

Председатель Ревкома Н. Солдатов возмущался ненормальностью соподчиненности советских органов Амударьинского отдела Центру. Военный отдел был подчинен Сырдарьинскому областному комиссариату, Совнархоз — Центросовнархозу, земельный и водный отдел — Краевому, отдел юстиции — Самаркандской области. Ревком Амударьинского отдела и его отделы должны были быть приравнены к области и подчиняться непосредственно Туркестанским центральным властям.

10 октября 1920 г. ЦИК Советов Туркестанской республики преобразовал Амударьинский отдел в пределах прежней территории в Амударьинскую область. Столицей области стал Петро-Александровск, переименованный теперь в г. Турткуль. По административно-территориальному принципу область была разделена на два уезда: Шураханский и Чимбайский. Образовался Временный Областной ревком в составе 5 членов. Вести переговоры с Хорезмской республикой Областной ревком не имел права. Также Областной ревком не имел права вести торговые отношения с сопредельными государствами [15, с. 7].

Построение аппарата советского строительства шло крайне ненормально и зачастую принимало уродливую форму, а это побуждало отделы Амударьинского исполкома работать без определенных предначертаний, так как последние благодаря постоянному реформированию были не долговечны — преемственность в работе отсутствовала и только в 1921 году аппарат власти области начинает крепнуть и выливаться в определенную форму. Были созданы областные отделы. Казалось бы, они охватывали все стороны административно-хозяйственной жизни области. Но это не так, ибо отделы работали не в масштабе области, а только в масштабе Шураханского уезда.

В апреле 1921 проводились выборы в Советы Амударьинской области. Так на политическую арену вышли свои местные национальные кадры: Календер Адинаев, Х. Яугашаров, Хангелдиев, Козыбагаров, Е. Жаманказыев, К. Худайбергенов, Байгелдин, Бектурганов, А. Алтыбаев, К. Шанкулов, К. Салимов, М. Бальджанов и др, но в то же время слабым местом было отсутствие квалифицированных кадров по землеустройству и ирригации [11, с. 57].

Таким образом, этот, исторически свершившийся факт, оказал большое влияние и на кадровую политику большевиков в Амударьинской области.

Начиная с 1922 года в управлении Амударьинской области ТуркАССР произошли заметные изменения, руководителями области стали назначать представителей коренных народов, проживавших на территории области. Так с января 1922 г. Исполком возглавлял Мухамеджан Бальджанов, а членами Исполкома были назначены: Жаманказыев, Худайбергенов, Яугашаров, Казыбагаров, Адинаев, Алтыбаев, Шеримбетов, Непесов. Новая власть столкнулась с большими трудностями в социально-экономической сфере, которые обусловили первая мировая война, приход к власти большевиков, политика военного коммунизма и национализация собственности.

Заметное возрастание числа представителей коренного населения в органах управления, появление новых имен в высших эшелонах власти неизменно подавалось в “агитационной работе тех лет как яркое подтверждение впечатляющих успехов национальной политики большевиков. Но при этом замалчивалось, что данное представительство не обеспечивало реального управления местным населением. Все рычаги власти сосредотачивались в Центре.

Существовали объективные причины, тормозящие деятельность Облисполкома:

- неурегулированность взаимоотношений с центром республики;
- отсутствие твердой схемы построения советского аппарата и порядка соподчиненности отделов,
- отсутствие в достаточной мере денежных средств, так как кредиты, переводимые центром, были далеко не достаточны;
- бессистемность расходования местных средств;
- почти полное отсутствие квалифицированных сотрудников.

По результатам выборов 1923 г. 16 ноября был избран новый состав Исполкома Амударьинской области. На политической арене стали появляться новые люди так, Жумагали Аташев, узбек, 20 лет, образование – приходское училище, стал председателем Исполкома [12, с. 1-2].

В январе 1924 г. Исполком Амударьинской области был распущен в связи с восстанием туркмен под предводительством Джунаид-хана в Хорезме и 28 февраля 1924 года был создан Временный Ревком Амударьинской области, который возглавлял Дроздов. Вследствие установления политического спокойствия и минования опасности для области военное положение было отменено и Временный Ревком был распущен.

В марте 1924 года на IХ-м съезде Советов Амударьинской области был избран новый состав Исполкома.

Таким образом, в Амударьинском отделе большевистское руководство с первых шагов становления советской власти в своей практической деятельности сознательно игнорировало национально-бытовые особенности края, сопротивлялось привлечению представителей коренного населения к государственному управлению.

Власть сосредотачивалась в руках рабочих и солдатских организаций, как правило из пришлого люда.

По рекомендации Турккомиссии, начиная с 1920 года стала постепенно нарастать прослойка «националов» в управленческих органах. В результате ряд талантливых выходцев из коренного населения заняли должностные посты в органах власти в Амударьинской области. Среди них были М. Бальджанов, К. Адинаев, Х. Яугашаров, Хангелдиев, Казыбагаров, Е. Жаманказыев, А. Алтыбаев, Ж. Аташев, Т. Напесов, Н. Кеулимжаев и др.

Особым инструментом упрочения фундаментальных основ советского режима, выразителем политики и воли державного Центра выступила в рассматриваемый период Турккомиссия и ее полномочный представитель Г.Б.Скалов. Кроме того, в Амударьинский отдел и область были направлены многочисленные «десанты» партийно-советских и хозяйственных работников из России: Ваничкин, А. Желябин, Н. Солдатов, Стоянов, И. Шайдаков, Н. Шайдаков, Л. Яблочкин и др.

В 1918-1924 годы специальная подготовка кадров из местных национальностей не велась. “Масса каракалпаков совершенно отстранялась от участия в работе партии и Советов” – констатировал в 1924 г. А. Досназаров. Далее он продолжал: “за все 6 лет существования советской власти... никто из каракалпаков не был даже допущен к учебе в партийных и советских школах, куда получали командировки все те же стоявшие у власти. Каракалпаки в результате совсем не могли выделить работников из среды своей национальности” [2, с. 130].

Главной опорой Советской власти в Амударьинском отделе и области становятся коммунисты, часто не представлявшие коренное население. А решающим аргументом в случае неприятия нового строя выступала сила оружия. Целый ряд партийных, советских и военных руководителей правобережного Каракалпакстана, сталкивавшихся в своей деятельности с национальными проблемами, обнаруживали вопиющую некомпетентность. В руководящем органе советской власти в Амударьинском отделе и области не было ни одного в совершенстве знакомого со своей страной, сильного и авторитетного человека из коренной национальностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарбаев, Р.Ж. История кадровой политики Советской власти в Каракалпакстане. / Р.Ж. Базарбаев – Нукус, «Билим», 2012. – С.4.
2. Кошанов, Б.А. “Размножить как закрытое письмо”. “Информационный доклад” А.К. Досназарова в ЦК РКП (б) (20.10.1924) / Б.А. Кошанов // Вестник ККО АН Рuz. – 1992. – № 3. – С. 130.
3. Кошанов, Б.А. Право на вторжение... / Б.А. Кошанов – Нукус, 1993. – С. 34.
4. Кошанов, Б.А., Сейтназаров М. Революция? Вторжение? События в Хивинском ханстве (1919-1920 гг.). / Б.А. Кошанов – Нукус: Билим, 1997. – С.10–15
5. Мустафа Чокай-оглы. Туркестан под властью Советов. К характеристике диктатуры пролетариата. / Мустафа Чокай-оглы // Простор. – 1992. – № 9-10. – С. 101–112.
6. Сафаров, Г. Колониальная революция. / Г. Сафаров – Опыт Туркестана. М., 1921. – С. 12
7. Шербаков, Н.М. Таким было начало... Воспоминания. / Н.М. Шербаков – Ташкент, 1964. – С. 67
8. Nayit Baymirza. “Basmacilar”: Turkistan milli mucadele tarihi (1917-1934). – Ankara: Turkiye diyanet vakti yayinlari, 1997. – 67 p.
9. Архив Верховного Совета Республики Каракалпакстан, ф.12, оп.4, д.2, л.10.
10. РГАСПИ, ф.17, оп.65, д.380, л.2.
11. ЦГА РК, ф.10, оп.1, д.8, л.57.

12. ЦГА РК, ф.12, оп.2, д.243, л.1-2.
13. ЦГА РК, ф.87, оп.1, д.8, л.9.
14. ЦГА РУз, ф. P-17, оп.1, д.34, л.6.
15. ЦГА РУз, ф. P-17, оп.1, д.34, л.7.
16. ЦГА РУз, ф. P-1 оп.1, д. 659, л.125
17. ЦГА РУз, ф. P-17, оп. 1, д. 751, л. 94.
18. ЦГА РУз, ф. P-17, оп.1, д.659, л.62 об.
19. ЦГА РУз, ф. P-17, оп.1, д.659, л.62.
20. Центральный государственный архив Республики Каракалпакстан, ф.87, оп.1, д.25, л.10.

Материал поступил в редакцию 04.12.17.

ANALYSIS OF POWER STRUCTURES AND MANAGERIAL HUMAN RESOURCES OF THE AMU DARYA DEPARTMENT IN 1917-1920 YEARS

R.Zh. Bazarbaev, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor
Nukus State Pedagogical Institute, Uzbekistan

***Abstract.** The report examines the state of power structures and managerial human resources, it is noted that personnel policy always entirely depended on the political goals of party group that hold the power. It is entered new names of the statesmen of department forgotten or repressed.*

***Keywords:** Soviet government, Amu Darya Department, statesmen, national policy, personnel policy, promotes, revolutionary clod, elite.*

УДК 93:902

ХОЗЯЙСТВО РЕМЕСЛЕННИКОВ-КЕРАМИСТОВ ЕРКУРГАНА В VII-VIII ВЕКАХ

А.А. Яркулов, соискатель, археолог, начальник отдела археологии
 Главное научно-производственное управление по охране и использованию
 объектов культурного наследия (Ташкент), Узбекистан

Аннотация. *Еркурган один из древнейших городов Центральной Азии. В данной статье на научной основе было проанализировано хозяйство ремесленников-керамистов Еркургана в VII-VIII вв.*

Ключевые слова: *ранние средние века, Еркурган, хозяйство, керамика, ремесленник, керамист.*

Прежние археологические изыскания показали, что основная столица Каршинского оазиса – город, существовавший на месте Еркургана был разрушен в конце VI века. Только в юго-восточной части древнего города, т.е. в южной части квартала керамистов оставалась одна патриархальная община, домовладения которой были окружены отдельной оборонительной стеной.

Изучение этого квартала было начато в 1949 году С.К. Кабановым. По его мнению, «верхние слои Еркургана могут относиться к III-V векам, нижние слои – ко II-I векам до н.э.» [6, с. 82-135]. В конце 40-х начале 50-х годов, когда С.К. Кабанов производил археологические раскопки в Еркургане, в разных оазисах Центральной Азии только начались работы по археологической периодизации, ещё не были осуществлены какие-либо большие изыскания по выявлению датировки археологических комплексов разных оазисов, а также была абсолютно не разработана стратиграфическая колонка гончарной продукции Каршинского оазиса. Именно поэтому С.К. Кабанов, в ходе своих первых исследований южной части квартала керамистов Еркургана обнаруживший множество предметов керамической продукции, допустил ряд ошибок в определении их периодизации, т.е. датировал III-V веками квартал керамистов, относящийся к VII-VIII вв. н.э. [6, с. 82-135].

В 70-80-е годы прошлого века благодаря расширенным археологическим исследованиям экспедиции под руководством Р.Х. Сулейманова, была создана стратиграфическая колонка керамических предметов, обнаруженных с самых нижних до самых верхних слоев Еркургана [4, с.99-101; 5, с.104].

В середине 80-х гг. прошлого века М. Исамиддиновым, А. Раимкуловым и М. Хасановым проводились раскопки в квартале керамистов Еркургана и в ходе этих работ была вскрыта большая часть крупного квартала VII-VIII вв. [3, с. 99-101; 8, с. 104]. Самым важным результатом, осуществлённых здесь археологических изысканий, стало открытие в южной части Еркургана целого квартала керамистов VII-VIII вв., обнесённого отдельной, около двух метров в толщину стеной. Квартал был в виде вытянутого прямоугольника. Наблюдалась его часть длиной около 90 м. Вход в квартал находился в его юго-западной части, на расстоянии 70 метров от северного края стены, на воротах имелись украшения в виде пилястров. Если обратить внимание, что ворота находились в центре стены, то общая длина квартала составляла около 140 м. Именно это расстояние соответствует от центральных ворот квартала до древних южных ворот городища. Исходя из этого следует отметить, что город, находившийся на месте Еркургана, к концу VI в. пришёл в упадок, после чего он сохранился лишь в виде квартала длиной в 140 м возле юго-восточных ворот, вокруг которого возвышалась толстая стена.

Учитывая первые раскопки, проведённые здесь С.К. Кабановым, а также все работы А. Раимкулова и М. Исамиддинова, всего было вскрыто и изучено свыше 20 комнат и хозяйственных помещений, а также около 10 керамических печей.

Вскрытые в ходе раскопок свыше 20 помещений делятся на две большие группы – западную и восточную. По нашему мнению, каждая из этих двух разделённых групп была отдельной маленькой семьёй, между которыми пролегал так называемое общее «коридорное пространство». Значит, «пространство», расположенное в середине большого двора двух кровнородственных семей, было общим для крупной патриархальной семьи, объединявшей в себе две маленькие.

В домовладении из восточной группы обследовано свыше 10 помещений, большинство из которых было в форме квадрата и сходного размера. Второй характерной особенностью комнат, вскрытых в рамках хозяйств восточной группы, была ориентированность их входов строго на запад. Две комнаты из северо-восточных помещений были в форме двух небольших квадратов, без дверей. Вероятно, в эти комнаты был спуск со второго этажа. С.К. Кабановым изучено одно из помещений, достаточно большое по размеру, не имеющее южной стены. Отсутствие стены позволило авторам предположить, что оно служило большим айваном. С южной стороны от него находился просторный двор, в пределах которого были найдены и изучены три крупных печи для обжига. Кроме того, на полу самой северо-восточной комнаты данного домовладения были обнаружены обломки стены гончарной печи. Эта находка позволяет сделать вывод, что данное помещение было связано с ремесленной деятельностью.

Однако необходимо отметить, что количество керамических печей этим не ограничивается. Ещё одной особенностью гончарного ремесла этой эпохи было то, что печи для обжига по возможности ставились

за пределами города. Вероятно, именно по этой причине, с двух сторон изучаемого домовладения, как с западной, так и с восточной, были найдены остатки керамических печей. Одна из таких печей находилась за восточной стеной и три – за западной.

В хозяйстве из западной группы было вскрыто 16 помещений, общий план комнат повторяет план помещений восточной группы. Здесь был обследован ряд не очень больших комнат почти квадратной формы, вход которых ориентирован на восток. На западе от них располагались достаточно большие комнаты, вдоль восточных стен почти каждой из них имелись суфы. Южнее от этих комнат, вдоль стены найдено место, где в виде платформы были выложены кирпичи.

Таким образом, квартал керамистов, обнесённый отдельной стеной, обнаруженный в самой южной части квартала гончаров Еркургана, коренным образом отличается от квартала керамистов V-VI вв, вскрытого в северной части города. Эти отличия можно наблюдать при сравнении их общего плана, размеров помещений, социальных различий.

При сопоставлении предметов керамической продукции V-VI и VII-VIII вв. н.э. можно отчётливо увидеть различия между ними. Самым характерным признаком керамических изделий V-VI вв. является значительное преобладание общего количества предметов ручной лепки над остальной керамической продукцией. Вместе с тем, именно к этому периоду почти во всех населённых пунктах Каршинского оазиса широко распространилось использование миниатюрных кувшинчиков. В этот период производилось множество кувшинчиков разных объёмов и видов.

Среди производимых в большом количестве керамических предметов на втором месте после кувшинчиков находились чаши. Начиная именно с V-VI вв. в Каршинском оазисе вошли в употребление чаши немного вытянутой вверх формы. Находки с вышеупомянутыми признаками стали причиной того, что большое количество «нахшабских монет», найденных в этих же слоях квартала керамистов Еркургана, позволили М. Исамиддинову, М. Хасанову, проводившим здесь археологические изыскания, датировать верхние слои объекта V-VI веками н.э. [4, с. 99-101; 5, с. 104].

При определении периодизации слоёв Еркургана VII-VIII веков основой послужили находки, обнаруженные в Пенджикенте и Кафыр-кале. Пристального внимания заслуживают большие чаши ручной лепки, при изготовлении нижней части которых использовалась форма другой посуды, а к их кромке приделывались манжетообразные «края». Именно такая посуда не производилась ранее и не встречается в нижних слоях. Ещё одна особенность комплексов этого периода заключалась в том, что керамисты научились покрывать слюдой поверхность посуды, которая производилась и распространялась в основном центре керамического производства – городище Кафыр-кала Самаркандского Согда [9, с. 62]. Мастера, производившие такую посуду, подражали изготовителям серебряной утвари, весьма популярной в этот период. Посуда из золота и серебра была доступна лишь богатым людям, поэтому простые жители охотно покупали этот товар со слюдяной обсыпкой [7, с. 45]. Именно такая керамика была обнаружена в верхних слоях храма, расположенного в центральной части Еркургана. Очевидно, что и после разрушения Еркургана в VI веке, это святилище в старом городе не утратило своего значения. Для людей, вынужденных покинуть родные места и переселиться, данный храм превратился в место паломничества. Похоже жители окрестных мест часто посещали святые места. Вероятно, именно так можно объяснить, что в границах храма достаточно часто встречалась керамика VII века со слюдяной обсыпкой, которая не встречается в других местах старого города [4, рис. 46, 15].

Одним из наиболее распространённых видов посуды VII-VIII веков н.э. была оинахоевидная (кувшины со слегка приплюснутым носиком) посуда, а также сосуды с антропоморфными или зооморфными изображениями. Это было распространено не только в Согде, но и во всей Средней Азии, что стало одним из признаков культуры своей эпохи [1, с. 36; 2, рис.28].

Именно поэтому в данной работе мы старались выделить керамическое ремесло VII-VIII вв. в отдельный период, т.к. производство керамических изделий этого времени кардинально отличается от других эпох.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бентович, И.Б. Керамика верхнего слоя Пенджикента VII-VIII вв. н.э. МИА. / И.В. Бентович – Вып. 124. – М., 1964.
2. Бентович, И.Б. Керамическое производство. // Беленицкий А.М., Бентович И.Б., Большаков О.Г. Средневековый город Средней Азии. Л. 1973.
3. Исамиддинов, М.Х. Квартал керамистов на Еркургане VI-VII вв. н.э. (Р-20). / М.Х. Исамиддинов и др. // ИМКУ-25, Ташкент. – 1992.
4. Исамиддинов, М.Х. Еркурган (стратиграфия и периодизация). / М.Х. Исамиддинов и др. – Т.: Фан, 1984.
5. Исамиддинов, М.Х. История древнего и средневекового керамического производства Нахшаба. / М.Х. Исамиддинов – Т.: Из-во народного наследия им. А.Кадыри, 2000.
6. Кабанов, С.К. Археологические работы 1948 г. в Каршинском оазисе. / С.К. Кабанов // Тр. ИИА АН УзССР. – Т. II. – Ташкент. – 1950.
7. Маршак, Б.И. Влияние торевтики на согдийскую керамику VII-VIII вв. н.э. / Б.И. Маршак // ТГЭ. – Т. V. – Л.: 1961.
8. Раимкулов, А.А. Культура сельских поселений Нахшеба в эпоху раннего феодализма. / А.А. Раимкулов – Автореф. дисс. На соис. уч. ст. канд. ист. наук. Самарканд, 1992.
9. Шишкина, Г.В. Раннесредневековая сельская усадьба под Самаркандом. / Г.В. Шишкина // ИМКУ. – Ташкент. – 1961. – № 2.

Материал поступил в редакцию 01.12.17.

HOUSEHOLD OF CRAFTSMEN-CERAMISTS OF YARKURGAN IN VII-VIII CENTURIES

A.A. Yarkulov, Applicant, Archeologist, Head of the Department of Archaeology and working with UNESCO Principle Scientific-Production Department for the Preservation and Utilization of Objects of Cultural Heritage (Tashkent), Uzbekistan

Abstract. Yerkurgan is one the ancient cities of Central Asia. The household of craftsmen-ceramists of Yerkurgan in the VII-VIII centuries are analyzed in the article.

Keywords: early middle ages, Yerkurgan, household, ceramics, craftsman, ceramist.

УДК 551

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ АРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

О.Т. Айдаров¹, М.С. Уайсова², Г.К. Оспанова³

¹ кандидат географических наук, старший преподаватель, ² учитель географии

³ магистр географических наук, старший преподаватель

^{1, 3} Кызылординский государственный университет им. КоркытАта, ² Школа № 268 (Кызылорда), Казахстан

Аннотация. Изучение и сохранение биологического разнообразия природных экосистем представляет в настоящее время актуальную задачу. В связи с все более нарастающим антропогенным прессом возрастает актуальность фаунистических и зоогеографических исследований: результаты подобных исследований необходимы для прогноза изменений животного населения исследуемого района под влиянием расширяющейся хозяйственной деятельности человека, создания устойчивых и продуктивных культурных биоценозов; без подобных исследований невозможно решение задач охраны природы и обогащения её разнообразия. Цель статьи заключается в анализе современного состояния и перспектив развития экосистем Казахстанской части Аральского региона.

Ключевые слова: ресурс, животные, растения, Приаралье, Малый Арал, Кызылорда, Сырдарья.

Изучение и сохранение биологического разнообразия природных экосистем Аральского региона представляет в настоящее время актуальную задачу. [3,4]. Этот регион является одним из уникальных природных комплексов Казахстана.

Кызылординская область расположена в южной части республики, образована в 1938 году. Территория области равна 226,0 тыс. км². Численность населения области на 1 января 2016 года по текущим данным составила 765,2 тыс. человек, в том числе городского – 333,8 тыс. (43,6 %), сельского – 431,4 тыс. человек (56,4 %). По сравнению с началом 2015 года численность населения в целом по области увеличилась на 12,1 тыс. человек, или на 1,6 %. Плотность (на 1 км² территории) – 3,4 человека. В составе области насчитывается 7 административных районов. Область граничит с Южно-Казахстанской на востоке, Карагандинской на севере и Актыбинской областями на северо-западе республики и с Республикой Узбекистан на юге[1].

В связи со все более нарастающим антропогенным фактором возрастает актуальность фаунистических и зоогеографических исследований: результаты подобных исследований необходимы для прогноза изменений животного населения исследуемого региона под влиянием расширяющейся хозяйственной деятельности человека, создания устойчивых и продуктивных культурных биоценозов; без подобных исследований невозможно решение задач охраны природы и обогащения её разнообразия. [2,5].

Для Казахстанской части Аральского региона, представляющего собой сильно антропогенизированную территорию, изучение флористического и фаунистического разнообразия пустынных экосистем, дальнейшее сохранение и рациональное использование их представляет собой важнейшую задачу.

Согласно литературным данным, исследовательские работы, проводимые на территории Кызылординской области, достаточно фрагментарны.

Регион также является одним из наиболее богатых в Казахстане и по разнообразию животного мира. На территории восточной части Приаралья, Кызылординской области согласно литературным данным, обитает ориентировочно более 50 видов млекопитающих, из которых 8 видов приходится на долю рукокрылых, 8 насекомоядных, 1 заяц (толай), 26 грызунов, 16 хищников, непарнокопытных 1, парнокопытных 5 видов (таблица 1).

Таблица 1

Цифровые показатели млекопитающих фаун Кызылординской области

№	Названия отряда	количество		
		Семейство	Род	Вид
1	Насекомоядные	2	2	8
2	Рукокрылые (летучие мыши)	1	2	8
3	Хищные	3	7	16
4	Непарнокопытные	1	1	1
5	Парнокопытные	3	2	5
6	Грызуны	3	12	26
7	Зайцеобразные	1	1	1
	Всего:	14	27	51

Казахстанской части Аральского региона отмечается высокая степень разнообразия фаунистического комплекса наземных позвоночных. В составе орнитофауны Аральского региона, например, отмечаются такие виды как пеликан, фламинго, желтая цапля, малая цапля, дрофа, сокол балобан, Сырдаринский фазан, обыкновенная горихвостка, болотная сова, луговой лунь, кобчик, пустельга, полевой жаворонок, желтая и белая трясогузка, перепел, лысуха, серый гусь, утки (серая кряква, чирки и др.), поганки, чайки (сизая, озерная, малая), крачки, кулики, большая выпь, серая цапля и др.

В регионе в составе фауны млекопитающих отмечены прежде всего представители отряда хищных – волк, лисица обыкновенная, барханный кот, камышовый кот, барсук, шакал, корсак, а также представители копытных: тугайный благородный олень, кулан, джейран, сайгак, дикий кабан, Каратауский архар; обитают и заяц – толай, обыкновенный еж (таблица 2).

Таблица 2

Отряды редких и находящиеся под угрозой исчезновения млекопитающих Кызылординской области

№	Отряд	Семейство	Число родов	Число видов	% от общего числа видов
1	Непарнокопытные – Тактұяқтылар – <i>Perissodactyla</i>	1	1	1	4,54
2	Парнокопытные – Жұптұяқтылар – <i>Artiodactyla</i>	3	5	5	22,72
3	Рукокрылые – Қолқанаттылар – <i>Chiroptera</i>	1	1	1	4,54
4	Хищные – Жыртқыштар – <i>Carnivora</i>	4	5	7	31,83
5	Грызуны – Кемірушілер – <i>Rodentia</i>	3	5	6	27,27
6	Насекомоядные – Насекомжеушілер – <i>Insectivora</i>	2	2	2	9,09
Всего		14	19	22	100

Следует отметить, что некоторые данные по видовому разнообразию региона, динамики численности и популяционной структуры мелких млекопитающих на территории области являются весьма отрывочными и неполными [5]. И эта динамичность современных фаунистических комплексов убеждает в необходимости проведения комплексных исследований населения мелких млекопитающих на территории восточной части Приаралья, Кызылординской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров, О.Т. Демографическая ситуация в Казахстане и в Кызылординской области. / О.Т. Айдаров и др. // Молодой ученый: ежемесечный научный журнал. – 2014. – №21 (80). – С.51–53. ISSN 2072-0297
2. Кобышев. География животных с основами экологии. / Кобышев и др. – М.: Просвещение, 1988. – С. 151–167.
3. Федоров, В.В. Экология. / В.В. Федоров и др. – М.: МГУ, Высшая школа, 1980. – С. 7–20.
4. Шилов, И.А. Экология. / И.А. Шилов – М.: МГУ, Высшая школа, 2001. – С. 178–187.
5. Яблоков А..В. Популяционная биология. / А.В. Яблоков – М.: Высшая школа, 1987. – С.279–292.

Материал поступил в редакцию 15.12.17.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF ECOSYSTEMS IN THE KAZAKHSTAN PART OF THE ARAL REGION

O.T. Aydarov¹, M.S. Uaysova², G.K. Ospanova³

¹ Candidate of Geographic Sciences, Senior Lecturer, ² Geography Teacher

³ Master of Geographic Sciences, Senior Lecturer

^{1,3} The Korkut Ata Kyzylorda State University,

² School № 268 (Kyzylorda), Kazakhstan

Abstract. The study and conservation of biological diversity of natural ecosystems is currently a topical problem. Due to more and more accruing anthropogenic press, the relevance of faunistic and zoogeographical researches increases: results of similar researches are necessary for the forecast of changes of the animal population of the explored area under the influence of the extending economic activity of human, creation of steady and productive cultural biocenoses, the solution of tasks of conservation and enrichment of its variety is impossible without similar researches. The purpose of article consists is to analyse the current state and prospects of ecosystems development of the Kazakhstan part of the Aral region.

Keywords: resource, animals, plants, Aral Sea region, Small Aral Sea region, Kyzylorda region, Syrdarya.

УДК 597.6/599.639

АЛМАТИНСКИЙ ЗООПАРК: ПРЕДПОСЫЛКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Л.В. Марыш¹, А.Т. Серикбаева², О.А. Байтанаев³

¹ студент IV курса бакалавриата, ² кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор,

³ кандидат биологических наук, доцент

Казахский Национальный аграрный университет (Алматы), Казахстан

Аннотация. В статье обсуждается проблема реконструкции и модернизации инфраструктуры Алматинского зоопарка с учетом международных стандартов. Требуется архитектурно-планировочная структура функционального зонирования территории на ландшафтно-зоогеографической основе. Предлагается строительство визит-центра как важного элемента ООПТ, а также уникального океанариума.

Ключевые слова: зоопарк, реконструкция, функциональное зонирование, ландшафтно-зоогеографический подход, визит-центр, океанариум.

В настоящее время в Казахстане существует всего три зоопарка – в Алматы, Шымкенте и Караганде. Старейший из них – Алматинский зоопарк, основанный в 1937 г. 29 августа 2017 г. был отмечен его 80-летний юбилей с разнообразными общественными мероприятиями. Миссия Алматинского зоопарка, согласно его Уставу, заключается в сохранении коллекции животных, которая является государственным достоянием и представляет огромную научную ценность.

Закон Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях» предусматривает выделение зоологических парков (зоопарков) как объектов природно-заповедного фонда и вида ООПТ со статусом природоохранной и научной организации республиканского значения. К основной деятельности зоопарков относится разработка научных основ сохранения, воспроизводства и использования животного мира Казахстана. Они предназначены для культурно-просветительской, научной, учебной и природоохранной деятельности, а также сохранения генофонда и разведения в условиях искусственной среды типичных, редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных.

Современное состояние Алматинского зоопарка

Алматинский головной республиканский зоопарк – ГККП (государственное коммунально-казенное предприятие) расположен у подножия северного макросклона хребта Иле-Алатау на площади 21,0 га. Коллекция диких животных по состоянию на 2017 г насчитывает 5007 экземпляров, относящихся к 345 видам. Из них 72 вида млекопитающих (*Mammalia*), включающих 31 вид копытных (*Dactyla*), 7 видов приматов (*Primates*), 184 вида птиц (*Aves*), 3 вида амфибий (*Amphibia*), 68 видов рептилий (*Reptilia*), а также 7 видов беспозвоночных (*Avertebrata*). При этом зоопарк обладает одной из самых богатых в мире коллекций хищных птиц (*Falconiformes*), насчитывающей 30 видов. Экспозиции животных размещены в семи секциях: хищные млекопитающие, копытные, приматы, хищные птицы, экзотические птицы, экзотариум и аквариум [5]. Некоторые виды представлены на рисунке 1.

Рассмотрим видовой состав коллекции на примере двух секций хищных и копытных зверей (таблица).

Таблица

Виды млекопитающих Алматинского зоопарка

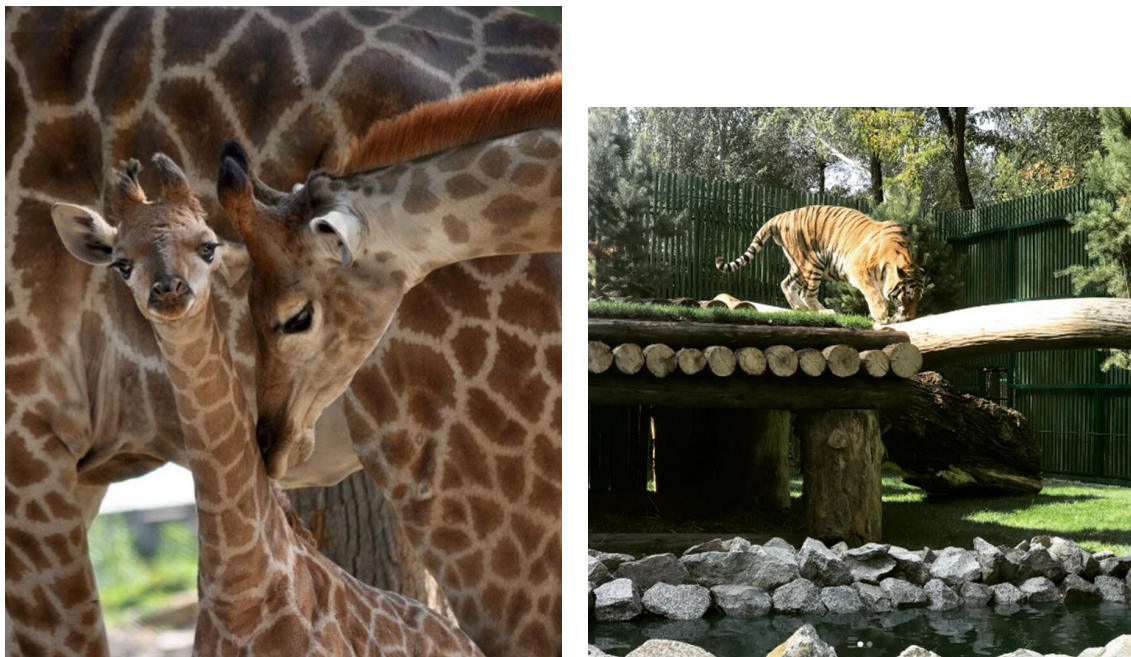
Отряд и семейство	Вид	Количество экземпляров
Отряд хищные – <i>Carnivora</i>		
Семейство Кошачьи – <i>Felidae</i>	Ягуар – <i>Panthera onca</i>	3
	Тигр – <i>Panthera tigris</i>	5
	Рысь – <i>Lynx lynx</i>	1
	Лев – <i>Panthera leo</i>	5
	Леопард – <i>Panthera pardus</i>	4
	Пума – <i>Puma concolor</i>	3
	Степной кот – <i>Felis silvestris lybica</i>	2
	Полосатая гиена – <i>Hyaena hyaena</i>	2
Семейство Псовые – <i>Canidae</i>	Волк – <i>Canis lupus</i>	8
	Земляной волк – <i>Proteles cristata</i>	2
	Корсак – <i>Vulpes corsac</i>	1
	Шакал – <i>Canis aureus</i>	1
	Лисица – <i>Vulpes vulpes</i>	4

Окончание таблицы

Отряд и семейство	Вид	Количество экземпляров
Отряд хищные – <i>Carnivora</i>		
Семейство Медвежьи – <i>Ursidae</i>	Белый медведь – <i>Ursus maritimus</i>	1
	Бурый медведь – <i>Ursus arctos</i>	4
	Гималайский медведь – <i>Ursus thibetanus</i>	2
Семейство Енотовые – <i>Procyonidae</i>	Енот-полоскун – <i>Procyon lotor</i>	2
Семейство Куньи – <i>Mustelidae</i>	Желтый мангуст – <i>Cynictis penicillata</i>	3
	Американская норка – <i>Neovison vison</i>	1
	Суриката – <i>Suricata suricatta</i>	7
	Декоративная порода хорька-фретка – <i>Mustela</i>	1
Отряд Парнокопытные – <i>Artiodactyla</i>		
Семейство Бегемотовые – <i>Hippopotamidae</i>	Бегемот – <i>Hippopotamus amphibius</i>	1
Семейство Свиные – <i>Suidae</i>	Кабан – <i>Sus scrofa</i>	2
Семейство Олени – <i>Cervidae</i>	Европейская лань – <i>Dama dama</i>	30
	Бухарский олень – <i>Cervus elaphus bactrianus</i>	1
	Пятнистый олень – <i>Cervus nippon</i>	10
	Марал – <i>Cervus elaphus sibiricus</i>	6
	Сибирская косуля – <i>Capreolus pygargus</i>	2
	Лось – <i>Alces alces</i>	1
	Сайгак – <i>Saiga tatarica</i>	3
Семейство Жирафовые – <i>Giraffidae</i>	Жираф – <i>Giraffa camelopardalis</i>	5
Семейство Полорогие – <i>Bovidae</i>	Як – <i>Bos mutus</i>	8
	Сибирский горный козел – <i>Capra sibirica</i>	3
	Винторогий козел – <i>Capra falconeri</i>	6
	Муфлон – <i>Ovis ammon</i>	3
	Казахстанский горный баран – <i>Ovis ammon polli</i>	3
	Тянь-Шаньский горный баран – <i>Ovis ammon tiaschanica</i>	1
	Каратауский горный баран – <i>Ovis ammon nigrimontana</i>	3
	Голубой гну – <i>Connochaetes taurinus</i>	7
	Орикс – <i>Oryx gazelle</i>	7
	Декоративная порода барана – <i>Ovis</i>	4
	Декоративная порода козы – <i>Capra</i>	9
	Отряд Непарнокопытные – <i>Perissodactyla</i>	
Семейство Лошадиные – <i>Equidae</i>	Лошадь Пржевальского – <i>Equus przewalskii</i>	1
	Зебра Хартмана – <i>Equus zebra</i>	2
	Зебра Чапмана – <i>Equus burchelli</i>	3
	Декоративная порода пони – <i>Equus</i>	8
Семейство Носороговые – <i>Rhinocerotidae</i>	Белый носорог – <i>Cerathoterium simum</i>	3
Семейство Тапировые – <i>Tapiridae</i>	Равнинный тапир – <i>Tapirus terrestris</i>	1
Отряд Насекомоядные – <i>Insectivora</i>		
Семейство сумчатых белок – <i>Petauridae</i>	Карликовая сумчатая белка-летяга – <i>Petaurus breviceps</i>	4
Семейство крыланов – <i>Pteropodidae</i>	Малая летучая лисица – <i>Pteropus hypomelanus</i>	4
	Нильский крылан – <i>Rousettus aegyptiacus</i>	20
Отряд Грызуны – <i>Rodentia</i>		
Семейство Хомяковые – <i>Cricetidae</i>	Джунгарский хомячок – <i>Phodopus sungorus</i>	7
	Монгольская песчанка – <i>Meriones unguiculatus</i>	3
Семейство Мышиные – <i>Muridae</i>	Иглистая мышь – <i>Acomys cahirinus</i>	8
	Дегу – <i>Octodon degus</i>	2
Отряд Приматы – <i>Primates</i>		
Семейство Лориевые – <i>Loridae</i>	Толстый медленный лори – <i>Nisticibus coucang</i>	2

Анализ представленной таблицы показывает, что из шести отрядов *Mammalia* наибольшая численность крупных кошачьих – 20 экз., а также псовых – 14 экз. Относительно много также оленей – более 50 экз. следует отметить содержание четырех подвидов горных баранов, численность которых в естественных местообитаниях снижается и они занесены в Красную книгу РК [1]. Размножая этих копытных, можно проводить пробные выпуски молодых особей в природные биотопы в пределах их подвидовых ареалов.

Довольно много видов (12) содержится в единичных экземплярах (белый медведь, бегемот, тапир, лошадь Пржевальского и др.) Поэтому требуется в краткие сроки обеспечить им пары из других зоопарков.



*Рис. 1. Представители животного мира Алматинского зоопарка
слева – семья жирафов, справа – тигр в просторном вольере*

На территории зоопарка расположены административный комплекс с парковкой для служебных машин, хозяйственная часть с кормокухней для приготовления кормов диким животным, виварий для содержания и разведения живого корма хищникам, ветеринарный пункт для лечения заболевших животных, а также три пруда с водоплавающими птицами, детские площадки и общественный туалет. Имеется также собственное подсобное хозяйство Байсерке в пригороде Алматы площадью 90,0 га, в котором выращивают и заготавливают зерновые, овощные, бахчевые сельскохозяйственные культуры и сено, используемые при кормлении животных зоопарка.

В последние годы проведена реконструкция вольеров для носорогов, тапиров, белых и бурых медведей. Осуществлены их ремонт и расширение участков со строительством соответствующей инфраструктуры – выгулов. Кроме того, ведется полная реконструкция аквариума.

Учет животных проводится дважды в день: утром и вечером в присутствии службы охраны зоопарка. Все учтенные особи заносятся в специальный инвентарный журнал. В случае отсутствия какого-либо животного проводятся оперативные мероприятия по установлению причины отсутствия в вольере и отлову сбежавших особей.

В июле 2017 г. общественности Алматы презентовали новую концепцию развития зоопарка с разработкой его генплана по реконструкции и модернизации. Проектировка масштабной реконструкции данного зоопарка возложена на известное в Европе архитектурное бюро Питера Разбаха (Германия). Он должен отличаться современным дизайном с созданием элементов природной среды обитания для разных видов по зоогеографическому принципу и предоставлять им комфортные условия содержания.

Перспективы развития Алматинского зоопарка

Тенденции современных мировых стандартов преимущественно затрагивают принцип ландшафтно-зоогеографического зонирования территории зоопарка [6,7]. Это деление на основные зоны экспозиции по континентам: Африка, Америка, Австралия, Евразия. И в каждой из них предусматривается организация экспозиций в экосистемном порядке – степь, лес, пустыня, горы и др. Подобный подход архитектурно-планировочной структуры необходим и при реконструкции Алматинского зоопарка. Полностью отказаться от содержания и демонстрации зверей и птиц в тесных клетках и вольерах. Создать эффективную в эстетико-экологическом отношении оптимальную среду обитания животных, которая максимально свойственна природным условиям. Кроме того, собственно зонированием, как правило, является сегментирование территории на отдельные сектора, которым соответствует определенный режим функционирования. Это зона экспозиции (базовая часть), зона обслуживания животных, зона рекреации, эколого-просветительский центр, научно-исследовательский центр, ветеринарная лечебница и др. [2].

Основные принципы оптимального решения архитектурно-пространственной организации зоопарка заключаются в следующем:

- принцип зонирования;
- принцип учета потребностей животных;
- принцип учета интересов посетителей;

- принцип удобства и безопасности технического обслуживания;
- принцип единения с природой;
- принцип акцентирования ведущих элементов зонирования;
- принцип стилистики экспозиций.

Из числа приведенных принципов при функциональном зонировании территории Алматинского зоопарка необходимо предусмотреть создание в зоне его главного входа визит-центра, который является обязательным элементом для всех видов ООПТ [3]. Он представляет собой двухэтажное здание. На первом этаже в просторном проходном зале с постоянной экспозицией посетители получают основные сведения о зоопарке на широком информационном стенде и могут задавать возникшие вопросы гидам-экскурсоводам и выбрать наиболее интересный для них маршрут. Здесь же в сувенирных киосках они могут приобрести красочные буклеты, сувениры, значки с животными или перекусить в кафе. А на втором этаже визит-центра размещены конференц-зал для проведения различных культурных мероприятий, отдел экологического просвещения для школьников, а также административный отдел с дирекцией зоопарка (рисунок 2).

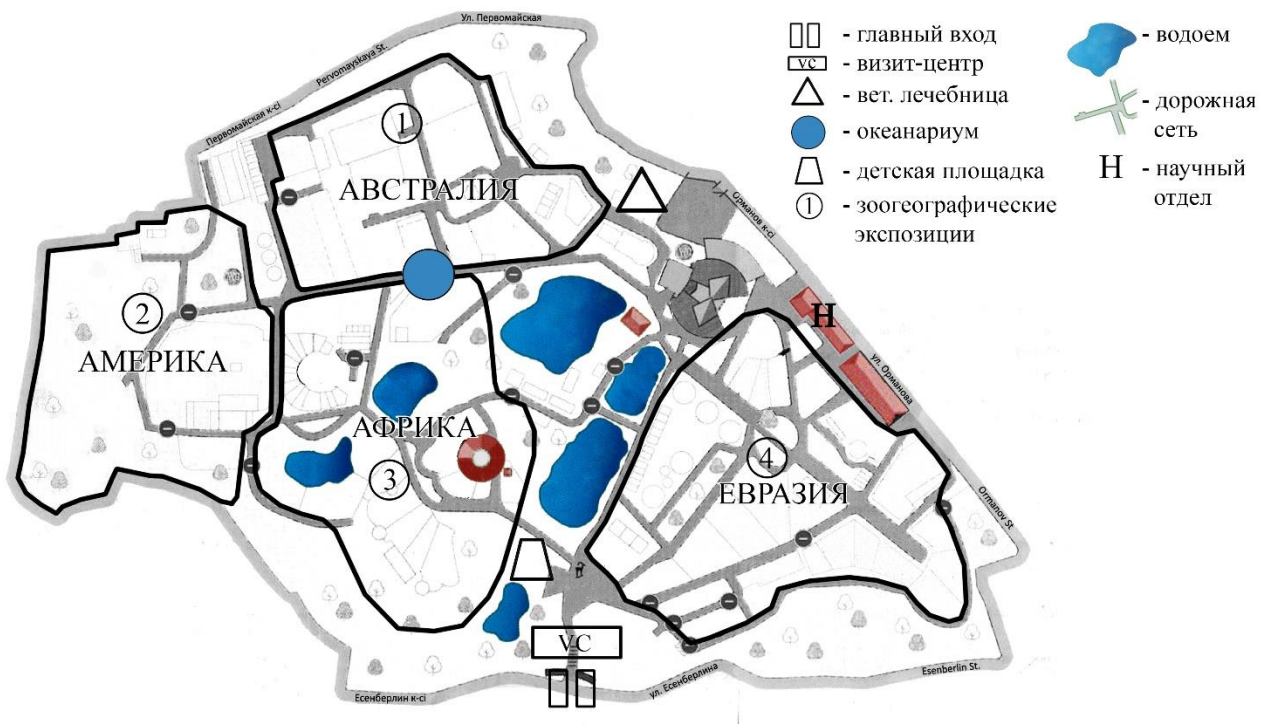


Рис. 2. Схема архитектурно-планировочной структуры Алматинского зоопарка с функциональным зонированием на ландшафтно-зоогеографической основе

Следует обратить внимание на научно-исследовательскую работу. Изучение особенностей биологии и экологии, включая поведение и генетическое разнообразие животных с применением современной научной аппаратуры, а также технических средств (фото-видео регистраторы). Исследования необходимо проводить совместно с учеными научно-исследовательских институтов, университетов. Для этого требуется увеличить штатный состав и финансирование научных работ в зоопарке.

Посещение зоопарка для посетителей должно стать своеобразным ритуалом единения с природой. Озеленение окружающего пространства в сочетании с ландшафтной организацией различных экспозиций диких животных вкрупне создадут гармонию человека с природой [2,3]. Следует отметить, что особенно важно воссоздать различные типы экосистем Казахстана – степь, пустыню и горы.

Другим инновационным подходом к современной инфраструктуре Алматинского зоопарка должен стать один из первых в Центральной Азии океанариумов. Этот также масштабный проект будет иметь не только коммерческую выгоду, но и выполнять развлекательные, образовательные и научно-исследовательские функции. Эффективная демонстрация наиболее уникальных представителей морской и океанической фауны во многом разнообразит впечатления от посещения зоопарка. Его гигантский аквариум должен имитировать океан с его обилием экзотических видов морской фауны и флоры: рыб, медуз, ракообразных, кораллов, полипов, а также водорослей. Оригинальной новинкой должно стать реалистическое динамическое изображение подводного мира, проецируемое на потолок зала, создавая неповторимый эффект присутствия в фантастическом подводном мире Мирового океана [8].

Подытоживая, следует констатировать, что старейший в Казахстане Алматинский зоопарк требует реконструкции и модернизации с учетом международных стандартов. Вместо традиционного клеточного содержания необходима современная архитектурно-планировочная структура с функциональным зонированием территории зоопарка на ландшафтно-зоогеографической основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красная Книга Республики Казахстан. – Алматы: ДПС, 322 с.
2. Скуратова, Л.С. Основные принципы проектирования зоопарков. / Л.С. Скуратова // Вестник АлГТУ им. И.И.Ползунова. – 2010. – №1–2. – С. 68–72.
3. Чижова, В.П. Школа природы. / В.П. Чижова – М.: Мысль, 1997. – 356 с.
4. Trapp S., Gross M., Zimmerman R. Signs, Trails and Wayside Exhibits: Collection People and Places//UW – SP Foundation Press: Wisconsin, 1994.
5. [http:// www.almatyzoo.kz/](http://www.almatyzoo.kz/)
6. [http:// www.waza.org](http://www.waza.org)
7. [http:// www.ru.wikipedia.org/wiki/зоопарк](http://www.ru.wikipedia.org/wiki/зоопарк)
8. [http:// www.planetaneptuna.ru/category/design_ru](http://www.planetaneptuna.ru/category/design_ru)

Материал поступил в редакцию 14.12.17.

THE ALMATY ZOO: GROUNDS AND PERSPECTIVES OF INFRASTRUCTURES DEVELOPMENT

L.V. Marysh¹, A.T. Serikbaeva², O.A. Baitanaev³

¹ Bachelor's Degree Student, ² Candidate of Agricultural Sciences, Associative Professor,

³ Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Kazakh National Agrarian University (Almaty), Kazakhstan

Abstract. *The article discusses the problem of reconstruction and modernization of the infrastructure of the Almaty zoo, taking into account international standards. The architectural and planning structure of the functional zoning of the territory on a landscape-zoogeographical basis is required. The construction of a visit-center is proposed as an important element of protected areas, as well as a unique oceanarium.*

Keywords: *zoo, reconstruction, functional zoning, landscape-zoogeographical approach, visit-center, oceanarium.*

Наука и Мир

Ежемесячный научный журнал

№ 1 (53), Том 1, январь / 2018

Адрес редакции:
Россия, 400081, г. Волгоград, ул. Ангарская, 17 «Г», оф. 312.
E-mail: info@scienceph.ru
www.scienceph.ru

Изготовлено в типографии ООО «Сфера»
Адрес типографии:
Россия, 400105, г. Волгоград, ул. Богунская, 8, оф. 528.

Учредитель: ООО Издательство «Научное обозрение»

ISSN 2308-4804

Редакционная коллегия:
Главный редактор: Мусиенко Сергей Александрович
Ответственный редактор: Маноцкова Надежда Васильевна
Лукиенко Леонид Викторович, доктор технических наук
Боровик Виталий Витальевич, кандидат технических наук
Дмитриева Елизавета Игоревна, кандидат филологических наук
Валуев Антон Вадимович, кандидат исторических наук
Кисляков Валерий Александрович, доктор медицинских наук
Рзаева Алия Байрам, кандидат химических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Кондрашихин Андрей Борисович, доктор экономических наук, кандидат технических наук

Подписано в печать 29.01.2018 г. Формат 60x84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Заказ № 94. Свободная цена. Тираж 100.