

ISSN 2308-4804

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal

№ 12 (52), 2017, Vol. I

Founder and publisher: Publishing House «Scientific survey»

The journal is founded in 2013 (September)

Volgograd, 2017

UDC 53:51+54+67.02+93:902+7.06+551
LBC 72

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal, № 12 (52), 2017, 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+7.06+551
ББК 72

НАУКА И МИР

Международный научный журнал, № 12 (52), 2017, 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>Aliyev A.B.</i> WAVES IN THE LIQUID PROCEEDING IN THE ELASTIC TUBE CONSIDERING VISCOELASTIC FRICTION OF THE ENVIRONMENT	8
<i>Aliyev A.B.</i> ON THE MOTION OF WAVES IN MULTILAYER ELASTIC TUBE, CONTAINING VISCOELASTIC FLUID.....	10
<i>Aliyev A.B.</i> THE EXACT SOLUTION OF A PROBLEM ON PULSATING FLOW OF FLUID IN A DEFORMABLE TUBE	12
<i>Arakelian H.B.</i> HOW MANY FUNDAMENTAL CONSTANTS AND INITIAL FUNCTIONS ARE THERE IN MATHEMATICS?.....	14
<i>Verkholomov V.K.</i> THE NEW THEORY OF THE LIQUID RISE IN THE CAPILLARY TUBE (CAPILLARY RISE)	22
<i>Tagiyev M.M.</i> NONLINEAR ONE-DIMENSIONAL EVOLUTIONARY EQUATION OF MONODISPERSE SUSPENSIONS.....	25

Chemical sciences

<i>Jusipbekov U.Zh., Oshakbaev M.T., Utelbayev B.T.</i> OIL SLUDGE AND ITS UTILIZATION	31
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Technical sciences

<i>Abdieva G.B., Zhurav O.S., Nazarova D., Kamolova L.P.,</i> THE USE OF THE NONLINEAR THEORY OF VISCOELASTICITY FOR DESCRIBING THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF TEXTILE THREADS AND MATERIALS.....	39
<i>Golubev D.S., Orlov S.P.</i> STATIC BALANCING OF HETEROGENEOUS COMPUTATIONS ON CENTRAL AND GRAPHIC PROCESSORS	42
<i>Dzhumabaev G.Kh., Abdieva G.B., Khamraeva S.A.</i> THREAD MECHANICS RESEARCH IN TECHNOLOGICAL PROCESS OF SPINNING BASED ON THE THEORY OF VISCOELASTICITY	46
<i>Esengaziev A.M., Sharipov R.Kh., Markaev E.K., Suleymenov E.N.</i> FEATURES OF THE CHARACTERISTIC OF MINERAL FORMATIONS IN A LEAD AND ZINC CONCENTRATE.....	49
<i>Kozubayev Sh.S., Sultanov A.S., Yusupov Sh., Kaldybaev R.T., Aidarbekova S.K.</i> METHOD OF DETERMINING THE QUALITY OF SEEDS OF AGRICULTURAL CROPS AS IMPORTANT QUALITY RESERVE	57

Nishanov A.Kh., Samandarov B.S.
ARCHITECTURE OF THE RECOGNITION EDUCATION-MONITORING
ENVIRONMENT FOR COMPARISON OF ELECTRONIC
INFORMATION RESOURCES (THE CASE OF MOODLE LMS)..... 60

Umbetov U.U., Hu Ven-Cen B.A, Arginova A.E.
DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR DETERMINATION OF THE OPTIMUM
CONCENTRATION OF HARMFUL COMPOUNDS IN INDUSTRIAL EMISSIONS 64

Historical sciences and archeology

Kdyrniyazov O.Sh.
CHARACTERISTIC URBANIZATION FEATURES
OF THE SOUTHERN ARAL IN THE MIDDLE AGES 70

Saidov M.M.
SAMARKAND DWELLINGS IN THE ERA OF THE KARAKHANIDS..... 74

Study of art

Mavisakalyan M.M.
A. SPENDIAROV AND ORIENTALISM: A. ADAMYAN'S POINT OF VIEW 77

Earth sciences

Meirimova G.A.
THE FORMATION OF THE STATE TOWN
PLANNING CADASTER IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN..... 80

Talzhanov S., Zhangozhina G., Shugaev N., Igibayeva A., Zhanayeva M.
THE ROLE OF AGRICULTURAL LAND
RESOURCES IN DECISION OF FOOD ISSUES 82

СОДЕРЖАНИЕ

Физико-математические науки

<i>Алиев А.Б.</i> ВОЛНЫ В ЖИДКОСТИ, ПРОТЕКАЮЩЕЙ В УПРУГОЙ ТРУБКЕ, С УЧЕТОМ ВЯЗКОУПРУГОГО ТРЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	8
<i>Алиев А.Б.</i> О ДВИЖЕНИИ ВОЛНЫ В МНОГОСЛОЙНОЙ УПРУГОЙ ТРУБКЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ ВЯЗКОУПРУГУЮ ЖИДКОСТЬ	10
<i>Алиев А.Б.</i> ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В ДЕФОРМИРУЕМОЙ ТРУБКЕ	12
<i>Аракелян Г.Б.</i> СКОЛЬКО ВСЕГО В МАТЕМАТИКЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ КОНСТАНТ И ИСХОДНЫХ ФУНКЦИЙ.....	14
<i>Верхолотов В.К.</i> НОВАЯ ТЕОРИЯ ПОДНЯТИЯ ЖИДКОСТИ В КАПИЛЛЯРНОЙ ТРУБКЕ (КАПИЛЛЯРНОГО ПОДНЯТИЯ).....	22
<i>Тагиев М.М.</i> НЕЛИНЕЙНОЕ ОДНОМЕРНОЕ ЭВОЛЮЦИОННОЕ УРАВНЕНИЕ МОНОДИСПЕРСНЫХ СУСПЕНЗИЙ	25

Химические науки

<i>Джусипбеков У.Ж., Ошакбаев М.Т., Утелбаев Б.Т.</i> НЕФТЕШЛАМЫ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ.....	31
------------------------------------------------------------------------------------------	----

Технические науки

<i>Абдиева Г.Б., Журав О.С., Назарова Д., Камолова Л.Р.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ВЯЗКОУПРУГОСТИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ И МАТЕРИАЛОВ.....	39
<i>Голубев Д.С., Орлов С.П.</i> СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ И ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ.....	42
<i>Джумабаев Г.Х., Абдиева Г.Б., Хамраева С.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИКИ НИТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРЯДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ВЯЗКОУПРУГОСТИ.....	46
<i>Есенгазиев А.М., Шарипов Р.Х., Маркаев Е.К., Сулейменов Э.Н.</i> ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В СВИНЦОВО-ЦИНКОВОМ КОНЦЕНТРАТЕ.....	49
<i>Козубаев Ш.С., Султанов А.С., Юсупов Ш., Калдыбаев Р.Т., Айдарбекова С.К.</i> МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КАК ВАЖНЫЙ РЕЗЕРВ КАЧЕСТВА	57

Нишанов А.Х., Самандаров Б.С.
АРХИТЕКТУРА РАСПОЗНАЮЩЕЙ СРЕДЫ “ОБРАЗОВАНИЕ-МОНИТОРИНГ”
ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ MOODLE LMS) 60

Умбетов У.У., Ху Вен-Цен Б.А., Аргинова А.Э.
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ
КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСАХ 64

Исторические науки и археология

Кдырниязов О.Ш.
ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ УРБАНИЗАЦИИ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ В ЭПОХУ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ 70

Саидов М.М.
ЖИЛИЩА САМАРКАНДА В ЭПОХУ КАРАХАНИДОВ 74

Искусствоведение

Мависакалян М.М.
А. СПЕНДИАРОВ И ОРИЕНТАЛИЗМ: ВЗГЛЯД А. АДАМЯНА..... 77

Науки о земле

Мейримова Г.А.
ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО КАДАСТРА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН 80

Талжанов С., Жангожина Г., Шугаев Н., Игибаева А., Жанаева М.
РОЛЬ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ПИТАНИЯ 82

УДК 53:51

**ВОЛНЫ В ЖИДКОСТИ, ПРОТЕКАЮЩЕЙ В УПРУГОЙ ТРУБКЕ,
С УЧЕТОМ ВЯЗКОУПРУГОГО ТРЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

А.Б. Алиев, доктор философии по математики, доцент, преподаватель
Бакинский Государственный Университет, Азербайджан

Аннотация. В представленной работе, в рамках одномерной линейной теории дано описание периодического по времени пульсирующего течения идеальной несжимаемой жидкости в тонкостенной упругой трубке, с учетом вязкоупругого внешнего трения.

Ключевые слова: волна, упругая трубка, вязкость, скорость волны.

Дана полубесконечная цилиндрическая трубка. Обозначим через R и h , соответственно, ее радиус и толщину. Жидкость считается однородной и несжимаемой, с плотностью ρ_f [1,3]. длина волн много больше диаметра трубки. В одномерной модели полагается, что скорость потока $u = u(x, t)$, давление $p = p(x, t)$, радиальное смещение $w = w(x, t)$. Тогда уравнение неразрывности имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{2}{R} \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

а уравнение движения есть:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{2}{\rho_f} \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

Здесь $x \in [0, \infty)$ – продольная координата, а t – время. Принимая $w/R \ll 1$, выпишем уравнение движения трубки:

$$\rho_s h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \sigma - \frac{Eh}{R^2(1-\nu^2)} w, \quad (3)$$

где ρ_s – плотность материала стенки, E – модуль упругости, а ν – коэффициент Пуассона.

Далее предположим, что величина σ состоит из двух типов напряжений: гидродинамического p , действующего со стороны жидкости в трубке и напряжения, возникающего в предположении, что окружающая

внешняя среда вносит дополнительную вязкоупругую жесткость $\frac{\tilde{G} \partial w}{\partial t}$.

Отсюда, по аналогии с наследственной теорией упругости [2], для оператора \tilde{G} запишем:

$$\tilde{G} = G \left\{ \frac{\partial w}{\partial t} - \int_{-\infty}^t \frac{G_0(t-\tau)(\partial w(x, \tau))}{\partial \tau} d\tau \right\}. \quad (4)$$

В соотношении (4) $G_0(t - \tau)$ – разностное ядро, описывающее вязкое трение, а G – мгновенный размерный параметр упругой жесткости.

Учитывая теперь равенство (4), уравнение (3) перепишем в форме:

$$p = \rho \cdot h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + G \left\{ \frac{\partial w}{\partial t} - \int_0^t \frac{G(t - \tau) \partial w}{\partial \tau} \partial \tau \right\} + \frac{Eh}{R^2(1 - \nu^2)} w. \quad (5)$$

Таким образом, замкнутая система гидроупругости описывается уравнениям (1), (2) и (5).

Имея уравнения (1), (2) и (5) сведем их к решению интегро-дифференциального уравнения. С этой целью, вначале, комбинируя уравнениями (1) и (2), находим:

$$\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} - \frac{2}{R} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0 \quad (6)$$

Вычисляя по формуле (5) и подставляя полученный результат в (6), имеем:

$$\begin{aligned} \frac{\rho_*}{\rho_f} h \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{G}{\rho_f} \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial t^2} - \frac{G}{\rho_f} \int_0^t G_0(t - \tau) \frac{\partial^3 w(x, \tau)}{\partial w^2 \partial \tau^2} \partial \tau + \\ \frac{E}{\rho_f R^2(1 - \nu^2)} h \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \frac{2}{R} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Введя следующие обозначения

$$\frac{E}{2\rho_f} = C_v^2, \quad \frac{h}{R(1 - \nu^2)} = \eta, \quad \frac{\rho_*}{\rho_f} = \rho$$

после ряда элементарных преобразований, получаем следующее интегро-дифференциальное уравнение относительно функции прогиба w .

Принимая в (8) $G_0(t - \tau) = 0$ приходим к случаю, когда трение внешней среды упругое. Взяв $G = 0$, исключаем влияние окружающей среды. Затем, пренебрегая динамическими эффектами, получаем формулу для скорости распространения волны Моэнса-Кортвеча:

$$\tilde{C} = C_0 \sqrt{\eta}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, А.Б. Волновое движение пузырьковой вязкой жидкости в вязкоупругой трубе. / А.Б. Алиев и др. // Международный научный журнал, Наука и Мир. – 2017. – №8 (48). – С.10-12.
2. Амензаде, Р.Ю. О распространении малых возмущений в вязкоупругой жидкости, заключенной в многослойную вязкоупругую трубку. / Р.Ю. Амензаде и др. // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника «Казань». – 2010. – №2. – С. 16-200.
3. Педли, Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов. / Т. Педли // М.: Мир, 1983. – 400 с.
4. Работнов, Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. / Ю.Н. Работнов // М.: Наука, 1977. – 382 с.

Материал поступил в редакцию 05.12.17.

WAVES IN THE LIQUID PROCEEDING IN THE ELASTIC TUBE CONSIDERING VISCOELASTIC FRICTION OF THE ENVIRONMENT

A.B. Aliyev, PhD in Mathematics, Associate Professor, Lecturer
Baku State University, Azerbaijan

Abstract. In the presented work, within the one-dimensional linear theory, the description of the time-periodic pulsating flow of an ideal incompressible liquid in a thin-walled elastic tube, taking into account viscoelastic external friction is given.

Keywords: wave, elastic tube, viscosity, wave velocity.

УДК 53:51

О ДВИЖЕНИИ ВОЛНЫ В МНОГОСЛОЙНОЙ УПРУГОЙ ТРУБКЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ ВЯЗКОУПРУГУЮ ЖИДКОСТЬ

А.Б. Алиев, доктор философии по математике, доцент, преподаватель
Бакинский Государственный Университет, Азербайджан

Аннотация. Работа посвящена задаче математического моделирования движения крови в крупных кровеносных сосудах (артериях и венах), для которых характерны многослойность и непрерывное изменение площади поперечного сечения. Используются линейные одномерные уравнения.

Ключевые слова: волны, многослойная упругая трубка, вязкоупругая жидкость, скорость волны.

Артерию будем моделировать многослойной полубесконечной тонкостенной трубкой переменного кругового сечения $R = R(x)$ и толщиной h , составленной из n различных по толщине слоев. При этом $R(x) = R_\infty g(x)$, где $g(x)$ положительная дважды дифференцируемая функция продольной координаты x , для которой $\lim_{x \rightarrow \infty} g(x) = 1$. Одновременно полагаем $\lim_{x \rightarrow \infty} g'(x) = 0$ и $\lim_{x \rightarrow \infty} g''(x) = 0$. Примером такой функции является [1] $g(x) = 1 + e^{-\beta x}$ ($\beta > 0$), которая характеризует сужение артерии по её длине. Материал j -го слоя обладает упругой константой E_j и плотностью ρ_j ($j = \overline{1, n}$). Толщину каждого слоя обозначим h_j , так что $h = \sum_{j=1}^n h_j$. Условие контакта между слоями пакета заключается в их жестком сцеплении, что позволяет использовать гипотезу плоских сечений. Наконец, будем считать, что раздел слоев симметричен относительно срединной поверхности трубки. Тогда уравнение её движения можно записать в виде [3]:

$$p = \frac{w}{R_\infty^2 g^2(x)} \sum_{j=1}^n E_j h_j + \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \sum_{j=1}^n \rho_j h_j \quad (1)$$

Будем считать, что жидкость (кровь) – вязкоупругая и несжимаемая, для которой справедливо следующее реологическое соотношение [1, 2]:

$$\prod_{j=1}^s (1 + \lambda_j \frac{\partial}{\partial t}) \sigma = 2\eta \prod_{j=1}^s (1 + \theta_j \frac{\partial}{\partial t}) \frac{\partial u}{\partial x} \quad (2)$$

Добавляя к уравнениям (1) и (2) уравнения неразрывности и импульсов

$$\frac{\partial}{\partial x} (Su) + L \frac{\partial w}{\partial t} = 0; \quad \rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (-p + \sigma) \quad (3)$$

получим полную систему уравнений гидроупругости. В (1)-(3) $u(x, t)$ – продольная скорость течения жидкости, $w(x, t)$ – радиальное смещение стенки трубки, $p(x, t)$ – давление, $\sigma(x, t)$ – «вязко-упругое» напряжение, ρ – плотность жидкости, $S = S(x)$ и $L = L(x)$ соответственно площадь поперечного сечения и длина окружности, η – динамический коэффициент вязкости жидкости, а λ_j и θ_j образуют спектры релаксации и ретардации.

Сокращение сердца сопровождается выбросом крови в кровяное русло, что приводит к периодическим изменениям гидродинамических функций. Здесь принципиальное значение имеет исследование чисто синусоидального колебания с одной заданной частотой ω . В этом аспекте представим все искомые переменные пропорциональными временному множителю $\exp(i\omega t)$. Следовательно,

$$\begin{aligned} u &= u_1(x) \exp(i\omega t), & w &= w_1(x) \exp(i\omega t), \\ p &= p_1(x) \exp(i\omega t), & \sigma &= \sigma_1(x) \exp(i\omega t). \end{aligned} \quad (4)$$

где u_1, w_1, p_1 и σ_1 – комплексные функции координаты положения.

Последующий ход вычислений состоит в том, что выражения (4) подставляются в (1) – (3) в результате чего находится система обыкновенных уравнений. Комбинируя их, после довольно громоздких вычислений, получим уравнение, которому удовлетворяет функция u_1 , которое, используя замену Лиувилля

$$y(x) = u_1(x) \exp \frac{1}{2} \int \frac{G_2(x)}{G_1(x)} dx$$

и приняв обозначение:

$$q(x) = 1 - \frac{I(x)}{\delta^2},$$

придем к виду:

$$y'' + \delta^2 y = \delta^2 q(x) y \quad (5)$$

Здесь $G_1(x), G_2(x)$ и $I(x)$ заданные функции, а $\delta^2 = \lim_{x \rightarrow \infty} I(x)$.

Для нахождения решения уравнения (5) примем следующие граничные условия: $y(0) = y_0, \lim_{x \rightarrow \infty} y(x) = 0$, при

$$\int_0^{\infty} |q(x)| dx < +\infty, \text{ а } \operatorname{Im} \delta < 0 \quad (6)$$

где y_0 задается исходя из краевого условия на левом торце трубки. Таким образом, сформулированная задача гидроупругости сведена к решению сингулярной краевой задаче Штурма-Лиувилля. Рассматривая в (5) $\delta^2 q(x)$ как внешний источник и применяя метод вариации произвольных постоянных, решение задачи сводится к решению эквивалентного интегрального уравнения:

$$y(x, -\delta) = C e^{-i\delta x} + \delta \int_x^{\infty} \sin \delta(\xi - x) q(\xi) y(\xi, -\delta) d\xi. \quad (7)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, А.Б. Волновое движение пузырьковой вязкой жидкости в вязкоупругой трубе. / А.Б. Алиев и др. // Международный научный журнал, Наука и Мир. – 2017. – №8 (48). – С.10-12.
2. Амензаде, Р.Ю. Аналитическое решение задачи о волновом течении вязкоупругой жидкости в упругой трубке с учетом эффекта сужения. / Р.Ю. Амензаде // Доклады РАН, М. – 2008. – Т. 418. – №3. – С. 327-330.
3. Амензаде, Р.Ю. Пульсирующее течение жидкости, заключенной в многослойную вязкоупругую трубку. / Р.Ю. Амензаде и др. // «Механика Машиностроения» Баку. – 2007. – №1. – С. 4-10
4. Педли, Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов. / Т. Педли // М.: Мир, 1983. – 400 с.

Материал поступил в редакцию 08.12.17.

ON THE MOTION OF WAVES IN MULTILAYER ELASTIC TUBE, CONTAINING VISCOELASTIC FLUID

A.B. Aliyev, PhD in Mathematics, Associate Professor, Lecturer
Baku State University, Azerbaijan

Abstract. The work devoted to the problem of mathematical modeling of blood flow in major blood vessels (arteries and veins), which are characterized by layering and continuous change in cross-sectional area. The linear one-dimensional equations are used.

Keywords: waves, multilayer elastic tube, viscoelastic fluid, wave velocity.

УДК 53:51

ТОЧНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ В ДЕФОРМИРУЕМОЙ ТРУБКЕ

А.Б. Алиев, доктор философии по математике, доцент, преподаватель
Бакинский Государственный Университет, Азербайджан

***Аннотация.** В данной работе, на основе линейных усредненных уравнений, дается решение задачи гидроупругости, связанной с волновым течением вязкой жидкости, заключенной в вязкоупругую трубку конечной длины с учетом эффекта ее сужения.*

***Ключевые слова:** эластичная труба, жидкость, пульсация, плотность.*

Предположим, что дана трубка длиной l . Принимается, что площадь ее поперечного сечения S зависит от продольной координаты x и она жестко прикреплена к окружающей среде, вследствие чего смещение трубки в осевом направлении отсутствует. Жидкость считается однородной с плотностью ρ и динамическим коэффициентом вязкости μ [2]. Движение жидкости может быть представлено посредством осевой составляющей скорости $u(x, t)$, где t – время. В одномерной постановке считается, что давление $p = p(x, t)$, а радиальное смещение трубки $\omega = \omega(x, t)$. Для принятой математической модели «трубка – жидкость» выпишем замкнутую систему уравнений, которая имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x}(Su) + L \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{s(x)}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{8\mu}{\rho R^2(x)} Q = 0, \quad (2)$$

$$p = \frac{hE}{R^2(x)} \left\{ \omega - \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) \omega(x, \tau) d\tau \right\} + \rho_* h \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2}. \quad (3)$$

В приведенных выше уравнениях $Q(x, t)$ – расход жидкости, h – толщина трубки, $R(x)$ – ее радиус, $L(x)$ – периметр поперечного сечения, ρ_* – плотность материала стенки, E – мгновенный модуль упругости, а $\Gamma(t - \tau)$ – разностное ядро релаксации [3].

Функцию $R(x)$ запишем, как $R(x) = R_0 g(x)$, где $g(x)$ – положительная, дважды дифференцируемая монотонно убывающая функция $\forall x \in [0, l]$, причем $g(0) = 1$. Тогда:

$$\frac{\pi R_0^2}{\rho} g^2(x) \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{8\mu}{\rho R_0^2 g^2(x)} Q = 0,$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + 2\pi R_0 g(x) \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0, \quad (4)$$

$$p = \frac{hE}{R_0^2 g^2(x)} \left\{ \omega - \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) \omega(x, \tau) d\tau \right\} + \rho_* h \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2}.$$

Сведем систему (4) к решению обыкновенных дифференциальных уравнений, полагая, что все переменные пропорциональны временному множителю $\exp(i\omega t)$, где ω – задаваемое действительное частоты, т.е.

$$p = p_1(x) \exp(i\omega t), \quad Q = Q_1(x) \exp(i\omega t), \quad \omega = \omega_1(x) \exp(i\omega t) \quad (5)$$

Учитывая представления (5) и введя для краткости записи следующие обозначения:

$$\alpha = \int_0^{\infty} \Gamma(\theta) e^{-i\omega\theta} d\theta \quad (\theta = t - \tau),$$

$$\xi(x) = \frac{hE}{R_0^2 g^2(x)} (1 - \alpha) - \rho_* h \omega^2, \quad (6)$$

$$\eta(x) = i\omega + \frac{8\mu}{\rho R_0^2 g^2(x)},$$

имеем:

$$p_1 = \omega_1 \xi(x), \quad \frac{\pi R_0^2 g^2(x)}{\rho} p_1' + \eta(x) Q_1 = 0, \quad Q' + 2\pi i \omega R_0 g(x) \omega_1 = 0$$

Комбинируя эти уравнения, относительно функции p_1 получим:

$$p_1'' + \mu_1(x) p_1' + \mu_2(x) p_1 = 0 \quad (7)$$

где

$$\mu_1(x) = 2 \frac{g'(x)}{g(x)} - \frac{\eta'(x)}{\eta(x)}, \quad \mu_2(x) = -2i \frac{\rho \omega}{R_0 g(x)} \frac{\eta(x)}{\xi(x)} \quad (8)$$

Замена Лиувилля $y(x) = p_1 \exp \frac{1}{2} \int \mu_1(x) dx = p_1 \lambda(x)$ приводит уравнение (7) к виду

$$y' + I(x) y = 0 \quad (9)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, А.Б. Волновое движение пузырьковой вязкой жидкости в вязкоупругой трубе. / А.Б. Алиев и др. // Международный научный журнал, Наука и Мир. – 2017. – №8 (48). – С.10-12.
2. Ильющин, А.А. Механика сплошной среды. / А.А. Ильющин // Изд-во. Моск. ун-та, 1978. – 278с.
3. Работнов, Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. / Ю.Н. Работнов // М.: Наука, 1977. – 382 с.

Материал поступил в редакцию 08.12.17.

THE EXACT SOLUTION OF A PROBLEM ON PULSATING FLOW OF FLUID IN A DEFORMABLE TUBE

A.B. Aliyev, PhD in Mathematics, Associate Professor, Lecturer
Baku State University, Azerbaijan

Abstract. This work gives the solution of a problem of the hydroelasticity connected with a wave flow of the viscous fluid concluded in a viscoelastic tube of final length taking into account effect of her narrowing, based on the linear average equations.

Keywords: elastic tube, fluid, pulsation, density.

UDC 510

HOW MANY FUNDAMENTAL CONSTANTS AND INITIAL FUNCTIONS ARE THERE IN MATHEMATICS?

H.B. Arakelian, Doctor of Philosophical Science, Leading Researcher,
Head of the Department of Theoretical Philosophy

Institute of Philosophy, Sociology and Law of Armenian National Academy of Sciences (Yerevan), Armenia

***Abstract.** The complete unity of fundamental mathematical constants (FMC) and initial functions (IF) can be obtained in the boundaries of mathematical logic and universal mathematical axiomatics. FMC and IF turn out to be a result of solving the system of functional equations, which are related with fundamental properties of the whole numbers set. By means of FMC, including the new constant u , some “inaccessible” numerical problems of physical theory are attainable.*

***Keywords:** constant, function, fundamental, calculus, initial, axioms, superposition.*

Introduction

Before proceeding to the main topic of this paper, it is appropriate to have a general glance at sets of special numbers with several subgroups in each of them.

1. Exclusive numbers of mathematics:
 - fundamental mathematical constants (FMC),
 - mathematical constants (MC),
 - members of the most important numerical sequences.
2. Exceptional numbers of nature:
 - fundamental physical constants (FPC),
 - physical constants (PC),
 - special numbers of various branches of natural science.
3. Sacred numbers:
 - of mathematical magic,
 - of numbers mystery.

Certainly, any of these groups deserves attention, but only the mathematical constants are the topic of our consideration. Two principal questions here arise.

- a. What is a mathematical constant?
- b. Which mathematical constants may be accepted as fundamental?

According to the general understanding, mathematical constant is a special number that is “significantly interesting in some way” [27]. Obviously, this is not a strict definition, and there are hundreds of “significantly interesting” numbers associated with number theory, calculus, geometry, complex analysis, discrete structures, inequalities, functional iterations, etc. [17]. Then we have nearly two hundred “selected constants” [20]. At last, on the very top of numbers hierarchy there are dozens of “the most common”, “the most famous” and so on constants. It is the most elite group of exclusive mathematical numbers in various sources and each of them, each author has his own list of such numbers. However, some constants are present in almost any list. Actually, in all cases we see the number π , Euler’s number e , Euler–Mascheroni constant γ , imaginary unit i , golden ratio ϕ , Pythagoras constant $\sqrt{2}$. In the majority of cases the list of the most exclusive constants contains Omega constant Ω , Khinchin’s constant K , Feigenbaum constants α and δ , Catalan’s constant G , Apery’s constant $\zeta(3)$, zero 0, decimals 1 and 2.

Ultimately, there is a little over a dozen of constants, which are usually considered as the most common, the most exclusive, the most important numbers of mathematics and its applications. However, are all these constant fundamental and what is to say “fundamental mathematical constant?” It is easy to notice that some constants of this list are just combinations of some other numbers obtained by using mathematical operations. For instance, Pythagoras constant is simply constructed from decimal 2, 1 and operation of exponentation; just the same for the golden ratio:

$$\phi = \frac{1}{2} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2},$$

which has many other, usually more complicated presentations, see [1]. In fact, any known number, any MC can be constructed in different ways and expressed by means of other numbers. This indicates the unity of numerical mathematics, especially MC, which essentially form a group of exclusive numbers closely related with each other.

This brings up another points. We see that the theoretical status of various constants is very different. Indeed, there are famous numbers π and e playing a great role in whole mathematics on one hand and, on the other hand, a great

amount of little-known constants, used in very narrow fields of mathematics. However, is it possible to distinguish the really fundamental constants from not fundamental ones, to separate the group of all FMC strictly, by some formal universal property or attitude, not on the “eye” or intuitively? What, figuratively speaking, is needed to add the letter F in front of abbreviation MC? *Fundamental* is something much more significant than *well-known* or *common*. FMC is the highest level of mathematical number, and a priori must be understood as the basic, universal, primary, etc. objects of the infinite number continuum. Well, but which are the criteria of choosing FMC, which principles ought to be applied to define these numbers? It is obvious that to work out such problems an original approach and general methods of investigation are required. The present paper provides the answers to the problem of FMC within the framework of the foundations of mathematics.

Propositional and predicate calculi

First of all, it should be noted that “It’s a long way to Tipperary” and the problem cannot be worked out at once. Furthermore, it cannot be formulated explicitly, because, as we will soon see, the FMC are, if it may say so, carefully disguised and skillfully “hidden” in the depths of foundations of mathematics. Thus, we ought to forget for a while about constants and apply to the formal basis of mathematics, that is, to mathematical logic. Steadily climbing the stairs, starting with logic, we shall finally obtain the list of FMC, as well as the group of IF.

It is a common knowledge that the roots of formal mathematics are in mathematical logic. It means that such theories of mathematics as formal arithmetic start from logical “atoms” – propositions (statements) and other basic logical elements, forming the propositional (sentential) calculus. This is, in fact, the **first step** on the long way to the solution of the task. Based on propositional calculus the predicate calculus (first-order logic) is being built (**second step**). As can be seen from the title of this section, its initial concept is the predicate or logical function. These two steps are very well studied and widely represented in the literature on mathematical logic, (see e.g. [7; 8; 24], so there is no need to dwell on this in detail. It is only necessary to stress that the classical predicate calculus, without equality, contains propositional calculus and can serve as a formal basis for a lot of different mathematical systems.

In the context of this paper the most remarkable feature of logical calculi and formal mathematics is that, they reduced all their forms to a minimal basis of initial elements and principles. In a nutshell, they represent the main classes of logical-mathematical variables and functions, including constants as a limiting case of simple functions, and the notion of composite function formed by means of superposition. In order to distinguish the well-formed and not well-formed sequences of logical and mathematical symbols there are definitions of term – “logical word”, and formula – “sentence”, as well as a list of initial logical and mathematical operations. The construction of the predicate calculus is completed by a system of logical postulates – axiom schemes and inference (transformation) rules [10, p. 4–8].

The AG system

Propositional and predicate calculi are the logical roots for various systems of mathematics, so this part of building the sought-for system is practically non-alternative and quite trivial. Transition from logical calculus to a universal system of formal mathematics is the **third step** of the whole construction. Such system is also known and denoted as **AG** [7, § 39]. Its alphabet

$$\sim \supset \& \vee \neg \forall \exists = + - 0 a b c \dots x y z \alpha \beta \dots \psi \omega () \lfloor$$

consists of seven logical and three mathematical operations arranged in decreasing rank from left to right, an individual object 0, 26 Latin italic letters, 24 small Greek letters, left and right brackets, and symbol \lfloor .

The **AG** system is comprised of seven mathematical axioms:

$$\mathbf{M}_1 \quad a = b \supset (a = c \supset b = c)$$

$$\mathbf{M}_2 \quad a = b \supset a + c = b + c$$

$$\mathbf{M}_3 \quad a = b \supset c + a = c + b$$

$$\mathbf{M}_4 \quad (a + b) + c = a + (b + c)$$

$$\mathbf{M}_5 \quad a + 0 = a$$

$$\mathbf{M}_6 \quad a - a = 0$$

$$\mathbf{M}_7 \quad a + b = b + a$$

Axioms **M**₁–**M**₄ define the properties of equality and addition, **M**₅ establishes the unique properties of zero, **M**₆ introduces the operation “–” and the object –*a*, opposite to *a*, **M**₇ is the commutative law for addition.

The **AG** system has decisive advantages in comparison with any other system of formal mathematics. In contrast to other systems **AG** allows a great variety of interpretations both of numerical and non-numerical, group-theoretic nature. But the main point, exceptionally remarkable fact here is that equally with other interpretations there is one on the set of all, complex and real, numbers including zero – the first, per se, and the only yet FMC. It should be also emphasized

that if we strive to have a formal system including all numerical sets, then the operations of addition, subtraction and constant 0, but not the secondary operations of multiplication, division and number 1, ought to be chosen. The **AG** system with its alphabet, rules of inference and axioms \mathbf{M}_1 – \mathbf{M}_7 (shortly **M**) meets all these requirements and certainly, it is a real basis of universal formal mathematics.

Hence, we have strong grounds to assert that **AG** is a universal logical-mathematical system constructed on the universal logical basis, and now it is possible to axiomatically define the initial notion of mathematical number *in general*, define the continuum of all numbers without any omission or lack. It is also of great importance to note that along with the set of initial objects **AG** system provides the complete collection of primary logical and mathematical operations, through which all the other conceivable and permitted operations can be expressed. It means that we can make the next step strictly remaining in the boundaries of given logical-mathematical system.

Functional Equations E

Still not bearing in mind the FMC and IF, we have come very close to the solution of sought-for problem having nothing else at our disposal except the resources and not so far revealed potential of the **AG** system. This is the last, **forth** and the most important, crucial **step** of the whole construction. It is reasonable now to put the following question: which fundamental features of the **AG** system are not claimed and detected hitherto? Quite apparently, interpreting symbols a, b, c in axioms \mathbf{M}_1 – \mathbf{M}_7 as numbers, we have a general implicit definition of the notion of number but only one certain number 0 understood as zero. Further, interpreting “+” and “–” as “addition” and “subtraction”, it is necessary to have the complementary mathematical operations of multiplication, consequently the inverse operation of division. Two other fundamental concepts of universal formal mathematics are the periodicity for initial operations “+”, “–” and the superposition of functions. Therefore, the task is to express the multiplication (division), periodicity and superposition by means of initial elements of the **AG** system, mainly represented by its alphabet and system of axioms **M**.

In the framework of the **AG** system, it is impossible to reduce the new elements to the initial ones explicitly. This task can be carried out only by the use of functional equations, which actually specifies certain functions, operations and numbers in implicit form. Introduction of the new mathematical objects by means of their reduction through functional equations to initial elements is a powerful facility, a general method of formal system deployment, complementing the axiomatically specified properties of numbers.

It should be clarified that, first, the new multiplication operation, marked by a point “·”, ought to be reduced to addition by the use of addition and unknown yet functions $\psi(x)$ and $\alpha(x)$. Secondly, it is necessary to introduce the period λ – a functional analogue of the initial mathematical constant zero, i.e. to assign a functional character to the main properties $a \pm 0 = a$, fixed in the axioms \mathbf{M}_5 – \mathbf{M}_6 . Third, using the fundamental principle of superposition, we have the unknown function S , the infinite application of which transfers any number x to some constant c .

Taking into account all possible combinations for functional equations containing +, – and · (six in total) and choosing only those two where multiplication is reduced to addition and subtraction, as well as representing principles of periodicity and superposition, we unequivocally come to a system **E** of five functional equations [4, 77–78; 3, 54–54; 10,12].

$$\mathbf{E}_1 \quad \psi(x_1 + x_2 + \dots + x_k) = \psi(x_1) \cdot \psi(x_2) \dots \psi(x_k).$$

$$\mathbf{E}_2 \quad \alpha(x_1) + \dots + \alpha(x_k) = \alpha(x_1 \cdot x_2 \dots x_k).$$

$$\mathbf{E}_3 \quad \psi(x + \lambda + \dots + \lambda) = \psi(x).$$

$$\mathbf{E}_4 \quad \psi(x - \lambda - \dots - \lambda) = \psi(x).$$

$$\mathbf{E}_5 \quad \lim_{n \rightarrow \infty} S(S(\dots S(x)\dots)) = c.$$

Here the symbol S designates unknown, maybe different from ψ and α , function(s), whose infinite superposition must bring to hypothetical and distinct from others constant(s); x means an arbitrary number.

Equations $\mathbf{E}_1, \mathbf{E}_2$ (called Cauchy functional equations) separately taken are well studied and give in solution exponential and logarithmic functions, without any constants. The investigation of the whole system **E** in the framework and strict limitations of **AG** logical-mathematical system is a rather long and laborious process. It is fully, in details performed and presented in [4, Ch. 2]. Ultimately, we have a unique solution of the system **AGE**, comprised of four functions and six numbers: $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6$. The thorough examination of all main features and peculiarities of these functions and numbers brings about such identities:

$$\psi(z) \equiv e^z \equiv \exp z, \quad \alpha(z) \equiv \text{Ln } z = \ln z \pm 2\pi ni,$$

$$S_1(x) = \psi(-x) \equiv e^{-x}, \quad S_2(x) = \frac{\psi(ix) + \psi(-ix)}{2} \equiv \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} \equiv \cos x.$$

$$c_1 = e, \quad c_2 = \pi, \quad c_3 = i, \quad c_4 = 2, \quad c_5 = \mathbf{u}, \quad c_6 = \mathbf{W}(1).$$

The period λ in equations \mathbf{E}_3 and \mathbf{E}_3 proves to be a product of three constants: $\lambda = 2\pi i$.

Hence, the functions $\psi(z)$ and $\alpha(z)$ are identified with well-known exponent e^z and its inverse function logarithm $\text{Ln } z$, numerical objects c_1, c_2, c_3, c_4 – with Euler constant e , number π , natural number 2 and imaginary unit i . $S_1(x)$ is also exponent, the function $S_2(x)$ is just a simple combination of exponent, constants $i, 2$ and operation $+$. As to $c_5 = \mathbf{u}$ and $c_6 = \mathbf{W}$ (1), we will soon return to them.

It should be noted that according to Euler's well-known formulas the constants $e, \pi, i, 2$ constitute a closed system

$$e^{\pi i/2} = i, \quad e^{-\pi i/2} = -i, \quad e^{\pm \pi i} = i^2 \equiv -1, \quad e^{\pm 2\pi i} = (i^2)^2 \equiv (-1)^2 \equiv 1,$$

giving all four real and imaginary units $\pm i, \pm 1$. Together with initially given by axioms $\mathbf{M}_5, \mathbf{M}_6$ zero it makes possible to construct in a very simple way the set of all positive and negative numbers first, and then the infinite continuum of all numbers [5, 123–126]. It immediately follows that numbers $0, e, \pi, i, 2$ are not only fundamental constant but the first, primary numbers, *protonumbers* in the hierarchy of formal universal mathematics.

It should also be taken into account that the integral form of the ratio (not presented in the system \mathbf{E}) of two maternal functions gives an exceptional number, called Euler–Mascheroni constant:

$$\gamma = \int_0^{\infty} -\frac{\ln(x)}{e^x} dx.$$

The constant γ must also be added to the list of FMC. By the way, replacing in $\ln(x)$ the variable x by $-x$, we get a very interesting relation between maternal functions and a group of five fundamental constant:

$$\int_0^{\infty} -\frac{\ln(x)}{e^x} dx = \gamma - \pi i.$$

Functional equation \mathbf{E}_5

It remains to consider \mathbf{E}_5 – the last equation of \mathbf{AGE} system, which stands somewhat apart from the rest and is directly concerned with such initial and important resource of logical-mathematical system as superposition. Here we must take into account the existence of the inverse function $S^{-1}(x)$, consider the expression in external brackets as a function-variable and use the obvious property

$$\lim_{n \rightarrow \infty} = \lim_{n-1 \rightarrow \infty}$$

of any infinite limit. Thence we can reduce \mathbf{E}_5 to a system of two more simple equations for direct and indirect functions, written in the form of double equality

$$\mathbf{E}_{51} \quad S(x) = S^{-1}(x) = x,$$

containing the superposition constant(s) as a numerical solution of this system of equations [4, 106]. We seek the solution of equations in the domain of elementary functions, They are not many in number: exponential and logarithmic functions, the power function, twelve trigonometric and inverse trigonometric functions, and twelve hyperbolic and inverse hyperbolic functions; twenty seven functions altogether. To eliminate the functions, which do not satisfy the equations \mathbf{E}_{51} , a list of general requirements must be imposed upon the sought-for functions.

- The equation \mathbf{E}_{51} are valid for all real numbers without any exception.
- The graphs of functions $S(x), S^{-1}(x)$ and $y = x$ have a common point of intersection.
- The functions $S(x), S^{-1}(x)$ and $y = x$ intersect in a single, nonzero point.

Only three functions: $a^x, \cos x, \text{sech } x$ satisfy all these requirements. Taking into account that the equations \mathbf{E}_{51} are an integral part of the system \mathbf{E} , the number a ($0 < a < 1$) should be equal to $e^{-1} = 0,367879 \dots$

Thus, solution in elementary functions of *real variable* leads to the following functions and intersection points:

$$\begin{aligned} e^{-x} &= -\ln(x) = x & x_e &= 0.56714 \ 32904 \dots \\ \cos x &= \arccos x = x & x_c &= 0.73908 \ 51332 \dots \\ \text{sech } x &= \text{arsech } x = x & x_h &= 0.76500 \ 99545 \dots \end{aligned}$$

The system of formal mathematics was constructed not only for real numbers, so we have the last requirement. *d)* The equation \mathbf{E}_5 is valid for all imaginary numbers.

The function $\text{sech}(ix) = \sec(x) = 1/\cos x$ is not defined in the points $n \cdot \pi i/2$ ($n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$), so we finally come to the constants $x_c = \mathbf{u}$ and $x_e = \mathbf{W}$ (1). It should be also mentioned that the requirements *a) – d)* are given for illustration only: we have exactly the same result presenting \mathbf{E}_5 in the most general form of two functional equations

$$E_5' \lim_{n \rightarrow \infty} S(S(\dots S(z)\dots)) = x, \text{ where } z = x, \text{ or } z = ix.$$

Remarks on the constant W (1)

Of the eight FMC $0, e, \pi, i, 2, \gamma, \omega, W(1)$ less than others are known the omega constant $W(1)$ and, especially, the cosine superposition constant ω . Therefore, it makes sense to dwell on these two constants.

Omega constant $W(1)$, obtained above as one of the two solutions of the equation E_5 , is usually known as the special value of the Lambert equation, which is written in the form

$$z = W(z)e^{W(z)}, \text{ or } W(z) = e^{-W(z)}.$$

If the complex number $z = 1$, then

$$W(1) = e^{-W(1)}, \text{ or } W(1) = -\ln W(1)$$

and it means that omega constant $W(1)$ is equal to its exponent and logarithm, both taken with a minus sign. This is exactly what we have from the solution of the equation E , consequently, the result obtained from the most general considerations can be also obtained from the properties of the Lambert function. It follows from all this that the function e^{-x} is an attractor, the infinite use of which for an arbitrary taken real of imaginary number always leads to the constant

$$W(1) = 0.56714 32904 09783 87299 99686 62210 35554 \dots$$

Geometrically $W(1)$ is a threefold intersection point for functions $y = e^{-x}, y = -\ln(x)$ and linear function $y = x$

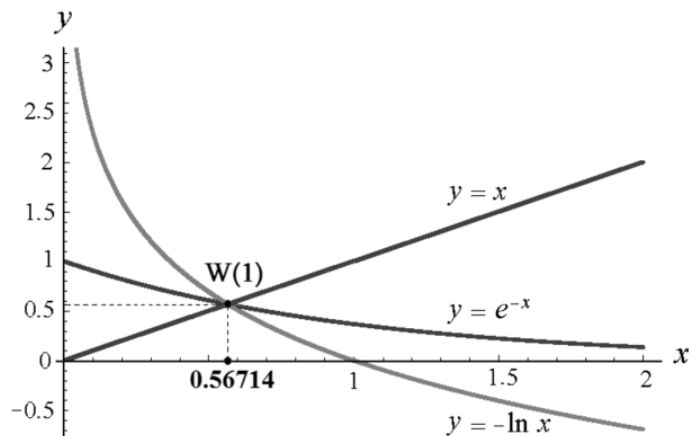


Fig. 1. The intersection point of functions $y = e^{-x}, y = -\ln(x), y = x$

Practically omega constant can be obtained with some accuracy by consistently pressing the keys e^x and $1/x$ of scientific calculator.

Some peculiarities of cosine and the constant ω

Much of what was said about the omega constant refer to the cosine superposition constant as well, if only replacing e^{-x} by $\cos x$ and $W(1)$ by ω . However, there is one highly important and interesting point, giving among other things the answer to the question: why cosine, but not sine in the fundamentals of formal mathematics? Geometrically, the graph of $\cos x$ is the sinusoid shifted by $\pi/2$ along the real line; analytically it is expressed by a relation $\sin(x \pm \pi/2) = \cos x$. This fact is a source of a widely spread misconception about proximity, almost identity of two functions. However, the analytical structures of these functions, expressed by exponent and FMC $e, i, 2$, are quite different:

$$\cos x = (e^{ix} + e^{-ix})/2, \sin x = (e^{ix} - e^{-ix})/2i.$$

In order to clearly demonstrate the fundamental difference between the two functions, let us, for example, take the variable $x = 2i$. The infinite superposition of cosine converts $2i$, as any other real or imaginary number, into a constant ω . Meanwhile, the superposition of sine gives a sequence of imaginary numbers $3.6i, 18.8i, 7.2 \cdot 109i, 4.7 \cdot 1031227831i \dots$ with an absolute number growing to infinity. Thereby, unlike $\cos x$, the function $\sin x$ does not have a finite superposition constant for imaginary numbers, but only such constant (zero) in the range of real numbers. It means that the sine attractor 0 is of lower rank than the “brother” constants ω and $W(1)$.

It should be also mentioned that the function $y = e^{ix} + e^{-ix}$ which seems to be simpler than the cosine, since it does not contain 2 in denominator, does not converge by superposition to any number at all [4, 118–120].

As to the number

$$0.739085 13321 51606 41655 31208 76738 73404 \dots$$

it could be solved with some approximation as a root of transcendental equation $\cos x = x$ even in 18th century by Newton's method, also known as Newton's iteration, which was written in 1669 and published in 1711 [11, 183]. But really the first appearance of this number was in the second half of the 19th century [14; 16; 18; 21]. Nowadays one can find the cosine equation and, with some accuracy, its unique root in many studies, more often in textbooks explaining and illustrating the Newton's method or, sometimes, other methods of functional iteration.

As a fundamental mathematical constant and attractor the number 0.73908 51332... originally appeared in 1981 in the book [5, 135–136]. It was named "cosine constant", or "cosine superposition constant", designated by the symbol u (the first small letter of the Armenian alphabet, pronounced as [a:]) and used in [3-6; 10-12] in searching the foundations of mathematics and solving the numerical problems of physical theory. The first 6 400 000 decimal places of u are calculated and given in [13].

In 2007 the number 0.739085... as a "universal attractor" appeared in a small article and, perhaps because of ignorance, was called "Dottie number" by the name of a professor of French, who "noticed that whenever she put a number in the calculator and hit the cos button over and over again, the number on the screen always went to the same value, about 0.739085..." [19]. Maybe it was something mysterious and amazing for the professor of French and her math-professor husband, but actually this simple "empirical" consequence of equation E_5 was well known and often mentioned (see. e.g. [12; 2, 94]) much earlier. Nowadays the naming "Dottie number", unrelated with the real authorship of the constant, is widely used and this is *hard to understand otherwise than* as a violation of scientific ethics and copyright infringement.

However, the naming "cosine superposition constant" and the symbol u are also sometimes used and we will continue using these terms for the constant, interest in which, including reference books and articles on mathematics, see e.g. [22; 23 25; 26; 28-30], is steadily growing.

The equation E_5 for cosine means that the consistent application of this function step by step and with increasing accuracy (graphically shown in Fig. 2 for some steps) brings the solution more and more closer to the value 0.739085..., reaching it in the infinite limit.

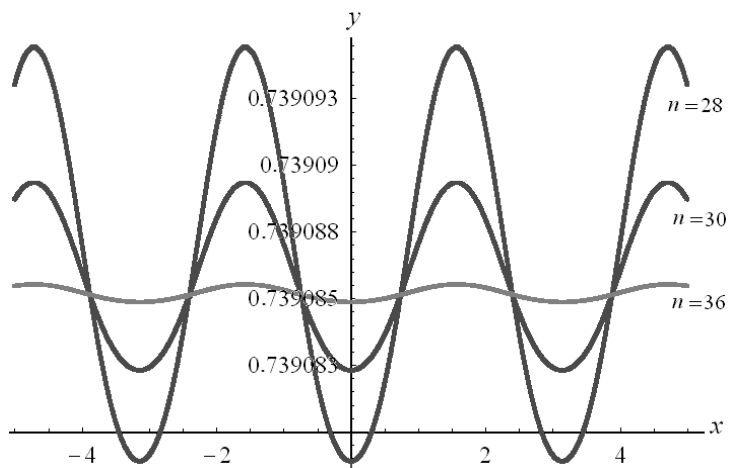


Fig. 2. The graph of function $\cos(\cos(\dots\cos(x)\dots))$ for $n = 28, 30, 36$ steps

We know that in the range of all real and imaginary numbers the equation E_5 , as a part of the system E , is equal to simple double equations for cosine, inverse cosine and linear function. Geometrically, the constant u , similar to the omega constant, is a triple point of intersection of these functions.

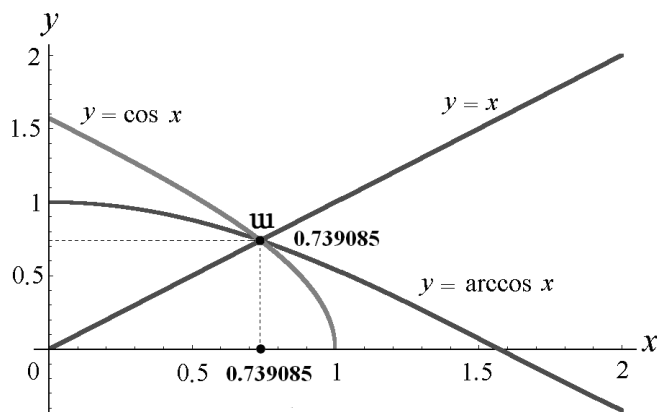


Fig. 3. The intersection point of functions $y = \cos x, y = \arccos x, y = x$

Some properties and applications of the constant u

Any fundamental mathematical constant is a powerful instrument for solving various problems in mathematics and its applications. The constant u is something like a *hidden parameter* of mathematics, useful in many areas of science and technology. The most promising fields today are oscillatory processes, the theory of chaos, fractals, dynamical systems, planetary orbits, see [15; 9]. Whenever the solution of the problem contains the expression $\cos \varphi$, we can simplify the answer, or have the simplest solution replacing $\cos \varphi$ by the constant u . For example, the length l of the arc starting from the pole and ending at arbitrary point of the spiral is given by the expression $l = r/\cos \varphi$, where the main parameter of spiral φ is the angle between the radius vector and the tangent to the curve at the selected point. It is easy to see that the simplest relation $l = r/u$ holds when the angle φ is equal to u . By the way, in angular units we have: $u \cdot 180^\circ/\pi \approx 42.3465^\circ$, or $42^\circ 20' 47''$ [10, 24].

And still the most significant area of application of the constant u is the physical theory. Realizing the idea of the unit of mathematical logic, formal mathematics and foundations of fundamental physics and continuing the **AGE** system in the field of physical theory, we come at last to a dimensionless system of physical quantities measurement. The first system of natural units was suggested by Max Planck in 1901. In such a system the basic units of physical quantities are not seconds, centimeters, grams and so on, but fundamental physical constant expressed by dimensionless numbers. By means of the “hidden mathematical parameter u ” and other FMC, we have for the basic physical constants a system, called **A**-system:

$$k \equiv 1/\ln 2, \quad c \equiv \alpha^{-1}, \quad m_e \equiv u/\pi^2, \quad \hbar \equiv \pi^2 \alpha^2/u,$$

where: k is the Boltzmann constant, c – velocity of light in the vacuum, α – fine structure constant, m_e – electron mass, \hbar – Planck constant.

Alongside with other FMC, the constant u makes possible the theoretical definition of some physical constants in the boundaries of **A**-system and the general theory, including the logical-mathematical system **AGE** [3, ch. 2; 4, ch.3; 3, ch. II–III]. The best example of this kind is the Fermi coupling constant G_F . In a few words it is a fundamental physical constant characterizing the interactions between 24 fundamental fermions (12 leptons and antileptons plus 12 quarks and antiquarks) as well as between 24 fundamental bosons of the famous $SU(3)$ group; 48 particles all in all. Just a result of **A**-system, automatically, without any assumptions and with an accuracy of 10^{-8} we have the value $G_{FA} = e^{-48}$ [10, 90]. This is an amazing result obtained on account of the constant u . In conventional dimensional units, accepted in physics, the value e^{-48} is proved by the experimental data.

Conclusion

To define the group of really fundamental, not just “common” or “well-known” mathematical constants, we applied the formal logical mathematical system of universal mathematics **AG**, which, among others, has an interpretation on the set of all numbers. It contains the propositional and predicate calculi and the system of seven axioms for addition, subtraction, properties of zero and the commutative law for addition. Developing the system **AG** and using only its own resources, we present a system of five equations **E** for multiplication periodicity (generalizing the property of zero) and superposition of function. The unique solution of the system **E** brings about mutually inverse functions of exponent and logarithm, seven constants, including the axiomatically given zero and cosine, constructed of exponent and three constants. By means of constants $0, e, \pi, i, 2$ can be constructed the infinite set of all numbers, so these fundamental constants can be also considered as primary numbers, protonumbers in the hierarchy of formal mathematics.

Adding to the eight constant the integral form of the ratio of exponent and logarithm functions – Euler–Mascheroni constant we have the final list of maternal functions and fundamental constant of formal mathematics. Thus, the answer to the questions posed at the beginning is as follows:

2 initial, maternal functions – e^x and $\ln x$,

8 FMC – $0, e, \pi, i, 2, \gamma, u, W(1)$,

$\cos x$ – combination of $e^{\pm x}$, operation “+” and FMC $i, 2$.

The constant u , as a hidden parameter of mathematics and alongside with other FMC, has various applications, especially in the physical theory.

REFERENCES

1. Аракелян, Г. Математика и история золотого сечения. / Г. Аракелян // М.: Логос, 2014.
2. Аракелян, Г. Основания физической теории. / Г. Аракелян // Ереван: Давид, 1997.
3. Аракелян, Г. От логических атомов к физическим законам. / Г. Аракелян // Ереван: Лусабац, 2007.
4. Аракелян, Г. Фундаментальные безразмерные величины (Их роль и значение для методологии науки). / Г. Аракелян // Ереван: Изд. АН, 1981.
5. Аракелян, Г. Числа и величины в современной физике. / Г. Аракелян // Ереван: Изд. АН, 1989.
6. Аракелян, Г. Фундаментальная теория ЛМФ. / Г. Аракелян // Ереван: Лусабац, 2007.
7. Клини, С. К. Математическая логика, пер. с англ. / С.К. Клини // Изд. 4-е. М.: URSS, 2007.
8. Мендельсон, Э. Введение в математическую логику, пер. с англ. / Э. Мендельсон // Изд. 3-е. М.: Наука, 1984.
9. AKiTi, Kepler's Equation of Elliptical Motion.

10. Arakelian, H. *LMP Fundamental Theory*. / H. Arakelian // Sarvard Hrat Ltd, 2010.
11. Arakelian, H. *New Fundamental Mathematical Constant: History, Present State and Prospects*. / H. Arakelian // *Non-linear Sci. Lett. B*, 2011. – 1(4) – P. 183-193.
12. Arakelian, H. *The New Fundamental Constant of Mathematics*. / H. Arakelian // *Pan-Armenian Scientific Rev.*, London, 1995. – 3 – P. 18-21.
13. Arakelian, H. *The New Fundamental Constant u.* / H. Arakelian // режим доступа: <http://www.hrantara.com/NewConstant.pdf>
14. Bertrand, J. *Exercice III in Traité d'algèbre*. / J. Bertrand // Paris: Librairie de L. Hachette ET Cie, 1865. – Vols. 1-2. – 4th ed. – P. 285.
15. Bojar, O. *Chaos přehledně*. / O. Bojar // режим доступа: <http://chaospace.hyperlinx.cz/index.php?pgid=230>
16. Briot, C. *M. Leons d'algèbre conformes aux programmes officiels de l'enseignement des lycées*. / C.M. Briot // Paris: Librairie Ch. Delagrave, 1881. – 11th ed. – P. 341–343.
17. Finch, S. *Mathematical constants*. / S. Finch // Cambridge University Press, 2003. – P. 67.
18. Heis, E. *Schlüssel zur Sammlung von Beispielen und Aufgaben aus der allgemeinen Arithmetik und Algebra*. / E. Heis // Cologne, Germany: Verlag der M. DuMont-Schauberg'schen Buchhandlung, 1886. – Vol. 2. – 3rd ed. – P. 468.
19. Kaplan, S. R. *The Dottie Number*. / S.R. Kaplan // *Math. Mag.* – 2007. – 80. – P. 73–74.
20. *Mathematical constants and functions* // режим доступа: From Wikipedia, 29 October 2017. https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_constants_and_functions#cite_note-198
21. Miller T. H., *On the Numerical Values of the Roots of the Equation $\cos x = x$* . / T. H. Miller // *Proc. Edinburgh Math.* – 1890. – Soc. 9. – P. 80–83.
22. Owen, M. *The logarithm of the dottie number and Dirichlet's lambda function*. / M. Owen // режим доступа: <https://tsungfruve.wordpress.com/2011/02/11/the-logarithm-of-the-dottie-number-and-dirichlets-lambda-function/>
23. Salov, V., *Inevitable Dottie Number. Iterals of cosine and sine*. /V. Salov // arXiv preprint arXiv: 1212. 1027 [math.HO], 2012.
24. Shoenfield, J. R. *Mathematical Logic*. / R.J. Shoenfield // A. K. Peters, 2001. – 2nd ed.
25. Sloane, N. J. A. *Sequence A003957*. / N.J. Sloane // режим доступа: The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences <http://oeis.org/A003957>
26. *Soluzione di $\cos(x) = x?$* Yahoo answers. / режим доступа: <https://it.answers.yahoo.com/question/index?qid=20151223135449AA7Pj2B>
27. Weisstein, Eric W. *Constant*. / E.W. Weisstein // *MathWorld*. Apr. 13. – 2011.
28. Weisstein, Eric W. *Dottie Number*. / E.W. Weisstein // режим доступа: From MathWorld. A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/DottieNumber.html>
29. Weisstein, Eric W. *Fixed Point*. / E.W. Weisstein // режим доступа: From MathWorld. A Wolfram Web Resource <http://mathworld.wolfram.com/FixedPoint.html>
30. Zach. *The Dottie Number*. / режим доступа: <https://web.archive.org/web/20140517164846/http://dottienumber.blogspot.com/>

Материал поступил в редакцию 13.11.17.

СКОЛЬКО ВСЕГО В МАТЕМАТИКЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ КОНСТАНТ И ИСХОДНЫХ ФУНКЦИЙ

Г.Б. Аракелян, доктор философских наук, ведущий научный сотрудник,
заведующий отделом теоретической философии
Институт философии, социологии и права Национальной академии наук (Ереван), Армения

***Аннотация.** Полный набор фундаментальных математических констант (ФМК) и исходных функций (ИФ) формальной математики может быть получен в рамках математической логики – исчисления предикатов и аксиоматической системы универсальной математики. ФМК и ИФ являются решением системы функциональных уравнений, использующих основные ресурсы логико-дедуктивного формализма и отражающих фундаментальные свойства и особенности континуума всех чисел. ФМК, включая новую константу суперпозиции косинуса $ш$, дают ключ к решению некоторых «неприступных» числовых проблем физической теории.*

***Ключевые слова:** константа, функция, фундаментальный, исчисление, аксиомы, суперпозиция.*

УДК 532.6

НОВАЯ ТЕОРИЯ ПОДНЯТИЯ ЖИДКОСТИ В КАПИЛЛЯРНОЙ ТРУБКЕ (КАПИЛЛЯРНОГО ПОДНЯТИЯ)

В.К. Верховоломов, кандидат технических наук
г. Лыткарино, Россия

Аннотация. На основе нового уравнения Юнга-Верхолломова краевого угла смачивания разработана новая теория поднятия жидкости в капиллярной трубке (капиллярного поднятия).

Ключевые слова: капиллярное поднятие, капилляр, мениск жидкости, смачивание, краевой угол смачивания, сила адгезии, сила когезии.

Введение

Новое уравнение Юнга-Верхолломова равновесного краевого угла смачивания было получено на основании выдвинутой концепции оценки системы твердое тело/жидкость/пар, как разновидности механической системы [7, 8]. Уравнение, полностью согласующееся с механическим подходом Т. Юнга [9], имеет следующий вид:

$$\cos\theta_0 = (\sigma_A - \sigma_{LS}) / \sigma_{LV}, \quad (1)$$

где σ_A – сила адгезии на границе раздела фаз твердое тело/пар; σ_{LS} , σ_{LV} – поверхностные натяжения на границах раздела жидкость/твердое тело и жидкость/пар соответственно.

Главное, что отличает новое уравнение от известного классического уравнения Юнга, полученного на основании термодинамического подхода при оценке рассматриваемой системы твердое тело/жидкость/пар, состоит в том, что оно, прежде всего, является уравнением баланса сил. Вместо свободной поверхностной энергии твердого тела σ_{sv} вошла величина силы адгезии σ_A , которая локально возникает при контакте капли жидкости с поверхностью твердого тела. Благодаря новому уравнению Юнга-Верхолломова краевого угла смачивания можно объяснить физическую картину растекания капли жидкости по твердой поверхности, ибо сила адгезии выступает движущей силой этого процесса.

Только с помощью нового уравнения можно, наконец, объяснить физическую сущность критического поверхностного натяжения σ_c , введенного Зисманом [10].

Только с помощью нового уравнения можно объяснить явление висящих капель на мокром потолке, на ветке, на выходе из негерметично закрытого крана и ответить на вопрос, почему они в течение относительно продолжительного времени не падают вниз.

Только с помощью нового уравнения можно объяснить физику капиллярных явлений, широко распространенных в природе, в окружающей нас жизни. Это, например, перемещение воды в почве; подъем воды с растворенными питательными веществами по стволу растений; смачивание (несмачивание) различного рода тканей и др. Наиболее ярким проявлением капиллярных явлений является поднятие/опускание жидкости в капиллярной трубке.

Целями настоящей работы является, основываясь на новом уравнении Юнга-Верхолломова, рассмотреть физику явления и разработать новую теорию поднятия жидкости в капиллярной трубке (капиллярного поднятия). Вначале рассмотрим современную теорию поднятия жидкости в капиллярной трубке, основанную на термодинамическом подходе.

1. Современная теория поднятия жидкости в капиллярной трубке

Рассмотрим случай полного смачивания жидкостью внутренней поверхности капиллярной трубки. Для большей определенности возьмем стеклянную трубку, а в качестве жидкости – воду. Нальем воду в широкий сосуд (1), и опустим в него капиллярную трубку (2) (рис. 1).

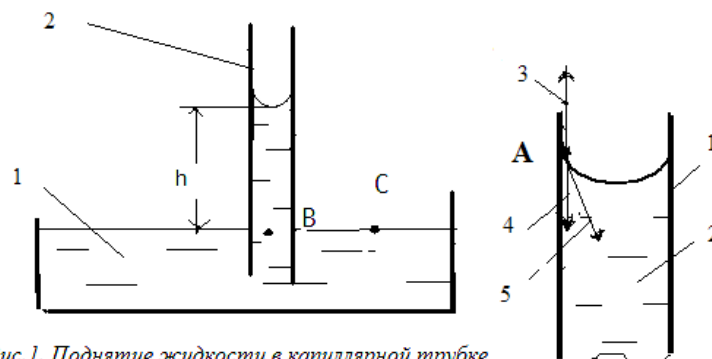


Рис.1. Поднятие жидкости в капиллярной трубке

Рис.2. Мениск столба жидкости в капиллярной трубке:
1 - капиллярная трубка; 2 - жидкость

При полном смачивании вода в трубке поднимется на некоторую высоту h . Форму вогнутого мениска жидкости в трубке можно принять полусферической. На основании термодинамического подхода к явлению капиллярности, в современной научно-технической и учебной литературе следующим образом объясняется физика поднятия жидкости в капиллярной трубке. Над поверхностью мениска в трубке давление, равное атмосферному, больше, чем давление в жидкости (под мениском) на величину капиллярного давления P_k [1, 2, 5, 6 и др.]

$$P_k = 2\sigma_{LV}/R = 2\sigma_{LV}/r, \quad (2)$$

где R – радиус поверхности мениска жидкости; r – радиус капилляра; в рассматриваемом случае полного смачивания $R = r$.

Таким образом, получается, что в жидкости непосредственно под мениском действует вакуумметрическое давление, равное капиллярному. По этой причине жидкости в капилляре и широком сосуде не могут находиться на одном уровне. В капилляре она должна подняться на такую высоту h , чтобы давление P_B (в т. В) внизу капилляра и давление P_C на том же уровне в т. С в широком сосуде были одинаковыми и равными атмосферному давлению P_0 :

$$P_B = P_C = P_0.$$

Тогда величину давления P_B можно записать в следующем виде:

$$P_B = P_0 + \Delta\rho gh - 2\sigma_{LV}/r, \quad (3)$$

где $\Delta\rho = \rho_L - \rho_V$ (разность плотностей жидкой и газовой фаз); g – ускорение свободного падения.

Отсюда, с учетом $P_B = P_0$, получается следующее выражение для высоты поднятия жидкости в капилляре:

$$h = 2\sigma_{LV}/\Delta\rho gr. \quad (4)$$

По нашему убеждению, такое объяснение капиллярного поднятия жидкости не соответствует действительности. При термодинамическом подходе движущей силой капиллярного поднятия выступает поверхностное натяжение жидкости, что неверно. Ведь, как известно, основной задачей поверхностного натяжения является сокращение поверхности того или иного объема жидкости, но никак не увеличение. Первой работой, где, по-видимому, впервые была показана несостоятельность термодинамической модели применительно к капиллярным явлениям была работа [4]. Было получено, что только механическая модель оказалась правильной, хорошо согласующейся с полученными экспериментальными данными.

Рассмотрим физику и теорию капиллярного поднятия с позиций уравнения Юнга – Верхолова краевого угла смачивания.

2. Новая теория капиллярного поднятия жидкости. Обсуждение результатов.

Для общности рассуждений рассмотрим случай неполного смачивания внутренней поверхности капиллярной трубки, т.е. $\theta_0 > 0$. В равновесном состоянии в точке трехфазного контакта т. А (рис. 2) действуют три силы: сила адгезии σ_A (3), поверхностное натяжение на границе жидкость/твердое тело (4), поверхностное натяжение на границе жидкость/пар (5). Адгезионное натяжение, введенное в работе [1] и равное в рассматриваемом случае $(\sigma_A - \sigma_{LS})$, можно считать в качестве результирующей движущей силы процесса растекания. Следует подчеркнуть, что эта величина при капиллярном поднятии жидкости сохраняется постоянной. Адгезионное натяжение уравнивается с помощью силового балансира $\sigma_{LV}\cos\theta_d$ [3], величина которого, по мере поднятия столба жидкости, непрерывно увеличивается. В состоянии равновесия, как это следует из уравнения (1), величина адгезионного натяжения равна величине силового балансира:

$$(\sigma_A - \sigma_{LS}) = \sigma_{LV}\cos\theta_0. \quad (5)$$

Вес столба жидкости в капилляре уравнивается силой адгезионного натяжения, действующая по всей длине линии смачивания:

$$h\Delta\rho g\pi r^2 = (\sigma_A - \sigma_{LS}) 2\pi r. \quad (6)$$

Или с использованием силового балансира из уравнения (5)

$$h\Delta\rho g\pi r^2 = \sigma_{LV}\cos\theta_0 2\pi r. \quad (7)$$

Откуда величина гидростатического давления равна величине капиллярного давления в общепринятой форме:

$$h\Delta\rho g = P_k = 2\sigma_{LV}\cos\theta_0/r. \quad (8)$$

Величина капиллярного давления с использованием адгезионного натяжения из уравнения (6) получается равной

$$P_k = 2(\sigma_A - \sigma_{LS}) / r. \quad (9)$$

При небольших значениях давления насыщенного пара можно использовать также следующее выражение [3]:

$$P_k = 2(2\sigma_A - \sigma_{LV}) / r. \quad (9)$$

Здесь следует отметить два момента. Во-первых, уравнение капиллярного давления (9) наиболее полно отвечает физике явления при капиллярном поднятии жидкости, поскольку как капиллярное поднятие, так и капиллярное давление физически определяются именно величиной адгезионного натяжения – движущей силой процесса. Во-вторых, уравнение капиллярного давления (8), в котором используется величина силового балансира, имеет ограниченную область применения: его можно применять при значениях краевого угла $180^\circ \geq \theta_0 \geq 0^\circ$. В отличие от уравнения (8), уравнение (9) является универсальным: его можно использовать в указанной области изменения углов θ_0 и при всех значениях коэффициента растекания.

Таким образом, гидростатическое давление в капилляре равно капиллярному давлению. В общем случае высота столба жидкости при капиллярном поднятии

$$h = 2(\sigma_A - \sigma_{LS}) / r \Delta \rho g. \quad (10)$$

Таким образом, в отличие от ныне существующей теории капиллярного поднятия, положительное избыточное капиллярное давление действует внизу капилляра (т. В на рис. 1), где оно равно гидростатическому давлению. Избыточное давление вверху столба жидкости (под мениском) равно нулю.

Выводы

1. Показано, что современные представления о поднятии жидкости в капиллярной трубке весьма далеки от физики явления.
2. На основе уравнения Юнга-Верхолова краевого угла смачивания разработана новая теория капиллярного поднятия жидкости в общем случае смачивания, где в качестве движущей силы процесса выступает адгезионное натяжение.
3. Получено новое универсальное уравнение капиллярного давления, основанное на использовании адгезионного натяжения, которое можно применять при всех значениях коэффициента растекания ($S > 0$ и $S < 0$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей. / А.Адамсон. – М.: Мир, 1979. – 568с.
2. Буховцев, Б.Б. Физика. / Б.Б. Буховцев, Ю.Л. Климонтович, Г.Я. Мякишев. – М.: Просвещение, 1973. – 271с.
3. Верхолов, В.К. Оценка размеров области действия сил адгезии при растекании капли жидкости по твердой поверхности. / В.К. Верхолов // Science and World. – 2017. – №11. – V.1. – С. 11-14.
4. Кашин, В.В. О форме поверхности мениска при капиллярном поднятии жидкости. / В.В. Кашин, И.Н. Танутров, М.Н. Свиридова // Расплавы. – 2011. – №5. – С. 92-96.
5. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии. / Д.А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1995. – 385 с.
6. Эйдельман, Е.Д. Физика с элементами биофизики. / Е.Д. Эйдельман. – М.: ГЕОТАР, 2013. – 512 с.
7. Verkholomov, V.K. About the New Equation of Contact Angle. / V.K. Verkholomov // Materials of the XI international research and practice conference “Science, Technology and Higher Education”. – October 19-20, 2016. – Westwood, Canada. – P. 138-143.
8. Verkholomov, V.K. Physical Features of the New Equation (Equation Jung-Verkholomov) of Contact Angle. / V.K. Verkholomov // Materials of the XII international research and practice conference “Science, Technology and Higher Education”. – December 21-22, 2016. – Westwood, Canada. – P. 97-110.
9. Young, T. Essay on the Cohesion of Fluids. / T. Young // M. D. For. Sec. R. S. – 1804. – P. 65-87.
10. Zisman, W.A. Relation on the Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitution. / W.A. Zisman // Advances in Chemistry Series. American Chemical Society, Washington. – 1964. – №43. – P.1-51.

Материал поступил в редакцию 13.11.17.

THE NEW THEORY OF THE LIQUID RISE IN THE CAPILLARY TUBE (CAPILLARY RISE)

V.K. Verkholomov, Candidate of Technical Sciences
Lytkarino, Russia

Abstract. The new theory of the Liquid Rise in capillary tube (Capillary Rise) has developed on the basis of a new equation Jung-Verkholomov of contact angle.

Keywords: Capillary Rise, capillary, meniscus of the liquid, wetting, contact angle, adhesion force, cohesive force.

УДК 539

НЕЛИНЕЙНОЕ ОДНОМЕРНОЕ ЭВОЛЮЦИОННОЕ УРАВНЕНИЕ МОНОДИСПЕРСНЫХ СУСПЕНЗИЙ

М.М. Тагиев, кандидат физико-математических наук, доцент
Бакинский Государственный Университет, Азербайджан

Аннотация. В работе проведено математическое моделирование процесса распространения волн в монодисперсных суспензиях. Система нелинейных уравнений двухфазных сред решается методом малого параметра. Выводится нелинейное уравнение эволюции, описывающее процессы распространения нелинейных волн в монодисперсных суспензиях. В первом приближении получено дисперсионное соотношение, а во втором – уравнение эволюции с нелинейностью Кортевега-де Фриза и дополнительно включающий ее производной, а также нелинейностью диффузионного типа.

Ключевые слова: монодисперсные суспензии, нелинейная волна, двухфазная среда, возмущение, уравнение эволюции.

Введение

В [1] математически моделирован процесс распространения нелинейных волн в смолосодержащих нефтях и насыщенных пористых средах, описывающихся уравнением Кортевега-де Фриза – Бюргерса. Был проведен нелинейный анализ системы уравнений суспензий с антисимметричными тензорами напряжений, но при этом рассмотрено течение ньютоновой жидкости на полубесконечной пластинке [8] и эволюция продольных волн [5]. В [3] найден вид термодинамической силы в мелкодисперсных суспензиях и изучено распределение сферических частиц в стационарных течениях. В работах [8,9] изучено течение в запыленной жидкости (твердые сферические частицы в жидкости). Межфазная сила, т.е. сила, действующая на дисперсную фазу из-за присутствия и движения непрерывной фазы, включает в проведенном анализе стоковую силу сопротивления. При этом предполагалось, что дисперсная фаза занимает очень малую долю объема.

Предложенная модель описывает процессы распространения нелинейных волн в двухфазных средах (одна фаза является твердой, другая жидкой) с учетом термодинамических сил. В модели двухфазного континуума обе фазы суспензии рассматриваются как две взаимопроникающие непрерывные среды, которые механически взаимодействуют. Предполагается, что одинаковые монодисперсные сложные сферические частицы, состоящие из двух и более мелких простых частиц, обладают инерционными релаксационными свойствами. Несущая фаза является ньютоновой жидкостью и пренебрегается изменением радиуса сферических частиц. Чтобы дисперсную фазу можно было рассматривать как непрерывную среду, среднее расстояние между частицами должно быть малым по сравнению с макроскопическим масштабом течения. В работе изучаются те волновые процессы, в которых выполняется условие $\lambda \gg \Lambda$, λ – длина волны, Λ – масштаб макрообъема.

1. Основные уравнения монодисперсных суспензий. Усредненные по объему уравнения движения (уравнения баланса масс и импульса для жидкой и дисперсной фаз), составляющих суспензию [8,9] имеют вид: одномерные уравнения сохранения массы

$$\frac{\partial(\alpha_i \rho_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha_i \rho_i v_i)}{\partial x} = 0, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1, \quad i = \overline{1,2}, \quad (1.1)$$

сохранение импульса

$$\frac{\partial(\alpha_i \rho_i v_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha_i \rho_i v_i v_i)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (\delta_{1i} \alpha_1 \sigma_{11} + \delta_{2i} \alpha_2 \tau_{22}) - (-1)^i F, \quad (1.2)$$

Линейный закон вязкоупругой деформации для дисперсной фазы, учитывающий инерционный характер деформации [6] примем в следующем виде

$$\left(b_0 + \sum_{i=1}^m b_i \frac{D^i}{Dt^i} \right) \sigma_{11} = \left(a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \frac{D^i}{Dt^i} \right) e_1 \quad (1.3)$$

Вещества, составляющие обе фазы, считаются сжимаемыми и плотности каждой фазы зависят только от своих напряжений

$$\rho_1 = \rho_1(\sigma_{11}), \quad \rho_2 = \rho_2(P). \quad (1.4)$$

Система (1.1) – (1.4) дополняется кинематическим соотношением

$$\frac{\partial e_1}{\partial t} + \frac{\partial e_1 v_1}{\partial x} = \frac{\partial v_1}{\partial x}. \quad (1.5)$$

Силы межфазного взаимодействия включают составляющие, обусловленные плавучестью, вязким взаимодействием фаз, инерционными эффектами присоединенной массы и термодинамическую силу [2]. Здесь $i = 1$ относится к дисперсионной фазе, $i = 2$ жидкой фазе, v_i, ρ_i, α_i – скорость, истинная плотность и объемная концентрация, σ_{11} и P – напряжения в твердой и жидкой фазах.

При малых концентрациях будем использовать известные силы, действующие на изолированные малые сферические частицы. В этом случае учтем силу давления, сопротивления, эффект присоединенной массы [8] и термодинамическую силу, связанную с хаотическим движением изолированных частиц [3].

$$F = P \frac{\partial \alpha_i}{\partial x_j} + \frac{\alpha_i \rho_1}{\tau_p} (v_2 - v_1) + \frac{\alpha_i \rho_2}{2} \left(\frac{dv_2}{dt} - \frac{dv_1}{dt} \right) - \frac{3kT}{4\pi a^3} \alpha_1 \frac{\partial f}{\partial \alpha_1} \cdot \frac{\partial \alpha_1}{\partial x}$$

Первый член в правой части усредненная по объему сила давления, второй – стоксовая сила сопротивления, третий – эффект присоединенной массы, четвертый – термодинамическая сила, где k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, τ_p – время релаксации переноса импульса [8],

$$\tau_p = \frac{2\rho_1 a^2}{9\mu}.$$

Это выражение справедливо при малых числах Рейнольдса для частиц

$$Re = \frac{|v_1 - v_2| a \rho_1}{\mu} < 1.$$

Задача является одномерной, поэтому усредненная по объему подъемная сила, описывающая миграцию частиц поперек отсутствует [8].

Тензор напряжений несущей фазы: усредненный по объему тензор напряжений в жидкой фазе можно записать в виде [8]:

$$\sigma_{11} = -\sigma, \quad \tau_{22} = -P + \frac{4}{3} \mu \left(1 + \frac{5}{2} \alpha_1 \right) \frac{\partial v_2}{\partial x} \quad (1.6)$$

В первом приближении в рассматриваемой задаче используем эйнштейнову вязкость [5,8]

$$\mu_s(\alpha_1) = \mu \left(1 + \frac{5}{2} \alpha_1 \right), \quad \lambda_s(\alpha_1) = -\frac{2}{3} \mu \left(1 + \frac{5}{2} \alpha_1 \right)$$

где μ_s, λ_s – сдвиговая объемная вязкости жидкости.

Система нелинейных уравнений (1.1) – (1.6) замкнута относительно переменных $\alpha_i, \rho_i, v_i, P, \sigma_{11}$ и e_1 .

2. Нелинейное одномерное эволюционное уравнение монодисперсных суспензий.

Выводим результирующее уравнение, описывающее распространение волн малой, но конечной амплитуды, бегущих в одном направлении в монодисперсных суспензиях. Независимыми переменными будут время t и пространственная координата x .

Выберем систему отсчета в пространстве переменных (X, τ) [6,7]:

$$X = \eta x, \quad \tau = t - c^{-1}x, \quad \eta \ll 1 \quad (2.1)$$

где η – малый параметр, c – скорость линейных (акустических) волн.

Используем следующие степенные разложения по малому параметру η для неизвестных функций:

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \alpha_i^{(0)} + \eta \alpha_i^{(1)} + \eta^2 \alpha_i^{(2)} + \dots; \quad v_i = \eta v_i^{(1)} + \eta^2 v_i^{(2)} + \dots; \\ P &= \eta P_1 + \eta^2 P_2 + \dots; \quad \sigma = \eta \sigma_1 + \eta^2 \sigma_2 + \dots; \\ \rho_1 &= \rho_1^{(0)} + \eta L_1 \sigma_1 + \eta^2 (L_1 \sigma_2 + L_2 \sigma_1^2) + \dots; \\ \rho_2 &= \rho_2^{(0)} + \eta B_1 P_1 + \eta^2 (B_1 P_2 + B_2 P_1^2) + \dots; \\ e_1 &= e_1^{(0)} + \eta e_1^{(1)} + \eta^2 e_1^{(2)} + \dots; \end{aligned} \quad (2.2)$$

где индекс “0” соответствует равновесным значениям функции,

$$L_1 = \left. \frac{\partial \rho_1}{\partial \sigma} \right|_{\sigma_0}; \quad L_2 = \left. \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 \rho_1}{\partial \sigma^2} \right|_{\sigma_0}; \quad B_1 = \left. \frac{\partial \rho_2}{\partial P} \right|_{P_0}; \quad B_2 = \left. \frac{1}{2!} \frac{\partial^2 \rho_2}{\partial P^2} \right|_{P_0};$$

Записывая систему уравнений (1.1) - (1.6) в новых переменных (2.1), получим

$$\frac{\partial(\alpha_1 \rho_1)}{\partial \tau} + \eta \frac{\partial(\alpha_1 \rho_1 v)}{\partial X} - c^{-1} \frac{\partial(\alpha_1 \rho_1 v_1)}{\partial \tau} = 0 \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial(\alpha_2 \rho_2)}{\partial \tau} + \eta \frac{\partial(\alpha_2 \rho_2 v_2)}{\partial X} - c^{-1} \frac{\partial(\alpha_2 \rho_2 v_2)}{\partial \tau} = 0 \quad (2.4)$$

$$\frac{\partial(\alpha_1 \rho_1 v_1)}{\partial \tau} + \eta \frac{\partial(\alpha_1 \rho_1 v_1 v_1)}{\partial X} - c^{-1} \frac{\partial(\alpha_1 \rho_1 v_1 v_1)}{\partial \tau} = -\eta \frac{\partial(\alpha_1 \sigma)}{\partial X} + c^{-1} \frac{\partial(\alpha_1 \sigma)}{\partial \tau} + F \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial(\alpha_2 \rho_2 v_2)}{\partial \tau} + \eta \frac{\partial(\alpha_2 \rho_2 v_2 v_2)}{\partial X} - c^{-1} \frac{\partial(\alpha_2 \rho_2 v_2 v_2)}{\partial \tau} = \eta \frac{\partial(\alpha_2 \tau_{22})}{\partial X} - c^{-1} \frac{\partial(\alpha_2 \tau_{22})}{\partial \tau} - F \quad (2.6)$$

$$-\left[b_0 + \sum_{l=1}^m b_l \prod_{q=1}^l \left(\frac{\partial}{\partial \tau} + \eta v_1 \frac{\partial}{\partial X} - c^{-1} v_1 \frac{\partial}{\partial \tau} \right)^q \right] G = \left[a_0 + \sum_{l=1}^n b_l \prod_{q=1}^l \left(\frac{\partial}{\partial \tau} + \eta v_1 \frac{\partial}{\partial X} - c^{-1} v_1 \frac{\partial}{\partial \tau} \right)^q \right] e_1, \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial e_1}{\partial \tau} + \eta \frac{\partial e_1 v_1}{\partial X} - c^{-1} \frac{\partial e_1 v_1}{\partial \tau} = \eta \frac{\partial v_1}{\partial X} - c^{-1} \frac{\partial v_1}{\partial \tau}, \quad (2.8)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1. \quad (2.9)$$

Вычислим $\alpha_1 \rho_1, \alpha_2 \rho_2, \alpha_1 \rho_1 v_1, \alpha_2 \rho_2 v_2, \dots$;

Подставляя их в (2.3) - (2.9), затем сравнивая члены первого порядка малости η , получим систему линейных однородных уравнений относительно функции: $\alpha_i^{(1)}, v_i^{(1)}, P, \sigma_{11}, e_1^{(1)}$.

$$\begin{aligned}
 \rho_1^{(0)} \alpha_1^{(1)} + \alpha_1^{(0)} L_1 \sigma_1 - c^{-1} \rho_1^{(0)} \alpha_1^{(0)} v_1^{(1)} &= 0, \\
 \rho_2^{(0)} \alpha_2^{(1)} + \alpha_2^{(0)} B_1 P_1 - c^{-1} \rho_2^{(0)} \alpha_2^{(0)} v_2^{(1)} &= 0, \\
 \alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)} v_1^{(1)} - c^{-1} \alpha_1^{(0)} \sigma_1 - \frac{\alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)}}{2} (v_2 - v_1) - \frac{3kT\xi_1 c^{-1} \alpha_1^{(1)}}{4\pi a^3} &= 0, \\
 \alpha_2^{(0)} \rho_2^{(0)} v_2^{(1)} - c^{-1} \alpha_2^{(0)} P_1 + \frac{\alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)}}{2} (v_2 - v_1) + \frac{3kT\xi_1 c^{-1} \alpha_1^{(1)}}{4\pi a^3} &= 0, \\
 -b_0 \sigma_1 = a_0 e_1^{(1)}, \quad \alpha_1^{(1)} + \alpha_2^{(2)} = 0, \quad e_1 = -c^{-1} v_1^{(1)}. &
 \end{aligned} \tag{2.10}$$

Здесь

$$\xi_1 = \alpha_2^{(0)} + \frac{6 - 4\alpha_2^{(0)} - 2(\alpha_2^{(0)})^2}{(\alpha_2^{(0)})^3}.$$

Учитывая седьмое уравнение (2.10) в пятом уравнении и его результат в первом, а также вводя для сокращения обозначения, имеем

$$\alpha_1^{(1)} = c^{-1} \alpha_1^{(0)} \left(1 - \frac{a_0 L_1}{b_0 \rho_1^{(0)}} \right) v_1^{(1)} = A_1 v_1^{(1)} = -\alpha_2^{(1)} \tag{2.11}$$

Подставив соотношения (2.11) в третье уравнение (2.10), имеем

$$v_2^{(1)} = 2 \left[\frac{1}{2} + \frac{\rho_1^{(0)}}{\rho_2^{(0)}} - \frac{a_0}{b_0 \rho_2^{(0)} c^2} - \frac{3kT\xi_1}{4\pi a^3 \rho_2^{(0)} c^2} \left(1 - \frac{a_0 L_1}{b_0 \rho_1^{(0)}} \right) \right] v_1^{(1)} = A_2 v_1^{(1)} \tag{2.12}$$

Суммируем третье и четвертое уравнения

$$\begin{aligned}
 P_1 = \frac{c}{\alpha_2^{(0)}} \left\{ \alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)} + 2\alpha_2^{(0)} \rho_2^{(0)} \left[\frac{1}{2} + \frac{\rho_1^{(0)}}{\rho_2^{(0)}} - \frac{a_0}{b_0 \rho_2^{(0)} c^2} - \frac{3kT\xi_1}{4\pi a^3 \rho_2^{(0)} c^2} \left(1 - \frac{a_0 L_1}{b_0 \rho_1^{(0)}} \right) \right] - \right. \\
 \left. - \frac{a_0 \alpha_1^{(0)}}{b_0 c^2} \right\} v_1^{(1)} = A_3 v_1^{(1)} \tag{2.13}
 \end{aligned}$$

Принимая во внимание, что функция $v_1^{(1)} \neq 0$ и подставив (2.11) – (2.13) второе уравнение (2.10), получим дисперсионное соотношение для скоростей продольных волн:

$$\begin{aligned}
 B_1 [\alpha_1^{(0)} \rho_1^{(0)} + \alpha_2^{(0)} (\rho_2^{(0)} + 2\rho_1^{(0)})] c^4 - [\alpha_1^{(0)} \rho_2^{(0)} \left(1 - \frac{a_0 L_1}{b_0 \rho_1^{(0)}} \right) + \frac{a_0 \alpha_1^{(0)} B_1}{b_0} \left(1 + \frac{2\alpha_2^{(0)}}{\alpha_1^{(0)}} \right) + \\
 + \alpha_2^{(0)} (\rho_2^{(0)} + 2\rho_1^{(0)}) + \frac{3kT\xi_1 \alpha_2^{(1)} B_1}{2\pi a^3} \left(1 - \frac{a_0 L_1}{b_0 \rho_1^{(0)}} \right)] c^2 + 2\alpha_2^{(0)} \left[\frac{a_0}{b_0} + \frac{3kT\xi_1}{4\pi a^3} \left(1 - \frac{a_0 L_1}{b_0 \rho_1^{(0)}} \right) \right] = 0. \tag{2.14}
 \end{aligned}$$

В первом приближении в рассматриваемой задаче используем эйнштейнову вязкость

$$\mu_s(\alpha_1) = \mu(1 + 2,5\alpha_1), \quad \lambda_s(\alpha_1) = -\frac{2}{3} \mu(1 + 2,5\alpha_1)$$

где μ_s, λ_s – сдвиговая объемная вязкости жидкости.

Дисперсионное уравнение (2.14) имеет два действительных корня. Первый соответствует скорости волны в жидкости, второй – дисперсной фазе. В реальных значениях параметров задачи из дисперсионного соотношения (2.14) следует, что

$$\left| \frac{a_0}{b_0} \right| \gg \left| \frac{3kT}{4\pi a^3} \left(1 - \frac{a_0 L_1}{b_0 \rho_1^{(0)}} \right) \right|$$

Это соотношение показывает, что скорости акустических волн почти независимы от термодинамической силы.

Аналогично, сравнивая члены второго порядка η^2 и после некоторое преобразование получаем следующее уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_1^{(1)}}{\partial X} + R_1 v_1^{(1)} \frac{\partial v_1^{(1)}}{\partial \tau} - R_2 \frac{\partial}{\partial \tau} \left(v_1^{(1)} \frac{\partial v_1^{(1)}}{\partial \tau} \right) + R_3 \frac{\partial^2 v_1^{(1)}}{\partial \tau \partial X} - \frac{R^4}{\eta} \frac{\partial^2 v_1^{(1)}}{\partial \tau^2} + R_5 v_1^{(1)} v_1^{(1)} + \frac{R_6}{\eta} v_1^{(1)} - \frac{R_7}{\eta} \sum_{i=1}^n (-1)^{i+1} \times \\ \times S_{i+1} \frac{\partial^{i+1} v_1^{(1)}}{\partial \tau^{i+1}} = 0. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Если $v = \eta R_1 v_1^{(1)} = R_1 v_1$, $X = \eta x$, то (2.15) принимает вид

$$\frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial \tau} - \frac{R_2}{R_1} \frac{\partial}{\partial \tau} \left(v \frac{\partial v}{\partial \tau} \right) + R_4 c \left(\frac{\partial^2 v}{\partial \tau \partial X} - \frac{\partial^2 v}{\partial \tau^2} \right) + R_6 \left(v + \frac{1}{R_1} \frac{v^2}{c} \right) - R_7 \sum_{i=1}^n S_{i+1} \frac{\partial^{i+1} v}{\partial \tau^{i+1}} = 0 \quad (2.16)$$

Это и есть эволюционное уравнение в частных производных высшего порядка с нелинейностью Кортевега-де Фриза и его производный, а также диффузионного типа.

Решением заданной задачи находится v . После этого с помощью (2.10) определяется $v_2, \alpha_i, \rho_i, e_i, \sigma, p$. Когда жидкая фаза идеальная ($\mu = 0$), тогда уравнение (2.16) переходит в уравнение эволюции с нелинейностью Кортевега-де Фриза [4], описывающее распространение нелинейных волн в гетерогенных средах

$$\frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial T} + R_7 \sum_{i=1}^n (-1)^{i+1} S_{i+1} \frac{\partial^{i+1} V}{\partial T^{i+1}} = 0,$$

где $T = c^{-1}x - t$, $v = -V$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков, В.А. Распространение волн возмущений в смолосодержащих нефтях. / В.А. Байков и др. // ИФЖ. Минск, 1988. – Т.51. – №2. – С. 240-243.
2. Бреховских, Л.М. Введение в механику сплошных сред. / Л.М. Бреховских и др. // М.: Издат. Наука, 1982. – 336с.
3. Бувевич, Ю.А. О гидромеханике суспензий. / Ю.А. Бувевич и др. // ИФЖ. Минск, 1989. – Т.57. – №3. – С. 402-412.
4. Николаевский, В.Н. Нелинейные волны в грунтах и трещиноватых горных породах. / В.Н. Николаевский // Физ.тех.проб.разработки ползновых ископаемых. – 1988. – №6 – С. 31-38.
5. Рамазанов, Т.К., Нелинейные волны в суспензиях с антисимметричными напряжениями. / Т.К. Рамазанов // Труды института мат. и мех. АН Азерб., Баку, 1986 – С. 120-124.
6. Хохлов, Р.В. К теории ударных радиоволн в нелинейных линиях. / Р.В. Хохлов // Радиотехника и электроника. – 1961. – №6 – С. 917-925.
7. Энгельбрехт, Ю.К. Нелинейные волны деформации. / Ю.К. Энгельбрехт и др. // М.: 1981. – 243 с.
8. Immich, H. Impulsive motion of a suspension: effect of antisymmetric stresses and particle rotation. / H. Immich // Int.J. Multiphase Flow. – 1980. – V. 6. – P. 441-471.
9. Immich, H. Stromungsverhalten einer Suspension kugelformiger Teilchen bei plotzlich Bewegter unendlich langer Platte nach einer Zweiphasen-Kontinuumstheorie. / H. Immich // Dissertation. – TU Munchen, 1979.

Материал поступил в редакцию 07.11.17.

**NONLINEAR ONE-DIMENSIONAL EVOLUTIONARY
EQUATION OF MONODISPERSE SUSPENSIONS**

M.M. Tagiyev, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Baku State University, Republic of Azerbaijan

***Abstract.** The work is devoted to mathematical modeling of the process of wave propagation in monodisperse suspensions. The system of nonlinear equations of two-phase media is solved by the method of a small parameter. A nonlinear evolution equation that describes the propagation of nonlinear waves in monodisperse suspensions is derived. In the first approximation, the dispersion relation is obtained. In the second approximation, it is obtained the evolution equation with the Korteweg-de Vries nonlinearity and additionally including its derivative, and nonlinearity of the diffusion type.*

***Keywords:** Monodisperse suspensions, nonlinear wave, two-phase medium, perturbation, evolution equation.*

Chemical sciences
Химические науки

УДК 581.5

НЕФТЕШЛАМЫ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ**У.Ж. Джусипбеков¹, М.Т. Ошакбаев², Б.Т. Утелбаев³**¹ доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора, член-корреспондент НАН РК,² доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник,³ доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник

Институт химических наук им. А. Бектурова (Алматы), Казахстан

***Аннотация.** В предлагаемой обзорной статье изложены типы нефтешламов и рекультивация нефтезагрязненных земель. Рассматриваются существующие методики их утилизации и переработки.*

***Ключевые слова:** нефть, вода, почва, эмульсия, нефтешлам, замазученный грунт, методы очистки*

В настоящее время нефтегазодобывающая, нефтегазоперерабатывающая и нефтегазохимическая отрасли промышленности являются экономически значимой частью топливно-энергетическим комплекса [14]. В результате их производственной деятельности при добыче, транспортировке и переработке нефти-сырца образуются нефтешламы представляющие собой многокомпонентные устойчивые агрегативные физико-химические системы, состоящие главным образом, из нефтепродуктов, воды и минеральных добавок (песок, глина, окислы металлов и т.д.) Ежегодно в Республики Казахстан во время переработки и транспортировке нефти, в результате стихийных разливов и аварий образуется порядка 400 тыс. тонн нефтеотходов, а ресурсы, находящиеся в земляных амбарах, оцениваются в 4,5 млн. тонн. Наличие таких амбаров повышает риск гибели животных, загрязнения грунтовых вод, воздуха. А загрязнение почв нефтью, помимо своего прямого воздействия, может приводить к сверхнормативному накоплению в них тяжелых металлов – цинка, меди, свинца, что наихудшим образом сказывается как на экологии края, так и на качестве жизни людей. Для улучшения экологического состояния и возвращения в хозяйственный оборот земель, загрязненных нефтешламами предлагаются различные природоохранные технологий переработки и утилизации [2, 4, 6, 9, 10, 18, 23, 24]. Во всем мире нефтешламы являются как источник ценного сырья – товар с реальной рыночной ценой, и необходимо использовать их по прямому назначению, то есть как энергетические ресурсы. Важно осознать, что шламы надо не просто утилизировать, а перерабатывать в продукты нефтехимической промышленности. В настоящей статье сделана попытка обобщение способов утилизации и переработки нефтешламов и «замазученных грунтов». Определение – «замазученный грунт», исторически применяется для обозначения почв и грунтов, которые загрязнены нефтепродуктами, и произошло от одного из тяжелых нефтепродуктов, который называется «мазут». При всем многообразии характеристик различных нефтяных отходов в самом общем виде все могут **быть разделены на три основные группы или виды** [8]:

- **грунтовые** – пролившейся на неё нефти и его компонентов в процессе добычи и ее очищения от солей, твердых углеводородов и механических примеси, т.е. замазученный грунт;
- **придонные** – образующиеся на дне различных водоёмов после произошедшего разлива нефти и содержат много воды;
- **резервуарного типа** – которые образуются при хранении и транспортировке нефти в самых разнообразных резервуарах (нефтешламы).

В настоящее время на предприятиях нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, на нефтебазах накоплено несколько десятков миллионов тонн нефтешламов, которые образуются при очистке сточных вод, в системе оборотного водоснабжения, бурения, подготовки нефти, во время ремонта оборудования, при чистке резервуаров [12]. Проблема переработки **амбарных нефтешламов** в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности до сих пор полностью не решена. Это связано с высокой устойчивостью амбарных эмульсий, особенностями их состава и свойств, постоянно изменяющихся под воздействием атмосферы и различных процессов, протекающих в них К числу резервуарного типа можно отнести и **ловушечные нефти** [12]. Накопление ловушечных нефтей происходит в закрытых резервуарах-накопителях, где нет непосредственного контакта с воздухом, отсутствует влияние атмосферных осадков, сроки хранения ограничиваются месяцами и лишь в исключительных случаях несколькими годами, т.е. они не подвержены столь длительному и жесткому старению, как амбарные эмульсии. В связи с этим, обладая многими характерными общими признаками (повышенное содержание механических примесей органического и неорганического происхождения, парафинов с высокой температурой плавления, высокой вязкостью и плотностью),

ловушечные эмульсии в основном менее устойчивы, чем амбарные, а значения показателей по перечисленным выше параметрам на порядок ниже. Ловушечные нефти при хранении в резервуарах отстаиваются. При хранении нефтешламы в резервуарах по истечению времени расслаиваются на четыре слоя:

- **верхний слой** представляет эмульсию «вода в масле», где содержание воды не превышает 5-8 %, масел 70-80 %, асфальтенов 6-25 %, смол 7-20 %, парафинов 1-4 % и тонкодисперсных механических примесей до 5 %.
- **средний слой**, относительно небольшой, является эмульсией типа «масло в воде» и содержит 70-80 % воды, 1,5-15 % механических примесей.
- **предпоследний слой** целиком состоит из минерализованной воды с плотностью 1,01-1,19 г/см³.
- **придонный слой** или донный ил представляет гетерофазную систему, состоящий из 45 % органических веществ, 50-88 % механических примесей и 25 % воды.

Разлитая нефть и нефтепродукты при физико-химическом взаимодействии с компонентами окружающей среды образует **нефтешламы**, а с почвой **замазученный грунт**. С течением времени происходит частичное испарение, окисление и конденсация с образованием смолоподобных соединений. Шламы, хранящиеся в ямах и земляных отстойниках, обычно "выветриваются" и содержат большее количество твердых частиц. В свою очередь, взаимодействие воды с нефтью и нефтепродуктами приводит к образованию «водно-масляных» эмульсий, а с механическими примесями – суспензий и минеральных дисперсий. При этом, основными источниками загрязнения земель являются разливы нефти и нефтепродуктов, сточные воды нефтеперегонных заводов и нефтехимических предприятий, несанкционированные врезки в магистральные трубопроводы. Естественно, что после такого воздействия полезные свойства земли являются нарушенными и требуют восстановления, т.е. рекультивации. Рекультивация – это комплекс мер, направленных на восстановление прежних плодородных качеств земли, ее биологической и хозяйственной ценности, а также на улучшение условий окружающей природной среды.

Рекультивация нефтезагрязненных земель

Размещение отходов производства или непредвиденный разлив нефти и нефтепродуктов нарушает экологическую безопасность окружающей среды вызывая нарушение ландшафта; загрязнение почв и воздуха, подземных вод, вод суши и морского бассейна, деградацию их экосистем. Для предотвращения названных негативных влияний совершенствуется методы переработки нефтесодержащих отходов, которых можно условно подразделить на **термические, биологические, механические и химические группы**. Выбор методов определяется характером и глубиной загрязнения. Например, загрязнение почв или грунта может быть поверхностное (глубина проникновения загрязнения 0-5 см), подповерхностное (0-30 см), глубинное (0-1 м), с проникновением до уровня грунтовых вод (от 1 до 5 м и более). При загрязнении глубинных слоев почвенной среды наиболее часто применяются методы с нагнетанием или откачкой воды и воздуха через скважины [3]. При концентрации углеводородов превышающей 50 г/кг, глубине проникновения загрязнения в почвы и грунты 0,3-1 м, при толщине слоя нефтепродуктов на водных поверхностях, превышающей 0,03 м используется механические методы. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от поставленной задачи и требует научно-обоснованного подхода очистки.

К **термическим методам** относятся термодесорбционные и термодеструктивные – процессы теплового воздействия на нефтезагрязненный материал (обычно замазученный грунт и буровые шламы). В ходе нагрева в барабанной печи происходит выпаривание углеводородов. Содержание углеводородов в таком грунте значительно снижается до 0,5 % остаточного содержания углеводородов, которое можно использовать в качестве строительного материала, песка или рекультиванта.

Биологический метод основан на способности микроорганизмов превращать нефть в простые соединения, накапливать органическое вещество и включать его в круговорот углерода. Биоразложение осуществляется микроорганизмами в основном аэробной микрофлорой, использующей энергию окисления составных компонентов нефти. Биопрепарат запаховается в грунт, поскольку температура окружающей среды выше 40 °С и солнечная радиация угнетают микроорганизмы биопрепарата [13].

Механические процессы очистки нефтеотходов заключаются в перемешивании и физическом разделении смеси на соответствующие фазы. В связи с возрастающей проблемой охраны окружающей среды и дефицитом энергоемкого сырья наиболее перспективным направлением переработки и утилизации амбарных нефтешламов является извлечение из них **нефти, воды и твердых остатков**.

Химические (физико-химические) методы обезвреживания жидких и твердых нефтесодержащих отходов заключаются в добавлении к нейтрализуемой массе **химических реагентов**. Используемые растворители должны полно и достаточно просто регенерироваться с небольшими энергозатратами. В зависимости от типа химической реакции реагента с загрязнением происходит осаждение, окисление-восстановление, замещение и комплексобразование.

Следует помнить, ни один из методов проведения переработки отходов не является полностью оптимальным и достичь максимального экономического эффекта за счет использования отходов при их **комплексной переработке**.

Современная комплексная методика очистки грунта и почвы от нефти и нефтепродуктов.

На данный момент рекультивация загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель, очистка грунта от нефтепродуктов, а также песка и нефтешлама проводится с использованием целого комплекса мер. В [8] рассмотрено одно из наиболее экономически выгодных на сегодняшний день цепочек оборудования, на основе

которой создано технологические линии – установка переработки твердых нефтешламов (далее УПТН) (схема 1). На стадии предварительной подготовки очищаемый материал загружают в камневыведатель (1), где происходит сортировка и удаление включений размером более 100 мм. Затем очищаемый материал направляют в мешалку (2), где происходит смешивание с подогретой водой и измельчение крупных включений. Далее очищаемый материал поступает в грохот (3), где происходит отделение камней размером более 5 мм. Весь отсортированный после грохотов материал (крупные камни, древесина, промышленный мусор) собирается в бункер (4). Под грохотом (3) расположена поддон-воронка (5), где собирается освобожденная от камней разжиженная масса. Далее, через шнековый насос (6) разжиженная масса подается в бункер (7) для временного хранения или непосредственно для очистки в бункер (18). На стадии очистки, одновременно с подачей очищаемой массы в бункер, нагретая вода из многофункциональной емкости (16) с помощью центробежного насоса (15) подается в эжектор-гидросмеситель (14), смешивающий разжиженную массу, поступающую из бункера (18), с горячей водой в турбулентном режиме. На данной стадии происходит процесс отмывки частичек грунта от нефти и нефтепродуктов. Далее происходит процесс разделения жидкой и твердой фазы. Из эжектора-гидросмесителя (14) очищаемая масса с помощью центробежного шламового насоса (11) подается в гидроциклон-пескоотделитель (9), после чего с помощью центробежного шламового насоса (10) очищаемая масса подается в гидроциклон-илоотделитель (8). Далее, посредством системы желобов, очищенная твердая фаза отправляется на разгрузку. При повторном цикле очистки твердая фаза посредством системы желобов направляется в бункер (13) для повторной очистки.

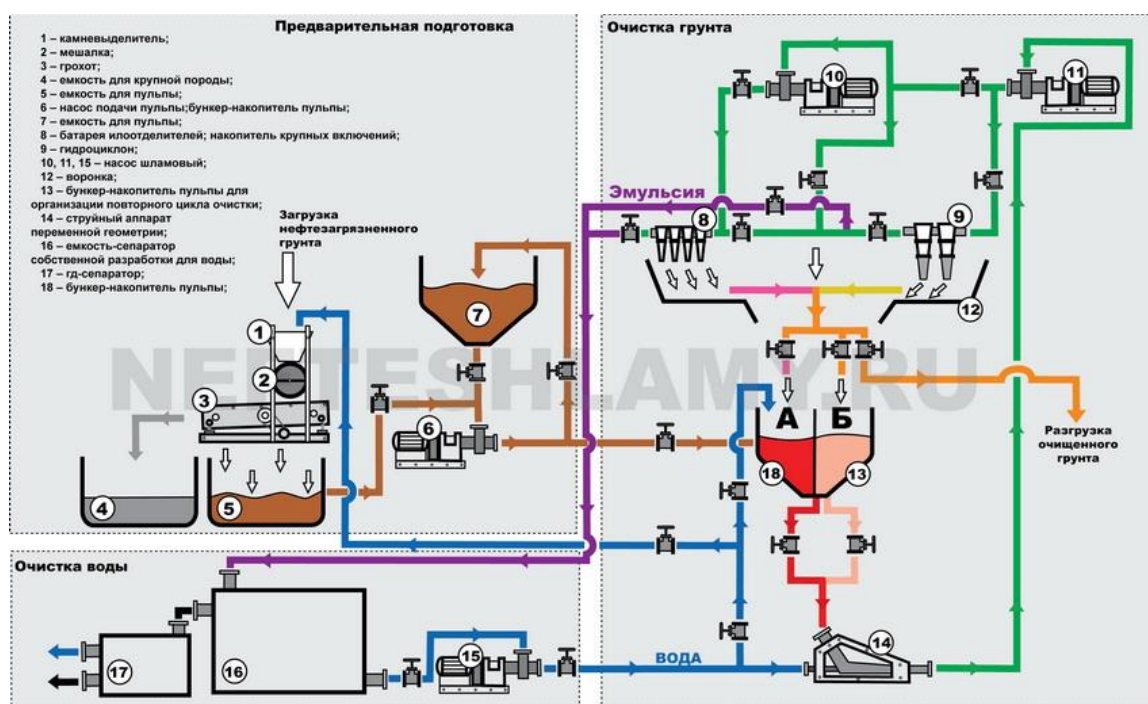


Схема 1. Типичная схема работы УПТН

Стоит отметить, что существует несколько принципиальных схем работы комплекса, например, только на гидроциклон-пескоотделитель (9) без применения гидроциклона-илоотделителя (8) и центробежного шламового насоса (10) или с их периодическим подключением. Выбор той или иной схемы подключения определяется **параметрами загружаемого материала** на входе и позволяет настроить УПТН на оптимальный режим работы. На стадии разделения жидкой фазы отделенная жидкая фаза, смешанная с нефтепродуктами, поступает в многофункциональную емкость (16), где происходит разделение воды от нефтепродуктов. Вода затем возвращается в цикл очистки, а нефтепродукты отгружаются, не теряя своих потребительских качеств.

Для переработки и утилизации замазученных грунтов и твердых горючих нефтесодержащих отходов, в т.ч. неподдающихся утилизации методами отмыва, биообработки или другими методами, а также в случаях, когда другие методы экономически менее выгодны используются разновидности **установки замазученного грунта (УЗГ, Патент RU 2341547, Сертификат № РОСС RU.Н001.В00158)**. Установка обеспечивает утилизацию грунтов со **степенью загрязнения от 2 % до 16 %**. Переработка производится при температуре 500-900°C. Установка «УЗГ-1М.1,2/6.7.12» имеет производительность переработки замазученных грунтов до 6 т/час; «УЗГ-1М.1,2/4.3.7.12» – с блоком фракционирования; «УЗГ-1М.1,2/4.2.7.12» и «УЗГ-1М.0,8/4.2.11» – с жаропрочной вставкой в термодесорбере. Расход дизельного топлива от 20 до 40 л/час. Для снижения выброса взвешенных веществ в атмосферный воздух в комплект установки «УЗГ-1М» входит устройство обработки отходящих газов типа «Циклон» и блок орошения, которое позволяет максимально снизить выбросы вредных веществ по сравнению с утилизацией открытым сжиганием. Коэффициент очистки циклона на начальной

стадии загрузки обезвреживаемых отходов в печь составляет 97,3 % (сухая очистка), а в режиме максимальной загрузки «УЗГ-1М» коэффициент очистки циклона составляет 88,4 %. Однако, высокая температура почти полностью уничтожает плодородие очищаемой почвы.

Для очистки замазученного грунта с **сохранением плодородных свойств почвы** наиболее подходящим способом является предложения аналогично патента [5] с добавкой гуминовых соединений. Эти авторы изобретения, под руководством первого заместителя Генерального директора Института химических наук им. А. Бектурова, член-корреспондента НАН Республики Казахстан У.Ж. Джусипбекова разработали уникальную новую технологию очистки замазученного грунта с использованием гуматсодержащих соединений. В зависимости от характеристик замазученного грунта, последний может быть использовано как дорожный строительный материал, а выделенная нефть для переработки по экономически целесообразному варианту (топливный, масляный, комплексный или др.). При этом, гуматы оказывают положительный эффект на улучшения плодородия почвы - очищенного грунта. Исследования воздействия замазученного грунта на очистку и влияние на характеристику почвы представляет научно-практическую ценность. В настоящее время работа по очистке нефтезагрязненных участков Западного Казахстана продолжается.

Использования биопрепаратов углеводородоксилирующих микроорганизмов для обезвреживания почвы от нефтесодержащих отходов (биологический метод).

Вопросы использования нефтедеградирующих организмов для очистки окружающей среды сегодня занимают центральное место в нефтяной микробиологии [8, 10, 11, 23, 24]. Одну из важных сторон ремедиации (очистки) загрязненной почвы нефтью выполняют микроорганизмы (МО) почвы. Скорость их разложения обусловлена окислительно-восстановительными условиями, гидротермическим режимом, активностью микроорганизмов и рядом других условий [11]. В данной статье рассмотрены главные аспекты о современном состоянии экологических проблем в местах расположения предприятий нефтегазового комплекса, проблемы загрязнения почв нефтью, способы очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, применяя микробные биотехнологии. Результатом научных трудов в этой области стали различные разработки по *биоремедиации* нефти, в том числе активные штаммы нефтедеструкторы и их консорциумы, на основе которых производятся коммерческие биопрепараты для ликвидации углеводородных загрязнений. Это "Путидойл", "Деворойл", "Бамил", "Петро Трит", "Сойлекс", "Фаерзайн" и т.п. Оптимальный уровень рН создается при помощи агрохимических мероприятий. Для стимуляции деятельности микроорганизмов необходимо проводить химическую мелиорацию с внесением минеральных солей. Количество и тип биопрепаратов для утилизации углеводородов определяется природой загрязнения, его концентрацией, химическим составом сопутствующих веществ и условиями проведения работ. Принимается, что для утилизации 1 т сырой нефти требуется не менее 5 кг биопрепарата. Наибольшую активность биопрепараты проявляют при концентрации нефти от 0,05 до 10,0 %. Нефтяной шлам подается в емкость, где происходит смешение со специально подобранным эмульгатором (биоПАВ) и разогрев его от 40 до 80°C. Далее нефтешлам подается в декантирующую центрифугу. Под действием центробежной силы в декантирующей центрифуге происходит разделение на три фазы: **водную, нефтяную и твердую**. Следует помнить, что при свежем загрязнении углеводородами 20 % и выше, возможно, будет рентабелен процесс переработки отходов с выделением товарных компонентов нефти при помощи специализированного оборудования и последующей **биоремедиацией** получившийся твердой фазы.

ТОО «ПРОМОТХОД КАЗАХСТАН» оказывает услуги по очистке территории предприятий от замазученных грунтов или захоронения остаточных продуктов. Грунты, загрязненные нефтепродуктами, проходят микробиологическую очистку или обрабатываются высокой температурой в специальных печах для снижения концентрации в них органических загрязнителей.

Однако, очистка с применением микробных препаратов-нефтедеструкторов самих по себе является весьма сложным и неоднозначным по результативности процессом. Поэтому для утилизации нефтешламов и нефтезагрязненных грунтов необходима разработка комплексных технологий, включающих модуль применения биопрепаратов как составную часть успешного процессинга отходов.

Переработка и утилизация нефтешламов

Наиболее распространенным видом промышленных отходов являются **нефтешламы** – продукты очистки сточных вод на технологических участках от нефтепродуктов, а также результат переработки нефти. При этом на 1 т нефти после переработки приходится до 7 кг шлама. Это тяжелые нефтяные осадки, которые на 30-80 % состоят из воды, на 10-50 % из нефтепродуктов и от 1 до 40 % из твердых примесей [16]. По их же данным соотношение нефтепродуктов, воды и механических примесей изменяется в широком диапазоне: нефть и нефтепродукты составляют 5-90 %, воды 1-50 % и механические примеси 0,8-65 %. Плотность их колеблется от 830 до 1700 кг/м³, температура застывания от минус 3°C до +50°C и температура вспышки от 35 до 120°C. В настоящее время переработка нефтешламов производится по нескольким основным направлениям [26].

***Сжигание** – один из способов переработки и утилизации нефтешламов **термическим методом**.

При содержании порядка 30 % нефтепродуктов данные отходы имеют теплоту сгорания сравнимую с теплотой антрацита – 13-20 МДж/кг. Это позволяет использовать нефтешламы в **качестве топлива для печей**.

Пиролиз органических веществ, где образуется до 10 % нефтепродуктов в газообразной форме (большинство из которых пригодно к использованию в качестве топлива), до 30 % нефтяного конденсата и около 50 % порошковых отходов, не содержащих углеводороды. Нефтяной конденсат также может быть использован в качестве топлива или переработан в нефтепродукты.

Сжигание нефтешламов в специальных печах, где образуется тепловая энергия и зола не содержащая вредных отходов. Для сжигания используются камерные, надслоевые или циклонные топки. Наиболее интересной является **турбобарботажная** методика переработки нефтешламов, при которой процесс горения происходит в многоподовых и барабанных печах, а высокая температура отводящих газов позволяет использовать их для котла-утилизатора. Недостатком является уничтожение ценных углеводородов и выбросы углекислого и других опасных газов в атмосферу.

***Фильтрация** – длительный и дорогостоящий процесс очистки нефтешламов. Объемы нефтешламов предварительно уменьшаются путем отделения воды. Для этого используется отстаивание, фильтрация, сушка, вымораживание и центрифугование. Фильтрация производится с помощью ленточных и фильтр-прессов. Фильтрование через пресс делит *нефтешламы* на две части и отделяет примеси от жидкой составляющей. Для повышения эффективности процесса нефтешламы перемешиваются, усредняются, в них добавляются полиэлектролиты, зола и другие реагенты, ускоряющие и улучшающие фильтрацию. Однако, не решается проблема дополнительной очистки воды и утилизации материалов.

***Отстаивание** – является медленным и неэффективным процессом, который требует большие площади для отстойников и большие дозы дорогих химикатов.

***Альтернативные способы переработки нефтешламов.**

Важной задачей утилизации является очистка накопителей предприятий, многие из которых построены ещё в начале 50-х годов прошлого столетия. Со временем эти хранилища превратились в постоянный источник загрязнений. Помимо указанных выше методик сжигания, отстаивания и фильтрации, существует **множество технологий нового поколения**, позволяющих значительно уменьшить вред природной среде и разумно использовать ценные углеводороды для повторного применения. В переработке нефтешламов могут быть использованы различные технологические процессы в зависимости от их физико-химических свойств с использованием центрифуг, сепараторов, декантеров, трикантеров и др.

Сочетанием химического и механического методов очистки, нефтешламы жидковязкой консистенции разделяются на **нефтепродукт, воду и механические примеси**. Данное **фазовое разделение** проводится с целью получения нефтепродуктов и использования их по прямому назначению, т.е. для переработки нефти по соответствующему варианту (топливный, масляный или комплексный).



Для фазового разделения жидковязких нефтешламов используется **механический и химический способы**. Для глубокой очистки нефтепродуктов иногда используют и комплексную технологию. Обычно для **разрушения устойчивых водно-масляных эмульсий механическим способом** основано на искусственном изменении концентраций дисперсной фазы эмульсии с последующей коалесценцией мелких капель этой фазы. Технологическое осуществление межфазного разделения осуществляется **современными аппаратами, сепараторами, центрифугами, декантерами, трикантерами и гидроциклонами различных конструкций**.

Устойчивость эмульсий типа вода-масло объясняется главным образом наличием на поверхности капелек эмульсии структурно-механического барьера, представляющего собой двойной электрический слой на межфазной поверхности. В состав таких защитных пленок могут входить соли поливалентных металлов органических кислот и других полярных компонентов нефтепродукта, которые дополнительно адсорбируются на асфальто-смолистых агрегатах и переводят их в коллоидное состояние. В коллоидном же состоянии асфальтены обладают наибольшей эмульгирующей способностью. Многочисленные исследования указывают на существование прямой связи **между устойчивостью эмульсии и концентрацией природных стабилизаторов** на границе раздела фаз. Естественно, что концентрация таких веществ возрастает в объеме нефтепродуктов

по мере увеличения их молекулярного веса (переход к тяжелым фракциям нефти). Помимо образования эмульсий в среде нефтепродуктов в процессе перевозки и хранения происходит образование полидисперсных систем при взаимодействии жидких углеводородов и твердых частиц механических примесей.

Для переработки нефтешламов, буровых шламов (на нефтяной основе) и нефтесодержащей воды компания «Karachaganak Support Services» использует мобильную **установку OCSS-50** производства США производительностью 10м³ в час [25]. В основе OCSS-50 используется принцип трехфазного центрифугирования, которая может работать в автономном режиме. В результате переработки установки образуется три консистенции для вторичного использования: очищенная нефть, техническая вода и твердый осадок.

ООО «Композит» – комплексное производственное предприятие, активно работающее в области решения экологических проблем на предприятиях [15]. Приоритетным направлением работы компании является разработка и производство оборудования для утилизации нефтешламов и нефтесодержащих отходов. На объектах ТЭК республики Казахстан положительно зарекомендовали себя и успешно эксплуатируются установки для **утилизации нефтешламов «УУН-0,8»** и установки для **сжигания нефтесодержащих отходов «Факел-1М»**. Установки для утилизации нефтешламов «УУН-0,8» и установки для сжигания нефтесодержащих отходов «Факел-1М» имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с известными аналогами, а именно:

- простота конструкции установок значительно снижает требования к обслуживающему персоналу и позволяет проводить обслуживание и эксплуатацию оборудования персоналу с минимальной подготовкой.
- высокая производительность переработки исходного сырья и невысокие требования в энергоресурсах позволяют получить эксплуатирующей организацией максимальный экономический эффект за счет снижения эксплуатационных затрат.

По составу и свойствам разных типов **нефтешламов резервуарного происхождения** следует, что в процессе зачистки и переработки шламов могут быть применены различные технологические приемы в зависимости от их физико-механических характеристик. В большинстве случаев основная часть резервуарных нефтешламов состоит из жидковязких продуктов с высоким содержанием органики и воды и небольшими добавками механических примесей. Гелеобразные системы, как правило, образуются по стенкам емкостей. Тщательный анализ современных технологий по зачистке резервуаров от нефтешламов позволяет сделать однозначный вывод в пользу применения методов, основанных на принципах использования замкнутых, рециркуляционных процессов, включающих в себя и одновременную антикоррозионную защиту отмываемых поверхностей. В основе таких способов зачистки резервуаров от нефтешламов лежат физико-химические особенности используемых моющих средств, которые обладают высокой **деэмульгирующей способностью**, обеспечивающей **полное разделение моющего раствора и нефтепродукта**. Конкретное практическое воплощение указанные физико-химические принципы очистки находят, например, в моющих средствах, в которые в качестве базовых компонентов входит **натриевая соль полиакриловой кислоты, электролит и вода**. Такие составы показали высокую эффективность при зачистке железнодорожных цистерн и емкостей из-под нефти, мазута, масел и других нефтепродуктов объемом до 120 м³.

Существуют два основных способа фазового разделения жидковязких нефтешламов – **механический и химический**. Для более глубокой очистки нефтепродуктов иногда прибегают к **комплексной технологии**.

Для осуществления операции **межфазного разделения жидковязких нефтешламов** в настоящее время разработано большое количество технологических аппаратов, включая сепараторы, центрифуги, гидроциклоны различных конструкций. Нередко в качестве эффективного способа механического разделения обратных эмульсий служит **метод фильтрования**.

Несмотря на большое разнообразие технологических приемов механического разделения фаз обратных эмульсий, широкое практическое их применение экономически необоснованно по следующим соображениям:

- технология разделения фаз жидковязких нефтешламов сложна и экономически не выгодна, поскольку затраты на регенерацию нефтепродуктов несопоставимы с планируемым эффектом использования жидких горючих (бензина, масла и т.д.).
- использование во многих технологических установках водяного пара или горячей воды для дополнительной очистки нефтепродуктов предполагает обязательную последующую очистку и обезвреживание сточных вод от деэмульгаторов и флокулянтов.
- разделение жидковязких нефтешламов с выделением легких углеводородных фракций нефти связано с пожароопасностью и, следовательно, требует обеспечения дополнительных мер по безопасности производства.

При самой тщательной очистке твердого остатка нефтешламов в нем остается до 10-15 % органики, и полное обезвреживание его достигается лишь **термической обработкой**. Операции по переработке жидковязких нефтешламов с предварительным механическим разделением фаз **целесообразны лишь при высоком содержании в шламах органики**. В этом случае операция жидковязкого разделения нефтешламов выгодна, поскольку нефтешламы подобного типа можно отнести к **разряду вторичных минеральных ресурсов**. Одним из возможных путей утилизации подобной жидкой органики является ее использование в качестве одного из компонентов сырья для **коксования или добавок в котельные топливо**. Наиболее простым способом утилизации жидковязких нефтешламов с высоким содержанием органики является прямое, без фазового разделения использование их в смесях с **торфом, угольной пылью, опилками** или другими дешевыми горючими веществами и отходами в качестве брикетированного **котельного топлива**.

Химический способ разделения нефтеэмульсий с целью регенерации и повторного использования углеводородных продуктов по их прямому назначению (легкие фракции нефтепродуктов, масла и т.д.) основан на использовании специальных **поверхностно-активных веществ (ПАВ), играющих роль деэмульгаторов.**

Поскольку практически все жидкие углеводороды легче воды, расслоение нефтеэмульсий сопровождается образованием на их поверхности слоя, состоящего практически из одних нефтепродуктов (обводненность менее 5 %), и позволяет легко с технологической точки зрения собрать их для дальнейшей утилизации. В качестве поверхностно-активных веществ коллоидного типа могут выступать полиэлектролиты, к которым, в первую очередь, следует отнести **соли высокомолекулярных сульфокислот.** Исходя из физико-механических особенностей коллоидных ПАВ, необходимо проводить целенаправленный выбор деэмульгатора нефтеэмульсий в каждом конкретном случае.

Одним из наиболее распространенных реагентов в практике **утилизации нефтешламов** служит **окись кальция или негашеная известь**, действие которой обусловлено ее способностью вступать в экзотермическую реакцию с водой. Особенность этой реакции состоит в том, что она идет со значительной задержкой, ускоряясь при разогреве смеси. Конечные стадии этой реакции сопровождаются образованием пара, а иногда и локальными вспышками. Продуктом реакции является коричневое порошкообразное вещество, состоящее из мелких гранул. Образованный продукт проявляет инертные свойства по отношению к воде и почве, поскольку частицы **токсичных веществ-загрязнителей заключены в известковые оболочки-капсулы** и равномерно распределены в массе продукта. Материал, изготовленный из таких гранул, обладает высокой плотностью, водонепроницаемостью и может выдерживать нагрузки до 90 МПа.

Нередко с целью обезвреживания отходов нефтепродуктов вместе с **негашеной известью используют ПАВ из класса жирных и сульфокислот**, а также других высокомолекулярных природных и синтетических веществ. При смешении нефтешлама с этими компонентами в пропорции от 1:1 до 1:10 происходит адсорбция отходов на поверхности гидроокиси кальция. В результате получают сухой гидрофобный порошок, который можно использовать в качестве сыпучего дорожно-строительного материала.

При **утилизации нефтешламов резервуарного** типа для получения сухого гидрофобного порошка в [8] проводились технологические операции двух типов.

В первом варианте жидко-вязкая масса нефтешлама напрямую замешивается в минеральную дисперсную матрицу, роль которой могут выполнять такие материалы, как глина, песок и др. Гидрофобный порошок приготавливался замешиванием (30 % масс) жидковязкого нефтешлама в минеральную смесь (70 % масс), состоящую из **глины, песка и золы (20:40:40).** При естественном просушивании смеси в течение нескольких суток получался сухой несмачиваемый гидрофобный порошок, пригодный для его дальнейшего использования в качестве сыпучего дорожного материала или компонента шихты для изготовления строительных материалов. Эти материалы (**кирпичи, плиты, брус, и т.д.**) могут быть получены либо прессованием сухой шихты, либо методом заливки шликера в соответствующие разборные формы. Для приготовления шликера в качестве связующего компонента можно использовать **цементные и глиняные растворы, жидкое стекло, гипс и другие вязкие материалы гидратационного твердения.** Сам процесс отвердения при этом служит эффективным способом обезвреживания вязкопластичных и твердых отходов.

Во втором варианте утилизации жидко-вязких нефтешламов резервуарного типа они предварительно подвергаются частичному выпариванию на водяной бане. В процессе выпаривания до постоянного веса нефтешлам теряет из своего состава воду и легкокипящие (до 100⁰С) углеводородные фракции и превращается в сухой порошок бурого цвета, в состав которого входят минеральные примеси и ржавчина. После измельчения и просеивания тонкодисперсный порошок (сухой остаток нефтешлама) замешивается в определенном соотношении с шихтой, состоящей из **глины, кварцевого песка или золы и порошка алюминия.** При добавлении в шихту **50 %-ного водного раствора жидкого стекла** получают вязкопластическую массу шликера, из которого легко можно получить изделия нужного размера и типа (**блоки, кирпичи, плитки и т.д.**) либо методом прессования, либо литьевым методом. Отпрессованные или литые изделия подвергаются сушке в естественных условиях в течение 2-3 суток, а затем в сушильных установках при 100-150⁰С в течение нескольких часов. Высушенные изделия подвергаются в конечной стадии обжигу в специальных печах. Обжиг осуществляется по специальной программе нагрева образцов до температур инициирования процесса **самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС-процесса)** [1,7]. СВС представляет собой режим протекания экзотермической реакции, в котором тепловыделение локализовано в узком слое и передается от слоя к слою путём теплопередачи. На наш взгляд при теплопередаче существенная роль принадлежит элементарным переносчикам тепловой энергии- «теплотронам» [16, 17, 19, 20, 21, 22]. В результате проведения СВС-процесса в объеме образцов изделий создается огнеупорная муллитовая структура материала, присущая керамическим изделиям.

Таким образом, для ликвидации нефтяных загрязнений и утилизации нефтесодержащих отходов необходимо комплексное решение, которое обеспечивает максимальную степень эффективности и безопасности окружающей среды.

Сочетания физико-химических методов с СВС-технологией в процессах переработки и утилизации нефтешламов указывает на перспективность развития этого нового технологического направления.

Использование природных высокомолекулярных соединений-гуматов в очистке замазученных грунтов открывает широкие возможности в рекультивации загрязненных почв с восстановлением их плодородия.

При комбинации методов очистки результаты должны быть экономически целесообразными и соответствовать современным экологическим требованиям, позволяющий рекультивацию земель с сохранением плодородия и вторично использовать углеводороды для производства нефтепродуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосов, А. П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов / А.П. Амосов // Учеб. пособие. / Под научной редакцией В. Н. Анциферова. – М.: Машиностроение-1. – 2007. – ISBN 978-5-94275-360-3
2. База патентов РК. kzpatents.com/metka/nefteshlamov
3. Жмыхов, А. А. «Мониторинг земель Атырауской области». Аналит. Обзор / А.А. Жмыхов. – Атырау: ЦНИТИ, 2002.
4. Инновационный патент РК № 28557. Оpub. 16.06.2014
5. Инновационный патент РК № 30537. кл.В 09 С1/08, Оpub.:16.08.2014
6. Инновационный патент РК №2744. Оpub. 15.10.2013
7. Мержанов, А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. / А.Г. Мержанов // Физическая химия. Современные проблемы. Ежегодник. / Под ред. Акад. Я. М. Колотыркина. – М.: «Химия» – 1983. – С. 6-44.
8. Нефтешлам – нефтешлам, утилизация нефтешламов, <http://www.oil-sludge.kz>
9. Патент РФ № 2027825 Опубликовано: 27.01.1995.
10. Патент РФ №2376083, МПК В09С 1/10, опуб. 20.12.2009
11. Сопрунова, О. Б. Способы очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, применяя микробные биотехнологии / О.Б. Сопрунова и др. // Молодой ученый. – 2015. – №7. – С. 240-242.
12. Справочник химика. www.chem21.info/info/960045/
13. Терещенко, Н. Н. Способ стимулирования активности углеводородокисляющих микроорганизмов в почве, загрязненной нефтью и нефтепродуктами / Н.Н. Терещенко, С.В. Лушников // Материалы 1-го Международного конгресса «Биотехнология – состояние и перспективы развития» – Москва, 2002. – С. 476.
14. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа: Учеб. пособие / Под ред. С.А. Ахметова. – М.: Химия, 2005. – 736 с.
15. Установки утилизации нефтешламов. kompozit32-kz.com
16. Утелбаев, Б.Т. Элементарные переносчики энергии / Б.Т. Утелбаев // Science and World. International scientific journal. – 2017. – Т.1 – №6 (34) – С. 14-19.
17. Утелбаев, Б.Т. Элементарные переносчики теплоты – теплотроны / Б.Т. Утелбаев и др. // Science and World International scientific journal. – 2017. – Т.1 – №8 (48) – С. 22-27.
18. Шпербер, Е.Р. Разработка комплекса природоохранных технологий переработки отходов НПЗ Краснодарского края. / Е.Р. Шпербер. – Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2016. – 336с.
19. Utelbayev, B.T. The Essence of “Temperature” and its Relationship with Thermal state of the System / B.T. Utelbayev, E.N. Suleimenov, A.B. Utelbayeva // International Journal of Scientific Research in Science and Technology. – 2017. – Vol. 3. – Issue2. – Print ISSN:2395-6011. – P. 678-684
20. Utelbayev, B.T. The Structure of Chemical individuals and the Transfer of Heat / B.T. Utelbayev, E.N. Suleimenov, A.B. Utelbayeva // International Journal of Science and Research Methodology. – 2017. – Vol.6. – Issue1. – P. 53-62
21. Utelbayev, B.T. Effect of Elementary Carriers of Heat to Create a System of Ordered Structures / B.T. Utelbayev, E.N. Suleimenov, A.B. Utelbayeva // International Journal of Scientific Latest Research in Science and Technology. – 2017. – Vol. 3. – Issue1. – P. 50-54,
22. Utelbayev, B.T. The Nature and Mass of Elementary Particles of Heat Carriers / B.T. Utelbayev, E.N. Suleimenov, A.B. Utelbayeva // International Journal of Scientific Latest Research in Science and Technology. – Vol. 5. – Issue6. – P. 6-9, November-December 2016 ISSN(Online) 2278 – 5299.
23. <http://www.findpatent.ru/patent/225/2250146.html>
24. <http://www.findpatent.ru/patent/258/2584031.htm>
25. www.intech-gmbh.ru/oil_sludge_processing.php
26. www.polyinform.ru/pererabotka-nefteshlamov

Материал поступил в редакцию 09.11.17.

OIL SLUDGE AND ITS UTILIZATION

U.Zh. Jusipbekov¹, M.T. Oshakbaev², B.T. Utelbayev³

¹ Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director General,
Corresponding Member of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan,

² Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Research Scientist,

³ Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Research Scientist
Institute of Chemical sciences named after A. Bekturov (Almaty), Kazakhstan

Abstract. The proposed review article outlines the types of oil sludge and the reclamation of oil-contaminated land. Existing methods of their utilization and processing are considered.

Keywords: oil, water, soil, emulsion, oil sludge, oil-contaminated ground, cleaning methods.

УДК 67.02

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ВЯЗКОУПРУГОСТИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ И МАТЕРИАЛОВ

Г.Б. Абдиева¹, О.С. Журав², Д. Назарова³, Л.Р. Камолова⁴¹ кандидат технических наук, ^{2,3,4} ассистент^{1,4} Бухарский инженерно-технологический институт,^{2,3} Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Узбекистан

Аннотация. В данной работе приводится описание механических свойств текстильных материалов, описывающие их свойства. Приводятся сведения о реологических моделях, используемых для описания процесса диссипации энергии в материале при различных динамических воздействиях. Обоснована возможность использования наследственной теории вязкоупругости Больцмана-Вольтера с ядром А.Р.Ржаницына для описания реологических свойств нитей. По методике М.А. Колтунова из экспериментальных кривых ползучести определены параметры ядра релаксации различных нитей и ткани.

Ключевые слова: механические свойства, реологические модели, диссипация энергии, вязкоупругость.

Из анализа проведенных исследований и сопоставления теоретических и экспериментальных результатов, приведенных различными методами, можно сделать вывод, что во всех случаях, независимо от способов и режимов нагружения, видов волокон, их структурного различия и технологических методов получения, реальным нитям из волокнообразующих нитей и ткани присуща общая, сильно выраженная и глубокая связь между факторами времени внешних воздействий: скоростью нагружения – деформации, с одной стороны, и характером проявления внутренних свойств – переменным значением прочности – растяжимости нитей, с другой стороны. Эта связь выражается многофакторной нелинейной зависимостью, при которой значение затрачиваемых внешних усилий для растяжения нитей, переменных по величине и времени, обуславливается различным развитием по этим же признакам внутреннего процесса перераспределения составных частей общей деформации.

Установлено, что с ростом напряжений почти для всех текстильных материалов наблюдается отклонение от линейной теории наследственности: деформации растут быстрее, чем это предсказывается линейными соотношениями. В работе [1] создана общая нелинейная теория вязкоупругости, в которой применяется принцип обращения нелинейных операторов для получения обратных соотношений между σ , ε и t ; там же разработаны варианты общей теории ползучести, удобные для практического применения, предложены эффективные методы решения задач линейной и нелинейной теории термо-вязкоупругости, рассмотрены задачи динамики и прочности.

В статье для описания вязкоупругих свойств будем использовать нелинейную наследственную теорию вязкоупругости кубической теории Ильюшина-Огибалова [1]

$$S_{ij} = 2G((e_{ij}(t) - \int_0^t \Gamma_1(t-\tau)e_{ij}(\tau)d\tau) - \gamma(e_{ij}(t)e(t) - \int_0^t \Gamma_3(t-\tau)e_{ij}(\tau)e(\tau)d\tau)),$$

$$\sigma = K \theta, \sigma = \sigma_{ij} / 3, S_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma \delta_{ij}, \theta = (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}) / 3, e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \theta \delta_{ij} / 3,$$

$$\delta_{ij} = 0 \text{ если } i \neq j; \text{ 1 если } i = j, i, j, k, \lambda. \quad e = e_{k\lambda} e_{\lambda k} \quad (1)$$

с ядром А.Р.Ржаницына [2]

$$\Gamma_1(t) = A_1 e^{-\beta_1 t} t^{\alpha_1 - 1}; \quad \Gamma_3(t) = A_3 e^{-\beta_3 t} t^{\alpha_3 - 1} \quad (0 < \alpha_1, \alpha_3 < 1),$$

Здесь K , G – мгновенные модули объемной и сдвиговой деформации; S_{ij} , e_{ij} – компоненты девиатора напряжений и деформаций; σ – шаровая часть тензора напряжений; θ – объемная деформация; e – второй инвариант тензора деформаций; γ – коэффициент нелинейности; Γ_1 , Γ_3 – ядра релаксации для нелинейной составляющей вязкости; A_1 , α_1 , β_1 , A_3 , α_3 , β_3 – параметры ядер. Для определения этих параметров на основе экспериментальных кривых ползучести разработан алгоритм, а для приближенных инженерных оценок – практически

приемы, основанные на графических построениях [2].

Следует отметить, что наиболее приемлемым способом определения предела линейности является экспериментальный способ, который позволяет выделить область напряжений, где для решения задач деформируемости может быть использован менее сложный аналитический аппарат линейной вязкоупругости.

При учете физической нелинейности поставленная задача сводится к решению нелинейных интегро-дифференциальных уравнений вида:

$$\ddot{z}(t) + \omega^2 [z(t) - \int_0^t \Gamma_1(t-\tau)z(\tau)d\tau] + \rho\omega^2 [z^3(t) - \int_0^t \Gamma_3(t-\tau)z^3(\tau)d\tau] = f(t) \quad (2)$$

при начальных условиях

$$z(0) = 1, \quad \dot{z}(0) = \beta \quad (3)$$

и исходных данных.

Для решения уравнение (2) используем метод, предложенного Л.Е.Мальцевым [3]. В частности, при

$$\Gamma_1(t) = A1e^{-\beta 1t} t^{\alpha 1-1}; \quad \Gamma_3(t) = A3e^{-\beta 3t} t^{\alpha 3-1} \quad (0 < \alpha < 1),$$

$$f(t) = [\beta 1^2 + \omega^2 - A1\omega^2 t^{\alpha 1} / \alpha 1 + \rho\omega^2 e^{-\beta 3t} (1 - A3t^{\alpha 3} / \alpha 3)] e^{-\beta 3t},$$

$$A1 = 0.123; \alpha 1 = 0.15; \rho = 0.01; \omega = 2 * \pi, A3 = 0.11; \alpha 3 = 0.2; \rho = 0.01; \omega = 2 * \pi.$$

$A1=A3=A, \alpha 1= \alpha 3= \alpha, \beta 1=\beta, \beta 3=2\beta$ из уравнения (2), получим уравнение, приведенное в [4].

В таблице 1 приводятся результаты точного решения уравнений (2), решения, полученные с помощью метода, предложенного в [4] и решения задачи (2) с начальными условиями (3), полученные с помощью разработанного нами алгоритма при различных значениях t .

Сопоставление, приведенных результатов в табл.1 показывает, что с помощью разработанного алгоритма, можно получить решение интегро-дифференциальных уравнений с необходимой точностью.

Время, т.с.	0.4	1.2	2	4	8	12	16	20	24	28
Точное решение	0.9802	0.9418	0.9048	0.8187	0.6703	0.5488	0.4493	0.3679	0.3012	0.2466
Решение, полученное в [4]	0.9811	0.9413	0.9024	0.8124	0.6609	0.5393	0.4414	0.3621	0.2978	0.2455
Решение, полученное нами	0.9809	0.9416	0.9042	0.8179	0.6677	0.5408	0.4462	0.3645	0.2991	0.2459

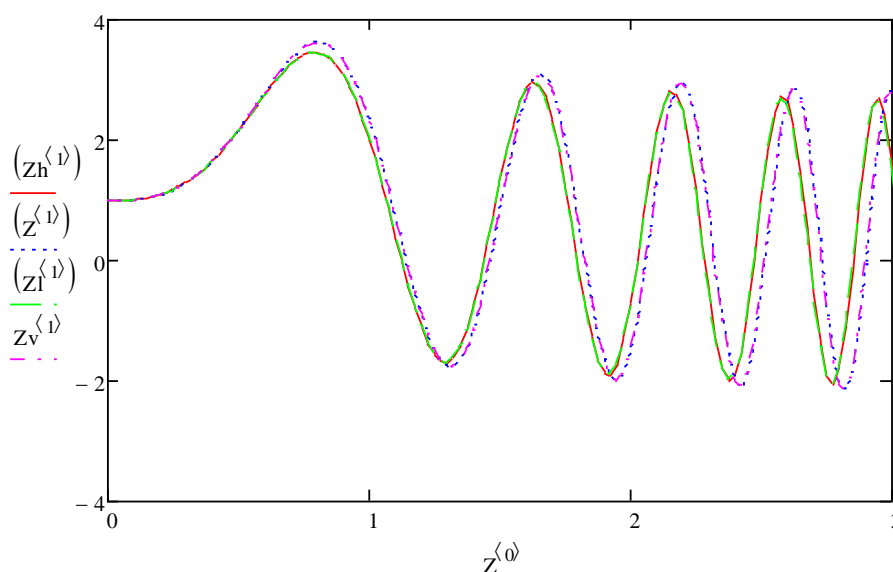


Рис. 1. Сравнение упругого (линейный и нелинейный) и вязкоупругого (линейный и нелинейный) решения: – $Z^{(0)}$ - t - время; 1-упругое линейное решение – $Z1^{(1)}$; 2-упругое нелинейное решение – $Zh^{(1)}$; 3-вязкоупругое линейное решение - $Zv^{(1)}$; 4-вязкоупругое нелинейное решение – $Zv^{(1)}$

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что предложенные теоретические предпосылки с достаточной точностью моделируют динамику реальных объектов. Разработанные методика, алгоритм и программа расчета обеспечивают получение решения задачи с необходимой точностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильюшин, А.А.. Основы математической теории термовязкоупругости. / А.А. Ильюшин и др. – М.: наука, 1970. – 280 с.
2. Мавланов, Т.М. Динамическая прочность элементов текстильных машин на действие реальной осциллограммы. / Т.М. Мавланов и др. – Ташкент, 2013. – 36 с.
3. Мальцев Л.Е. Замена точного уравнения динамической задачи вязкоупругости «приближенным». / Л.Е. Мальцев // «Механика полимеров». – 1977. – №3. – С.408-416.
4. Мирсаидов, М.М. Теория и методы расчета грунтовых сооружений на прочность и сейсмостойкость / М.М. Мирсаидов – Ташкент, ФАН, 2010. – 312 с.

Материал поступил в редакцию 20.10.17.

THE USE OF THE NONLINEAR THEORY OF VISCOELASTICITY FOR DESCRIBING THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF TEXTILE THREADS AND MATERIALS

G.B. Abdieva¹, O.S. Zhurav², D. Nazarova³, L.P. Kamolova⁴

¹ Candidate of Engineering Sciences, ^{2,3,4} Assistant

^{1,4} Bukhara Institute of Engineering and-Technology,

^{2,3} Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan

Abstract. *This work provides the mechanical properties of textile materials, describing their properties. It is presented data on the rheological models used for the description of process of dissipation of energy in material at various dynamic influences. The possibility of use of the hereditary theory of viscoelasticity of Boltzmann-Voltaire with A.R. Rzhnitsyn's kernel for the description of rheological properties of threads is proved. Parameters of a kernel of a relaxation of various threads and fabric are determined by M.A. Koltunov's technique from experimental curves of creep.*

Keywords: *mechanical properties, rheological models, dissipation of energy, viscoelasticity.*

УДК 004.272

СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ И ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ

Д.С. Голубев¹, С.П. Орлов²¹ аспирант кафедры вычислительной техники,² доктор технических наук, заведующий кафедрой вычислительной техники
Самарский государственный технический университет, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются гетерогенные вычисления на параллельных вычислительных структурах и способы их реализаций. Рассмотрены подходы к аппаратному и программному решению балансировки. Рассматриваются методы для организации гранулярности. Рассмотрен метод *intra-frame* фирмы Intel для вычисления сортировки методом расчета позиций с использованием стандарта OpenCL.

Ключевые слова: процессоры, гетерогенные вычисления, гранулярность.

Введение. Повышение скорости вычислений связано, в первую очередь, с параллельной организацией аппаратных средств и распараллеливании вычислительных задач. В настоящее время наиболее эффективные решения получены при использовании гетерогенных вычислений. Гетерогенные вычисления - вычисления использующие разные типы вычислительных блоков. Вычислительная система, состоящая из разных вычислительных блоков, называется гетерогенной. Такая организация называется HSA (Heterogeneous System Architecture) – Гетерогенная Системная Архитектура [1]. Подобные системы реализуются как на одном процессоре, так и в виде отдельных блоков. Примером может служить технология GPGPU – обычные вычисления на графических процессорах видеокарт [2]. В статье рассматривается задача балансировки объема вычислительных процессов между центральным процессором CPU и массивом графических процессоров GPU на видеокарте.

Аппаратная реализация гетерогенных вычислений. Аппаратная реализация была представлена консорциумом HSA Foundation, включающим себя корпорации ARM, AMD, Imagination, MediaTek, Qualcomm, Samsung. HSA технология выполняется на интегрированном чипе SoC, содержащем в себе CPU, GPU, DSP блоки. Целью HSA является увеличить пропускную способность между CPU, GPU и другими устройствами. Для этого SoC должен иметь унифицированное адресное пространство, обеспечиваю работу через указатели. Единое адресное пространство позволяет поддерживать указатели на такие структуры, как деревья, списки и графы. Чтобы обеспечить переносимость кода на языках C++, OpenCL понадобился промежуточный язык, называемый HSAIL (HSA Intermediate Layer), разработанный специально для параллельных вычислений на гетерогенной архитектуре [3].

Среда выполнения HSA является открытой платформой и включает транслятор "HSAIL finalzer", который переводит операторы в соответствующий машинный код, если аппаратные компоненты не могут поддерживать HSAIL изначально. Альтернативным решением является компилятор Intel Heterogeneous Research Compiler фирмы Intel, предоставляющий средства, облегчающие распараллеливание задач между CPU и GPU [4]. Целью проекта iHRC для Intel Lab является обеспечение выполнения параллельных задач на интегрированных графических процессорах Intel. Компилятор автоматически генерирует низкоуровневый код OpenCL для GPU с помощью среды выполнения, который будет выполняться на GPU, если GPU не занят другим процессом.

Последние модели поколений процессоров, выпускаемых фирмами AMD и Intel, поддерживают стандарт OpenCL 2.0, отвечающий требованию наличия унифицированной памяти между CPU и GPU для обмена данных. Это позволяет сказать, что оба производителя обеспечивают требование гетерогенности вычислений. OpenCL 2.0 доступен на процессорах Intel поколения Broadwell и Skylake. Процессоры поколения Haswell и Ivy Bridge имеют поддержку драйвера OpenCL 1.2, который, однако, не имеет поддержки унифицированной памяти. В то же время стандарт OpenCL подразумевает распределение нагрузки на уровне приложения. В этом случае необходимо соблюсти требование гранулярности.

Гранулярность. Ключевой момент в распараллеливание ресурсов - гранулярность. Гранулярность - это мера отношения объема вычислений, выполненных в параллельной задаче, к объему коммуникаций (для обмена сообщениями). Степень гранулярности варьируется от мелкозернистой до крупнозернистой. Рассматриваются два класса.

1. Крупнозернистый параллелизм (coarse grained): каждое параллельное вычисление достаточно независимо от остальных, причем требуется относительно редкий обмен информацией между отдельными вычислениями. Единицами распараллеливания являются большие и независимые программы, включающие тысячи команд. Этот уровень параллелизма обеспечивается операционной системой.

2. Мелкозернистый параллелизм (fine grained): каждое параллельное вычисление достаточно мало и элементарно, составляется из десятков команд. Обычно распараллеливаемыми единицами являются элементы выражения или отдельные итерации цикла, имеющие небольшие зависимости по данным.

Крупнозернистый параллелизм можно рассмотреть в двух подходах. Первый заключается в том, что большие объемы данных, такие как множество изображений, можно разделить на отдельные изображения для выполнения на каждом устройстве. Такой подход позволит упростить разработку динамического планировщика. Другой подход называется «intra-frame», когда обрабатываемые данные разбиваются на части для каждого типа процессора [5]. Каждая итерация вычисления должна сохранять свою историю. Мелкозернистый параллелизм заключается в разделении небольших порций объемов данных между устройствами. Такой подход позволит не ждать длительных вычислений на CPU, а отправить часть данных для вычислений на GPU.

Экспериментальное исследование балансировки. Для эксперимента использовался метод intra-frames для сортировки с помощью алгоритма расчета позиций каждого элемента. Тестирование проводилось на микропроцессоре Intel Broadwell со встроенной графической картой Intel Iris Graphics 6100 и программной библиотекой OpenCL 1.2 [2, 6].

Каждое устройство использует оптимальный объем оперативной памяти, обеспеченный системными вызовами программной библиотеки OpenCL.

Для первого эксперимента выполним распределение с полным объемом ресурса для каждого типа устройства. Ниже приведены результаты выполнения эксперимента (таблица 1 и рисунок 1).

Таблица 1

GPU и CPU: распределение с полным объемом данных

Количество элементов	16384	32768	65536	131072	262144
Время выполнения GPU	26	113	381	1431	5641
Время выполнения CPU	100	412	1566	6157	24786

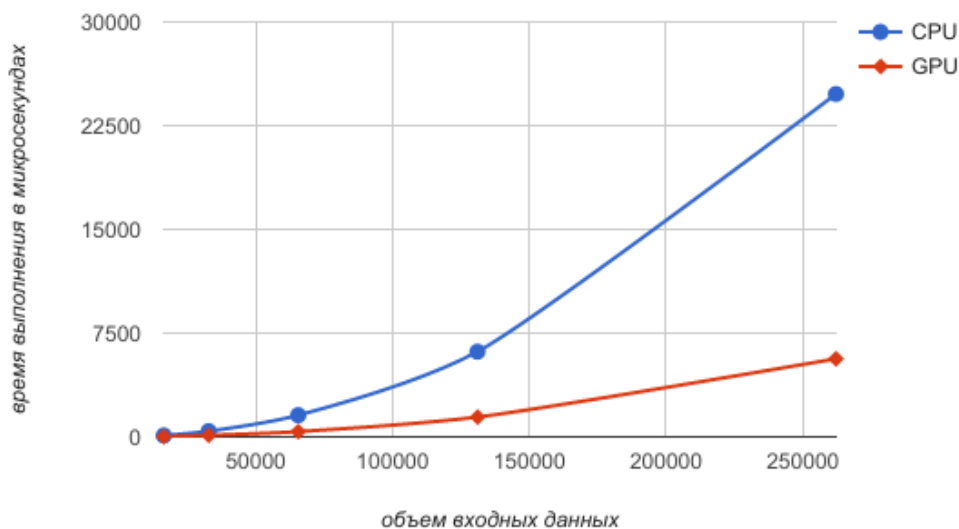


Рис. 1. Эксперимент для каждого устройства с полным объемом данных

Анализ времени выполнения задачи в каждом устройстве показывает, что CPU тратит на свои вычисления в среднем 4 раза больше, чем GPU на каждом этапе.

Для второго эксперимента воспользуемся рекомендацией Intel для метода intra-frame и распределим по половине объема данных на каждое устройство.

Таблица 2

GPU и CPU: распределение с половинным объемом данных

Количество элементов	16384	32768	65536	131072	262144
Время выполнения GPU	30	55	219	821	3061
Время выполнения CPU	54	203	821	3201	12670

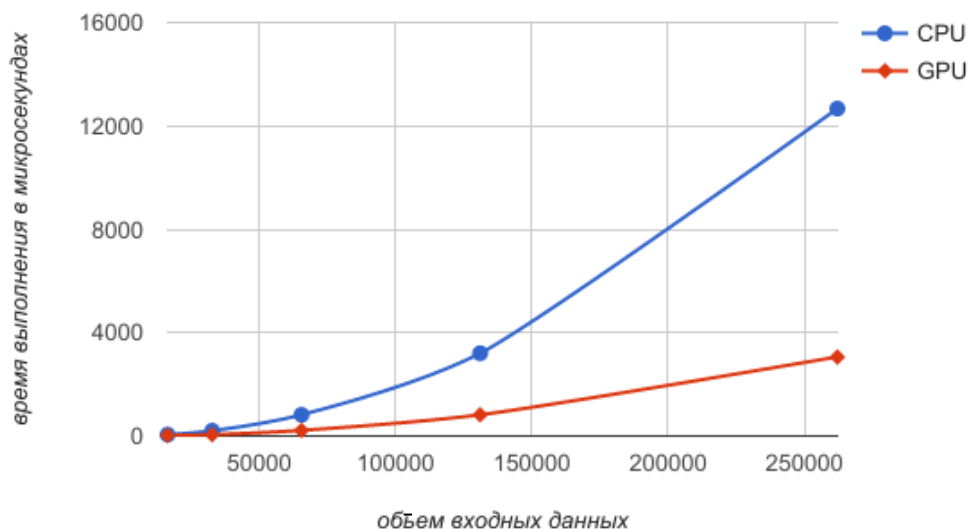


Рис. 2. Эксперимент с половинным разделением объема данных для каждого устройства

Полученные результаты позволяют сделать следующий вывод. При гибридной реализации с распределением объема на каждое устройство по половине время выполнения (рис. 2) эксперимента снизилось в 2 раза. Однако разрыв времени выполнения между CPU и GPU остается существенным.

В третьем эксперименте объем данных разделен в пропорции: 80 % для GPU и 20% для CPU. После разделения объема данных процентам получаем следующие значения (таблица 3).

Таблица 3

GPU и CPU: распределение данных 80 % GPU и 20 % CPU

Количество элементов	16384	32768	65536	131072	262144
Время выполнения GPU	51	109	311	1169	4529
Время выполнения CPU	54	112	418	1726	6642

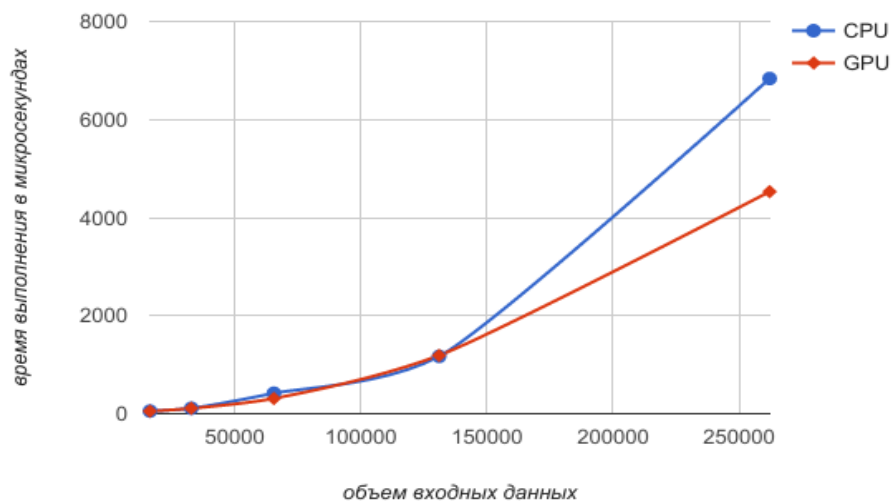


Рис. 3. Эксперимент с разделением данных 80 % GPU и 20 % CPU

Из графиков на рис. 3 видно, что время выполнения на устройствах было выровнено. Однако, при росте объемов данных время выполнения в CPU начинает увеличиваться по сравнению с GPU. На рисунке 4 приведено сравнение результатов трех выполненных экспериментов.

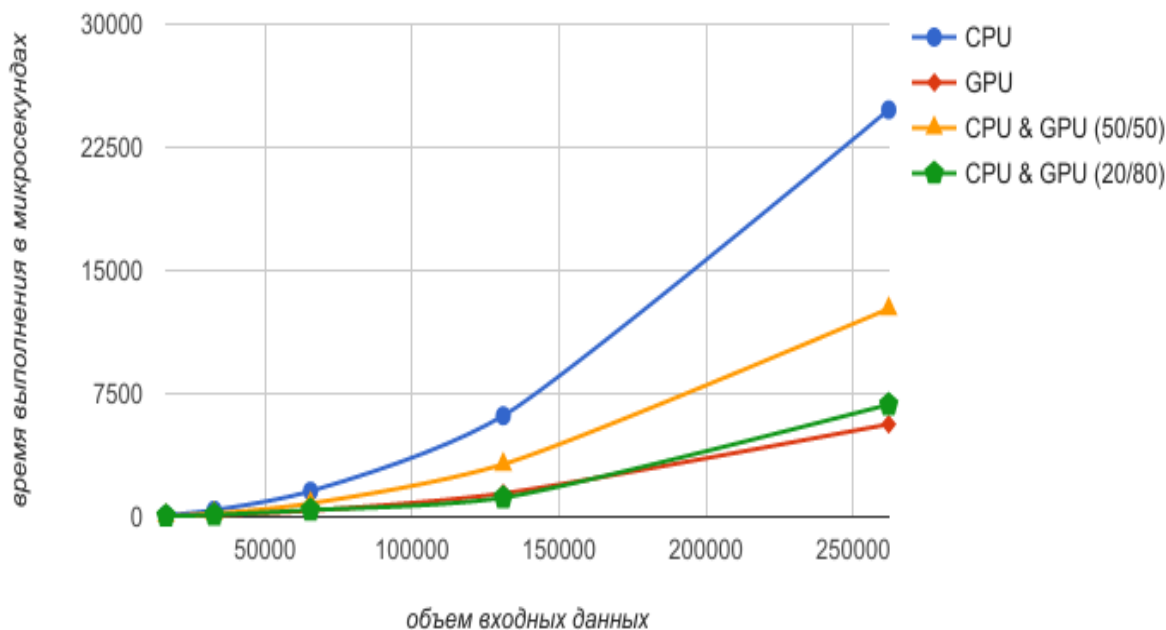


Рис. 4. Сравнение результатов

Заключение. Анализ экспериментов статической балансировки нагрузки центрального и графического процессора показывает, что без корректировки нагрузки, лучшее время получено при полном распределении ресурсов на GPU. Обработка на CPU занимает слишком много времени, что заставляет ждать GPU завершения вычислений на CPU. Таким образом, распределение данных на CPU должно быть рассчитано пропорционально по отношению к GPU, постепенно уменьшая или увеличивая объем. Объем данных должен быть распределен динамически, исходя из полученных предыдущих результатов, при этом следует постепенно увеличивать коэффициент разделения ресурсов в пользу GPU.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heterogeneous System Architecture: A Technical Review – <https://developer.amd.com/wordpress/media/2012/10/hsa10.pdf>- (дата обращения: 17.05.2017)
2. Scarpino M. OpenCL in Action: How to Accelerate Graphics and Computations. – М.: Manning, 2011. – 456 с. – ISBN 978-1617290176
3. HSA Programmer's Reference Manual Version 1.0.1 – http://www.hsafoundation.com/html/HSA_Library.htm#PRM/Topics/00_About/about_the_PRM.htm (дата обращения: 17.05.2017)
4. Intel Heterogeneous Research Compiler (iHRC) - [https://github.com/IntelLabs/iHRC/wiki/Intel-Heterogeneous-Research-Compiler-\(iHRC\)](https://github.com/IntelLabs/iHRC/wiki/Intel-Heterogeneous-Research-Compiler-(iHRC))- (дата обращения: 17.05.2017)
5. OpenCL™: Advantages of the Heterogeneous Approach - <https://software.intel.com/en-us/articles/opencl-the-advantages-of-heterogeneous-approach> (дата обращения: 04.05.2017)
6. Banger R. OpenCL Programming by Example. – М.: PACKT Publishing, 2013. – 185 с. – ISBN 978-1849692342

Материал поступил в редакцию 14.11.17.

STATIC BALANCING OF HETEROGENEOUS COMPUTATIONS ON CENTRAL AND GRAPHIC PROCESSORS

D.S. Golubev¹, S.P. Orlov²

¹ Postgraduate at the Department of Computer Facilities,

² Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of Computer Facilities
Samara State Technical University, Russia

Abstract. The article deals with the heterogeneous computing in parallel computing structures and methods for their implementations. The approaches to hardware and software balancing solution are considered. Methods for the organization of granularity are presented. The intra-frame method of Intel for sorting computation by method of calculation of line items with use of the OpenCL standard is shown.

Keywords: processors, heterogeneous computing, granularity.

УДК 67.02

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИКИ НИТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПРЯДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ВЯЗКОУПРУГОСТИ

Г.Х. Джумабаев¹, Г.Б. Абдиева², С.А. Хамраева³¹ старший преподаватель, ² кандидат технических наук, докторант, ³ профессор^{1,3} Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,² Бухарский инженерно-технологический институт, Узбекистан

Аннотация. В работе предложена методика определения деформируемого состояния нитей с учетом вязкоупругих свойств материала. При этом нить движется с определенной скоростью. Определено, что учет вязкой деформации является причиной затухания колебательных движений.

Ключевые слова: деформируемое состояние, вязкоупругие свойства, нить, колебательные движения.

Установлено, что условие прочности звеньев механизма накладывает ограничение на кинематику механизма с нитью, так как силы инерции, вращающейся и продольно движущейся нити, а также аэродинамические силы влияют на величину натяжения нити.

При этом следует учесть неупругие характеристики нити. Известно, что в нитях вследствие внутреннего трения возникает вязкая деформация. Она является одной из причин затухания колебательных движений нити. Поэтому в целом для пряжи, комплексных нитей вязкая деформация характерна и в расчетах механических систем с движущимися нитями, учет вязкой деформации является весьма существенным. К такой механической системе относится технологический процесс прядения.

Для аналитического исследования механических систем с реальными нитями необходимо иметь такие механико-математические модели, которые отражали бы основные свойства материала реальных нитей, геометрические и силовые условия, в которых они находятся. Причем границы применимости и степень соответствия модели нити к объекту при определенных условиях воздействия внешних сил устанавливают сравнением экспериментальных данных, полученных в результате измерения параметров состояния нити, с аналитическими расчетами.

В качестве математической модели, для описания вязкоупругих свойств нитей будем использовать нелинейную наследственную теорию вязко-упругости кубической теории Ильюшина-Огибалова [1]:

$$S_{ij} = 2G((e_{ij}(t) - \int_0^t \Gamma_1(t-\tau)e_{ij}(\tau)d\tau) - \gamma(e_{ij}(t)e(t) - \int_0^t \Gamma_3(t-\tau)e_{ij}(\tau)e(\tau)d\tau)),$$

$$\sigma = K \theta, \sigma = \sigma_{ij} / 3, S_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma \delta_{ij}, \theta = (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}) / 3, e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \theta \delta_{ij} / 3,$$

$$\delta_{ij} = 0 \text{ если } i \neq j; \text{ 1 если } i = j, i, j, k, \lambda. \quad e = e_{k\lambda} e_{\lambda k} \quad (1)$$

с ядром А.Р. Ржаницына [2]

$$\Gamma_1(t) = A_1 e^{-\beta_1 t} t^{\alpha_1 - 1}; \quad \Gamma_3(t) = A_3 e^{-\beta_3 t} t^{\alpha_3 - 1} \quad (0 < \alpha_1, \alpha_3 < 1),$$

Здесь K, G – мгновенные модули объемной и сдвиговой деформации; S_{ij}, e_{ij} – компоненты девиатора напряжений и деформаций; σ – шаровая часть тензора напряжений; θ – объемная деформация; e – второй инвариант тензора деформаций; γ – коэффициент нелинейности; Γ_1, Γ_3 – ядра релаксации для нелинейной составляющей вязкости; $A_1, \alpha_1, \beta_1, A_3, \alpha_3, \beta_3$ – параметры ядер. Для определения этих параметров на основе экспериментальных кривых ползучести разработан алгоритм, а для приближенных инженерных оценок – практические приемы, основанные на графических построениях [2,3].

При работе прядильных машин колебания нитей совершаются постоянно. Если эти колебания являются малыми относительно стационарного положения нити и вызывают малые изменения параметров состояния нити, то они не представляют вредного явления. Однако в некоторых случаях малые колебания нитей могут иметь неустойчивый, резонансный характер движения. В этом случае незначительное внешнее возмущение вызывает большие изменения параметров состояния нити и даже ее обрыв, нормальный процесс работы машины с движущимися нитями нарушается. Возникает задача определения частоты собственных колебаний нити и критической скорости вращения нити, при которой в нитях наступает резонансное состояние.

При учете физической нелинейности поставленная задача сводится к решению нелинейных интегродифференциальных уравнений вида:

$$\ddot{z}(t) + \omega^2 \left[z(t) - \int_0^t \Gamma_1(t-\tau) z(\tau) d\tau \right] + \rho \omega^2 \left[z^3(t) - \int_0^t \Gamma_3(t-\tau) z^3(\tau) d\tau \right] = f(t) \quad (2)$$

В линейном случае движение нити, с вязкоупругими характеристиками, описывается интегродифференциальным уравнением, вид которого после применения процедуры метода Бубнова-Галеркина и некоторых несложных математических сводится к виду

$$\ddot{z}(t) + \omega^2 \left[z(t) - \int_0^t \Gamma_1(t-\tau) z(\tau) d\tau \right] = f(t) \quad (3)$$

Для решения уравнения (3) необходимо присоединить соответствующие граничные и начальные условия. Исходя из графика движения нити в процессе прядения, примем закон изменения скорости нити на рассматриваемом участке линейным

$$v = v_0 - bt$$

При этом полагаем, что один конец нити закрепленным $u(x, t) = 0$, зададим закон движения другого конца.

$$u(1, t) = v_0 t - 0.5bt^2.$$

Начальные условия, определяющие законы смещения сечений в начальный момент и начальные скорости перемещения сечений, имеют вид:

$$u(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = 0$$

Применяя метод замораживания, получим смещения сечений нити в любой момент времени

$$\begin{aligned} u(x, t) = & \left(\frac{x}{e} \right) \left(V_0 t - \frac{1}{2} bt^2 \right) + \frac{bx(e^2 - x^2)}{6ea^2} + \\ & + \sum_{n=1}^{\infty} \exp(-0,5 \cdot \varepsilon \cdot \omega_s(t) \cdot \lambda_n t) [(-1)^n \cdot \frac{2be^2}{a^2(\pi n)^3} \cos(1 - 0,5 \cdot \varepsilon \cdot \omega_{cn}) \cdot \lambda_n t - \\ & - (-1)^n \cdot \frac{2V_0 e}{a(\pi n)^2} \sin\left(1 - \frac{1}{2} \varepsilon \omega_{cn}\right) \lambda_n \cdot t] \times \sin \frac{\lambda_n}{a} x \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\omega_s(t) = \int_0^t \Gamma(t-\tau) \sin \lambda_n(\tau) d\tau$$

$$\omega_c(t) = \int_0^t \Gamma(t-\tau) \cos \lambda_n(\tau) d\tau$$

Из (4) видно, что смещения, представленные в виде простого бесконечного ряда с экспоненциально убывающими во времени коэффициентами, являются затухающими колебаниями. Из этого следует, что процесс распространения возмущений в нити складывается из движения частиц нити, приводящего к возрастанию деформаций, и затухания амплитуды свободных ее колебаний.

Деформация связана с перемещениями формулой:

$$\begin{aligned} \varepsilon = & \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{e} (V_0 t - 0,5bt^2) + \frac{b}{6ea^2} (e^2 - 3x^2) + \\ & + \sum \exp(-0,5 \cdot \varepsilon \omega_s(t) \cdot \lambda_n t) [(-1)^n \cdot \frac{2be}{a^2(\pi n)^2} \cos(1 - 0,5 \cdot \varepsilon \omega_{cn}(t)) \cdot \lambda_n t - \\ & - (-1)^n \cdot \frac{2V_0}{a\pi n} \sin\left(1 - \frac{1}{2} \varepsilon \omega_{cn}\right) \lambda_n \cdot t] \times \cos \frac{\lambda_n}{a} x \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом, деформация нити в случае продольного движения в процессе прядения определяется растяжением нити при ее нагружении и может быть вычислена отношением удлинения к длине.

Далее в общем случае из спектра собственных значений, удовлетворяющих уравнению (2), определены первые два значения собственных колебаний ЭВМ.

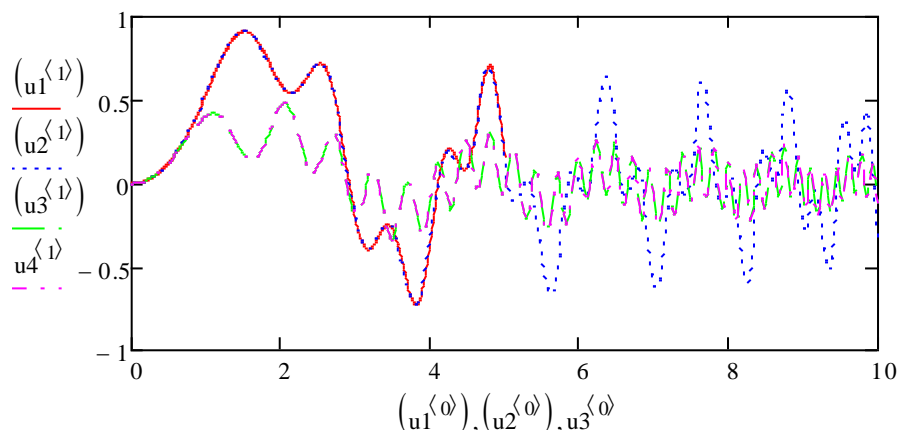


Рис. 1. Сравнение упругого (линейный и нелинейный) и вязкоупругого (линейный и нелинейный) решения:
 $-u^{<0>}t$ – время; 1-упругое линейное решение – $Z1^{<1>}$; 2-упругое нелинейное решение – $Zh^{<1>}$;
 3-вязкоупругое линейное решение – $Zv^{<1>}$; 4-вязкоупругое нелинейное решение – $Zv^{<1>}$

На рис. 1. приведены сравнения упругих, вязкоупругих, нелинейных решений уравнения (2).

По результатам теоретических исследований установлено, что учет вязкоупругих свойств приводит к улучшению качества пряжи (уменьшается неровнота), увеличивается прочность пряжи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильющин, А.А. Основы математической теории термовязкоупругости / А.А. Ильющин и др. – М.: наука, 1970. – 280 с.
2. Мавланов, Т.М. Динамическая прочность элементов текстильных машин на действие реальной осциллограммы / Т.М. Мавланов и др. – Ташкент, 2013. – 36 с.
3. Мальцев Л.Е. Замена точного уравнения динамической задачи вязкоупругости «приближенным» / Л.Е. Мальцев // «Механика полимеров». – 1977. – №3. – С. 408-416.

Материал поступил в редакцию 22.11.17.

THREAD MECHANICS RESEARCH IN TECHNOLOGICAL PROCESS OF SPINNING BASED ON THE THEORY OF VISCOELASTICITY

G.Kh. Dzhumabaev¹, G.B. Abdieva², S.A. Khamraeva³

¹ Senior Lecturer, ² Candidate of Engineering Sciences, Doctoral Candidate, ³ Professor

^{1,3} Tashkent Institute of Textile and Light Industry,

² Bukhara Institute of Engineering and-Technology, Uzbekistan

Abstract. This article presents the method of determining the deformable state of threads taking into account viscoelastic properties of material. The thread moves with a certain speed. It is defined that accounting of viscous deformation is the reason of attenuation of oscillating motions.

Keywords: deformable state, viscoelastic properties, thread, oscillating motions.

УДК 669.4+669.5:622-15

ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В СВИНЦОВО-ЦИНКОВОМ КОНЦЕНТРАТЕ

А.М. Есенгазиев¹, Р.Х. Шарипов², Е.К. Маркаев³, Э.Н. Сулейменов⁴

¹ магистр по материаловедению, ведущий инженер,

² магистр по материаловедению, младший научный сотрудник,

³ магистр по нефтехимии, инженер,

⁴ доктор технических наук по металлургии, главный научный сотрудник

¹ Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева (Алматы),

^{2, 3, 4} Казахстанско-Британский Технический Университет (Алматы), Республика Казахстан

Аннотация. В статье приводятся результаты физико-химического анализа свинцово-цинкового коллективного концентрата, использованного в гидрометаллургических исследованиях по извлечению Pb и Zn. Проведена аналогия кристаллизации микроструктур и макроструктур различного масштаба. Сделано предположение, что включения графита в структуру сульфидных минералов может быть результатом ретроградного распада. Результаты анализа показывают, что кристаллизация микроструктур может быть аналогична формированию кристаллизации макроструктур определенного вида. Особенности процессов кристаллизации микроструктур и макроструктур можно использовать при оценке характеристик минерального сырья.

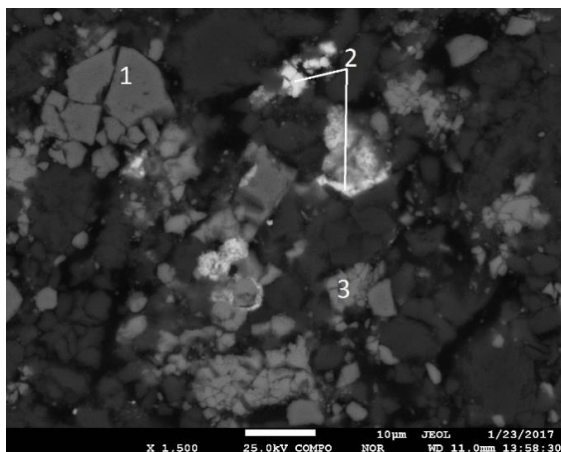
Ключевые слова: свинец, цинк, коллективный концентрат, промпродукт, микроструктура.

В настоящее время большинство многокомпонентных свинцово-цинковых и медно-цинковых руд относятся к классу труднообогатимых. В [1-3] показано, что кристаллические формы, в которых находятся основные металлы, могут различаться не только с точки зрения структуры минеральных образований, но и вследствие различия физических свойств минералов, которые определяются как идентичные из-за текстуры, степени метаморфизма и структурных особенностей на нано уровне. Эти различия, как правило, не принимаются во внимание при формировании технологических схем обогащения многокомпонентных руд, что может приводить не только к получению промпродуктов, имеющих собственные физико-химические характеристики, но и к потерям ценных металлов. В технологических процессах флотации образуются не только концентраты, имеющие собственные особенности, но и промпродукты, которые требуют изменения технологических параметров их переработки. В [2] говорится, если не учитывать особенности минералов, содержащих основные металлы, то безвозвратные потери могут достигать довольно значительных величин. В [3] указывается, что извлечение металлов из труднообогатимого сульфидного промпродукта требует изменения технологических режимов в соответствии со структурой и физико-химическим состоянием соединений, содержащих основной металл. В природе известно более 300 минералов, содержащих свинец, и более 140 – цинк. В рудах эти металлы обычно сопровождают друг друга. На долю основных минералов свинцово-цинковых руд, галенита и сфалерита, приходится более 90 % свинца и 95% цинка в оцененных рудных запасах.

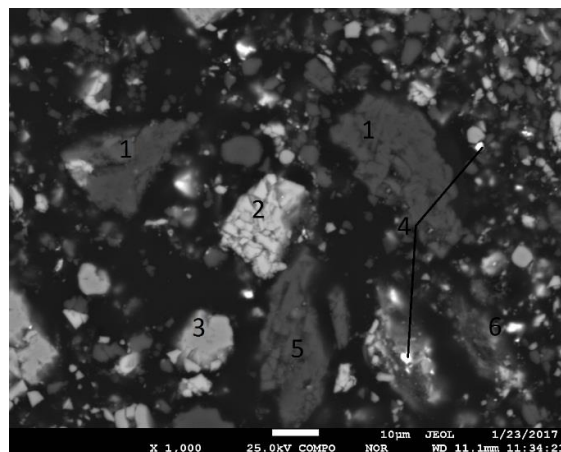
При исследовании возможности выщелачивания свинца и цинка из минеральных образований методом совмещенных электрохимических реакций [5] в экспериментах использовались промпродукты и коллективные концентраты месторождения Шалкия, которое по запасам цинка занимает пятое место в мире. Свинцово-цинковые руды названного месторождения относятся к стратиформному промышленному типу [4]. В ходе определения возможности применения разработанного электрохимического метода при извлечении свинца и цинка из продуктов обогащения руд, проводилось изучение вещественного состава коллективного концентрата, полученного в ходе флотационного обогащения руд месторождения Шалкия.

Для исследования применялись оптический микроскоп Olympus BX-51 и электронный микроанализатор JEOLJXA 8230 Electron Probe Microanalyzer.

Химический состав коллективного свинцово-цинкового концентрата: % (мас.): 14.94 Si; 5.68 Pb; 14.57 Zn; 6.26 Fe; 14.96 S; 6.94 C; 2.11 Ca. Фазовый анализ коллективного концентрата, выполненного на дифрактометре D8 Advance (BRUKER) показал, что минералы цинка и свинца находятся в основном в сульфидной форме, и главным образом представлены сфалеритом (29.2 %), пиритом (12.8 %), галенитом (10.9 %) и реже встречается англезит, доломит. Суммарное содержание нерудных минералов (кварц, пироксены, плагиоклазы) в пробе не менее 40 %. Эти данные подтверждены анализом на микроанализаторе (рисунок 1).



Режим COMPO, увел. 1500. Пирит (1), галенит (2), сфалерит(3)



Режим COMPO, увел. 1000. Кварц (1), сфалерит (2), пирит (3), мелкие включения галенита (4), доломит (5)

Рис. 1. Анализ минеральных образований в коллективном концентрате

Результаты картирования образца аншлифа приведены на рисунке 2. С помощью растрового электронного микроскопа JEOLJXA 8230 Electron Probe Microanalyzer в режиме COMPO получены снимки разных участков аншлифа, подготовленного из исследуемого коллективного концентрата. Были установлены кварц, сфалерит, галенит, пирит, доломит. Минералы галенита в концентрате характеризуются особой тонковкрапленностью.

Методом Wavelength dispersive X-ray spectroscopy (WDS) картирования проанализирован относительно большой участок структуры, содержащий сульфидные минералы и кварц. В большой степени этот участок состоит из пирита, в меньшей из сфалерита и галенита. По снимку можно заметить, что кварц сосредоточен между сульфидными минералами и разделяет отдельные минералы друг от друга. Так же обнаруживается углерод присутствие, которого наблюдается почти по всему объему анализируемого участка. На рисунке 3 показано, что относительно большой участок структуры состоит из пирита, по краям анализируемого участка в малых количествах обнаруживаются сфалерит, кварц и галенит. Можно предположить, что минеральные образования на уровне субмикроструктуры носят ярко выраженный индивидуальный характер. В частности, в [4] отмечается повышенная сульфидность исследуемых нами коллективных концентратов.

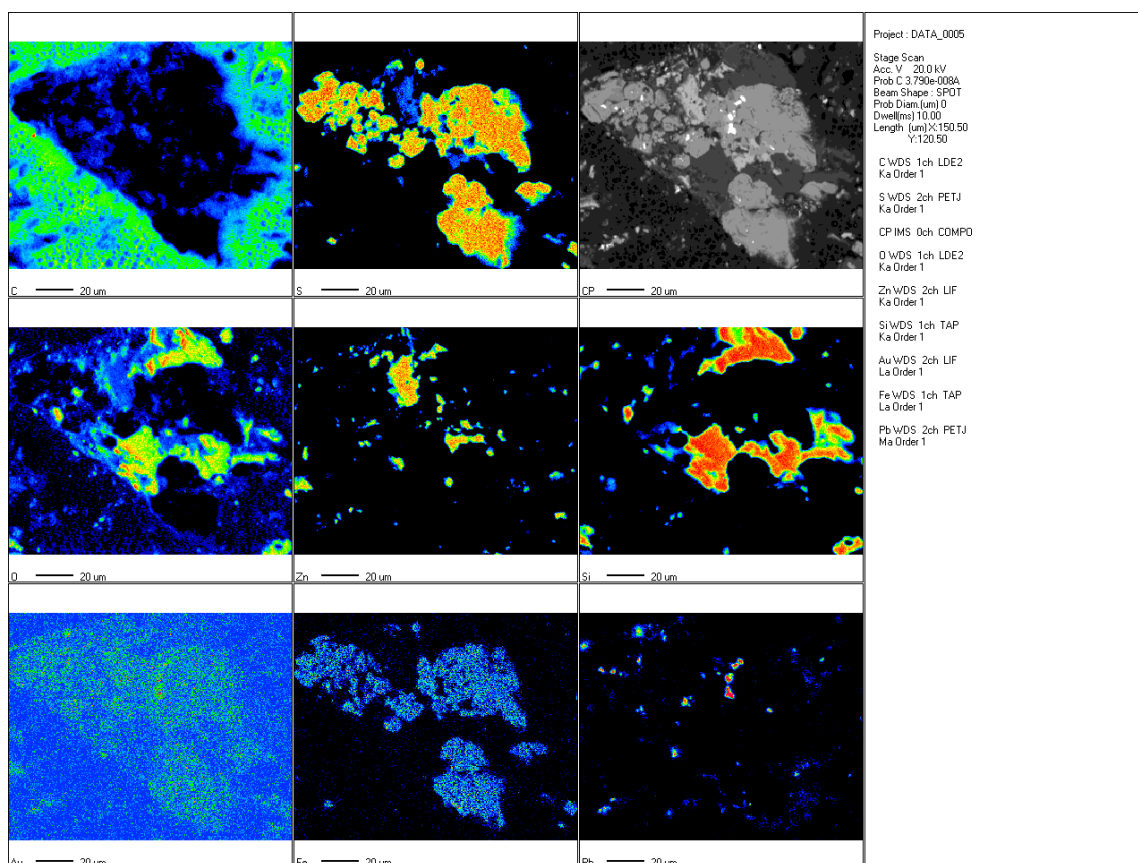


Рис. 2. WDS картирования исследуемого образца, участок 1

Проведен анализ микроструктуры и субмикроструктуры составляющих коллективного концентрата. Методом Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) были проанализированы отдельные участки, обогащенные по сере. Установлено, что структура, которую относят к сфалериту, содержит углерод в количестве 18.06 атомных процентов. Аналогично, некоторые участки, определяемые как галенит, содержат углерод, атомная доля которого для выбранного участка составляет 6.77 %. По справочным данным массовое соотношение цинка и серы в сфалерите: Zn – 67.7 %, S – 32.9 %, так же свинца и серы в галените Pb – 86.6 %, S – 13.4 %. В нашем случае присутствие углерода повлияло на массовое соотношение элементов минерала сфалерита: Zn – 55.43 %, S – 26.51 %, C – 18.06 %, галенита Pb – 86.70 %, S – 6.53 %, C – 6.77 %.

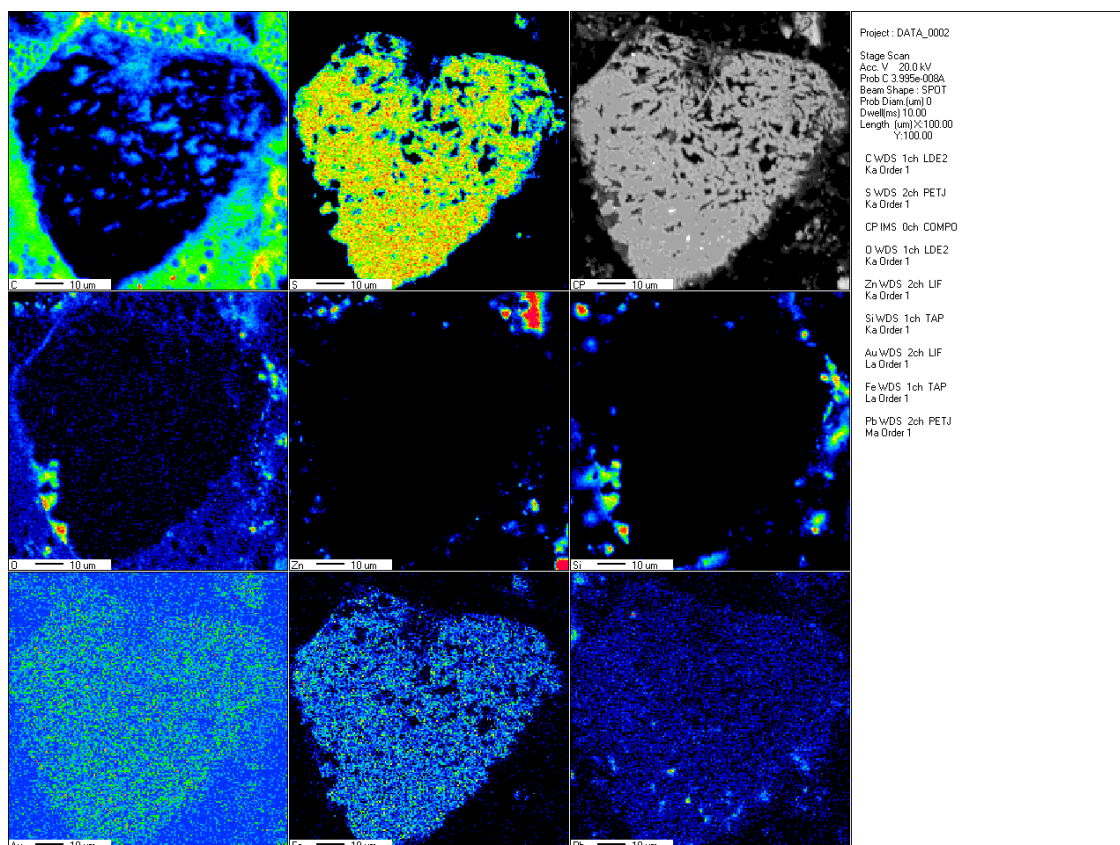


Рис. 3. WDS картирования исследуемого образца, участок 2

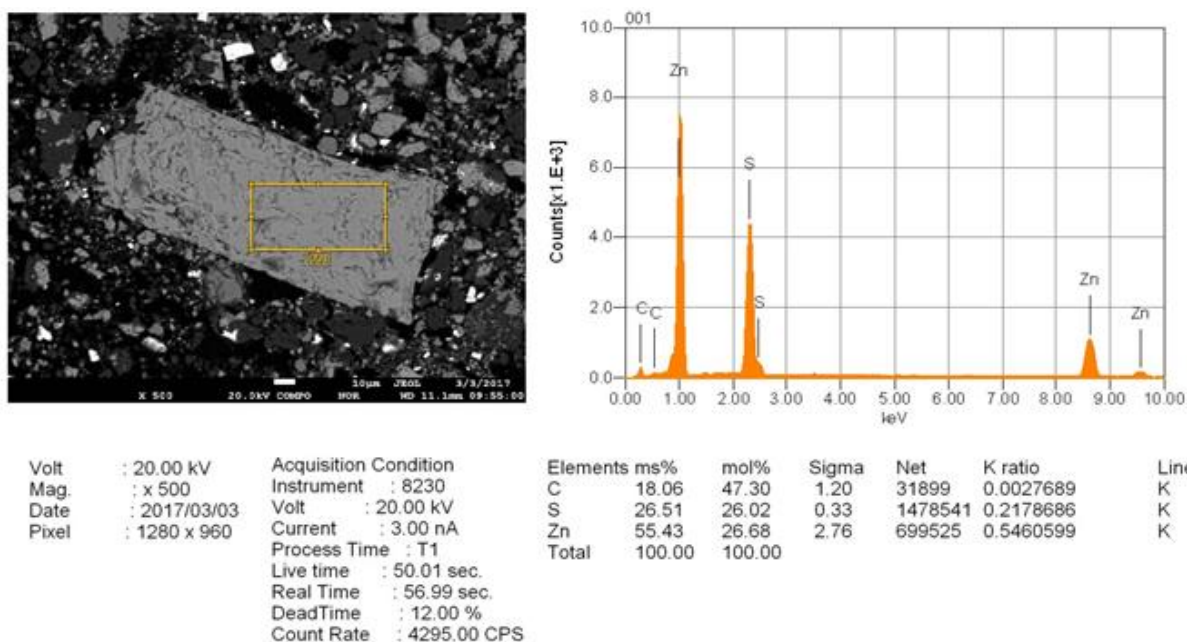


Рис. 4. Анализ участка, представленного сфалеритом

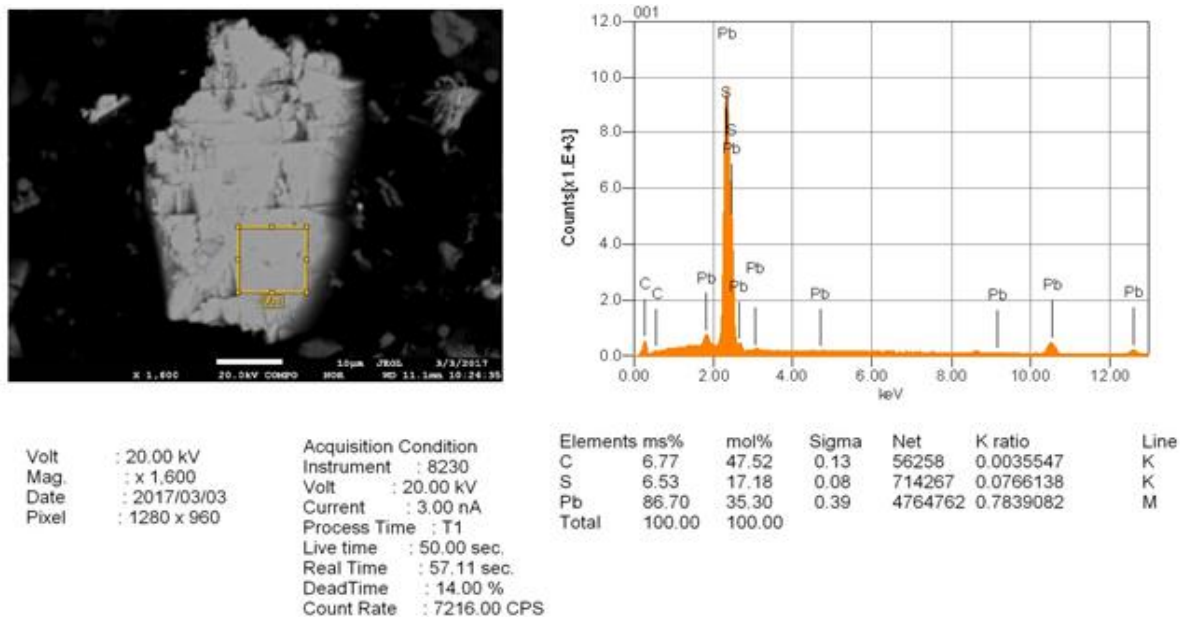


Рис. 5. Анализ участка, представленного сфалеритом

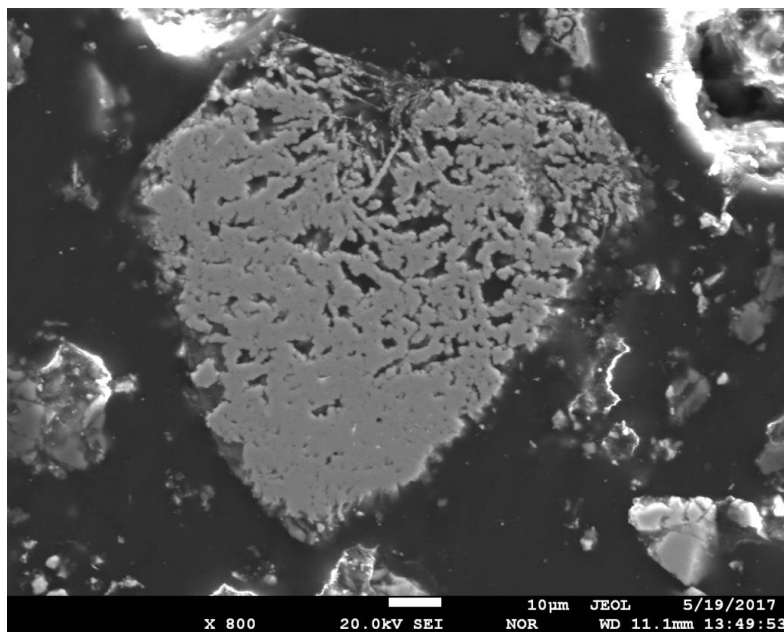
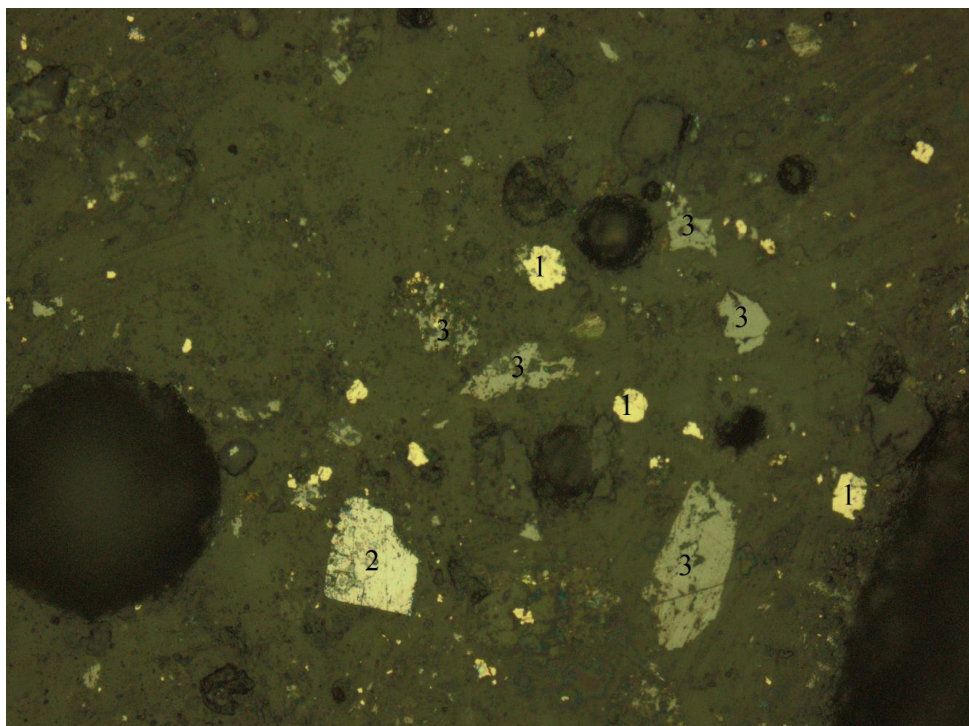


Рис. 6. Участок 2 картирования исследуемого образца, который представлен пиритом

На рисунке 6 представлен участок 2 картирования исследуемого образца, который представлен пиритом. Снимок был получен в режиме SEI (Secondary electron image). Как видно, минеральное образование овальной формы имеет разветвленную структуру. Включения минеральных образований в полости структуры образца имеют отличия в химическом составе от основной массы.

Даже представленные в данной статье образцы анализа минеральных образований в коллективном концентрате приводят к выводу о значительном влиянии особенностей субмикроструктуры руд и концентратов на результаты процессов обогащения, что и указывается в [4]. Аналогично в [6] говорится, что «структуры руд отличаются большим разнообразием, взаимосочетанием и наложением друг на друга. Неблагоприятно влияют на процессы флотации структуры катакластические, коррозионные, коллоидные, распада твердых растворов. Границы срастаний минералов в этих структурах неровные, что затрудняет высвобождение последних при измельчении руды». На наш взгляд рассмотрение особенностей минералообразования только с точки зрения поведения минеральных структур при дезинтеграции ограничивает поиск эффективных технических решений при флотации. Кроме того, в [7] показано, что «наличие в рудах тонкого золота, ассоциированного с сульфидами, присутствие углеродистого вещества позволяет отнести эти руды к рудам двойной упорности... Более сорбционно-активные природные углеродистые и глинистые вещества могут сорбировать золото и тем самым ухудшать процесс дальнейшего технологического передела». Для примера на рисунке 7 показано разнообразие структурных составляющих в коллективном концентрате даже при увеличении X200.



1 – пирит, 2 – галенит, 3 – сфалерит

Рис. 7. Изображение поверхности анильфита было сделано с помощью оптического микроскопа Олутрис ВХ-51, при увеличении 200

В приведенных выше публикациях вполне справедливо указывается на важность определения особенностей микроструктуры руд и минералов. Однако, говоря об ассоциации золота с сульфидами, авторы не рассматривают эту ассоциацию в качестве результата ретроградного распада при охлаждении расплавов с выделением различных металлов, который широко известен в практике пиromеталлургии (рисунок 8).



Рис. 8. Ретроградный распад королька сульфида сложного состава на поверхности шлака (видны волосовидные образования меди различной формы и диаметра).

Точно также нашими анализами показано наличие углерода в структуре минералов, что, скорее всего, также вызвано ретроградным распадом сложных соединений в расплавленном состоянии с образованием элементарного углерода, что также широко известно из практики получения чугуна. Такой вывод поясняет, почему эти руды можно отнести к рудам двойной упорности, поскольку ретроградный распад не означает полное разрушение связи выделившихся элементарных частиц с основой существовавшего образования. На основании анализа сделан вывод, что включения графита в структуру сульфидных минералов может быть результатом ретроградного распада. Такая структура минеральных образований, наряду с физическими характеристиками минеральных образований [1, 2] существенным образом влияет на технологические свойства руд и концентратов. На рисунке 9 представлен агрегат, состоящий из сульфидов металлов (сфалерит, галенит, пирит) и кварца. Как очевидно из рисунка, конфигурация минеральных образований отличается разнообразием форм и размеров. Примечательно, что при кристаллизации галенита можно наблюдать определенную аналогию с кристаллизацией сфалерита (рисунок 10).

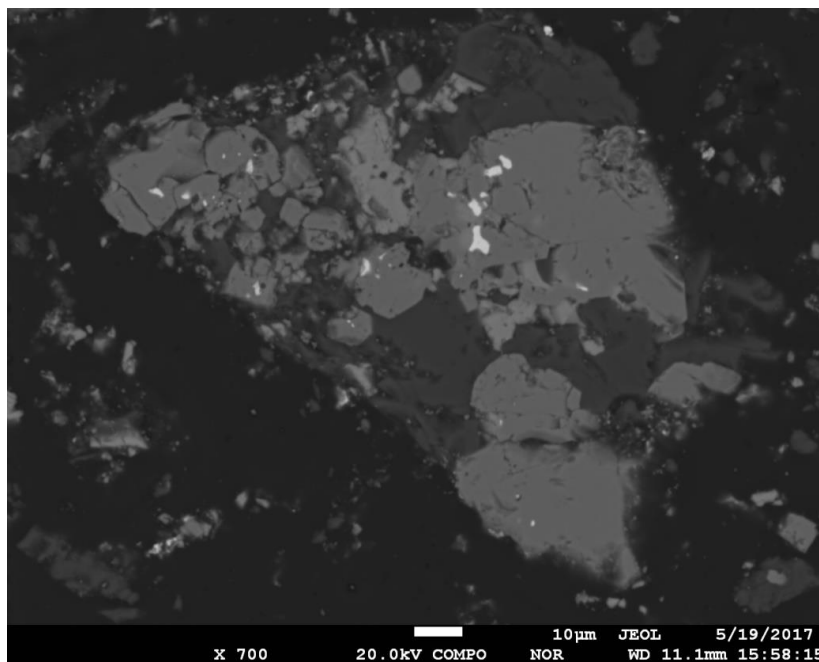


Рис 9. Агрегат состоящий из сульфидов металлов (сфалерит, галенит, пирит) и кварца. Снимок получен в результате детектирования обратно рассеянных электронов (COMPO). Увел. 700

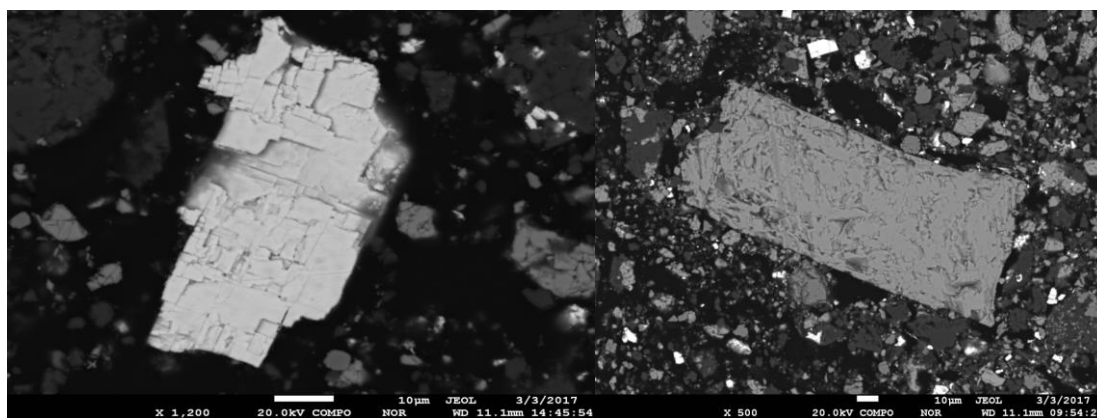


Рисунок 10. Конфигурация минеральных включений в концентрате. Слева галенит, справа сфалерит

Многообразие форм кристаллизации минералов в концентрате можно наблюдать и при небольших увеличениях. На Рисунке 11 представлены формы кристаллизации при увеличении X100 и X40.

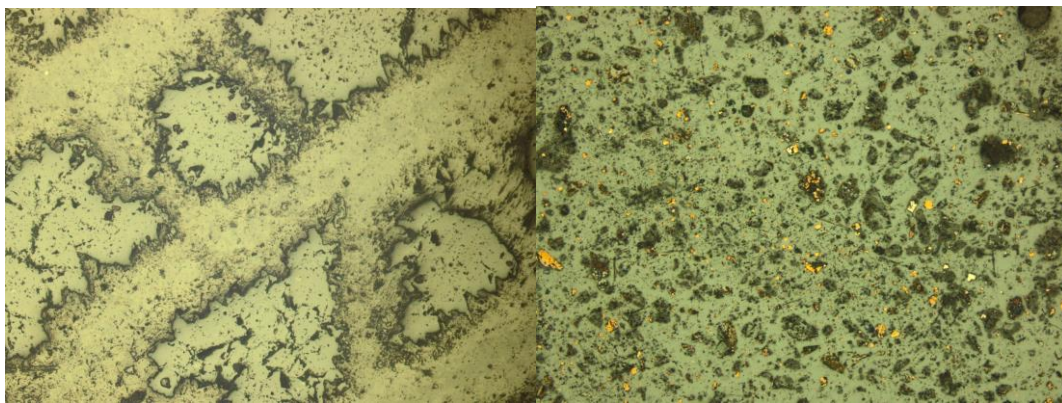


Рисунок 11. Формы кристаллизации минеральных образований в концентрате при увеличении X100 (справа) и X40 (слева)

Примечательно, что известную аналогию можно обнаружить в формах кристаллизации в больших кусках полиметаллической руды (рисунок 12).



Рис. 12. Формы кристаллизации на поверхности больших кусков полиметаллической руды

Безусловно, на процесс кристаллизации металлсодержащих соединений влияет (иногда в очень большой степени) количество примесных элементов, а не только энергетическое состояние системы. Вопрос механизма кристаллизации и формы образующихся кристаллических (и других) элементов до настоящего времени остается дискуссионным [8]. Безусловно, кристаллизация отдельных металлов имеет свои особенности и происходит по-разному в зависимости от структурно – энергетического состояния системы. Например, на рисунке 13 представлены виды микрокристаллов свинца и цинка, полученных в результате электрохимического разложения соединений металлов. (Великолепные съемки этих и других процессов во времени выполнены автором Wenting Zhu, фотографии заимствованы из [9])

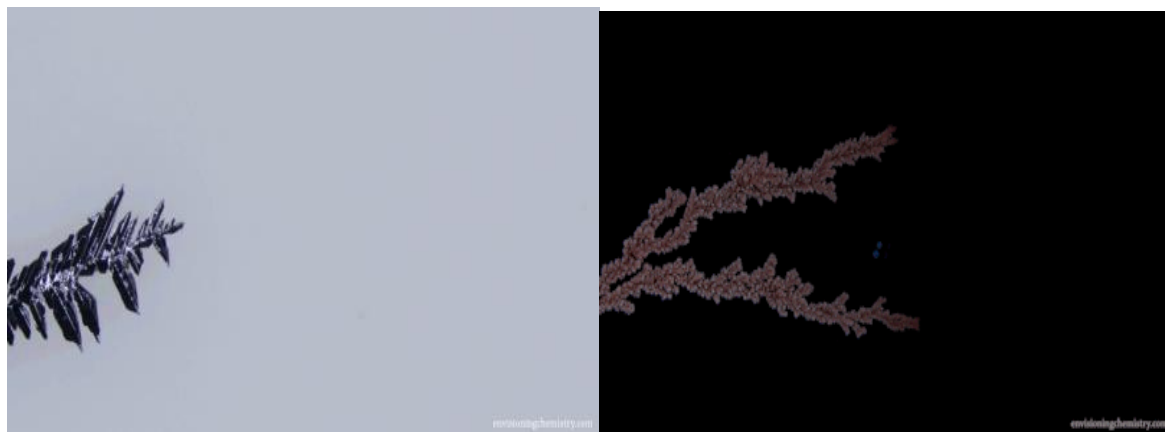


Рис. 13. Микрокристаллы цинка (слева) и свинца (справа), полученные в результате электродекомпозиции соединений этих металлов

Представленные в статье материалы говорят о необычайно большом разнообразии минеральных форм, которые формируются при образовании рудных тел. Многообразие структур означает наличие разнообразия в электрофизических [1], физико - химических и других свойств минеральных образований, что влияет на технологические показатели процессов обогащения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борцов, В.Д. Естественные гальванические элементы в труднообогатимых рудах колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая / В.Д. Борцов и др. // Труды Международного совещания. – Екатеринбург, 2001. – С. 36-40.
2. Борцов, В.Д. Естественные гальванические элементы в рудах колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. / В.Д. Борцов и др. // Цветные металлы. – 2004. – Вып. 6. – С. 11-14.
3. Емельяненко, Е. А. Мониторинг подсистем переработки медно-колчеданных месторождений уральского типа / Е. А. Емельяненко // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. М.: Горная книга. – 2014. – Вып. 2. – С. 111-132.
4. Избасханов, К. С. Полупромышленные испытания коллективной схемы обогащения полиметаллической руды месторождения “Шалкия” / К. С. Избасханов и др. // ҚазҰТУ хабаршысы. – 2015. – №5. – С. 311-320.
5. Кенжалиев, Б.К. Извлечение металлов из сложного сырья электрохимическим методом. / Б.К. Кенжалиев и др. // Science and world, 2014 – № 2 (6). – Vol. I. – pp. 94-98.
6. Купцова, А. В. Применение минерало-аналитических методов определения параметров раскрытия минералов / А.В. Купцова и др. // Горный журнал. –2014. – № 11. – С. 35-39.
7. Санакулова, К. С., Зимин А. В., Арустамян М. А., Нагаева С. П. Минералогические особенности материалов после биологического окисления флотоконцентрата / К. С. Санакулова и др. // Горный журнал. – 2016. – №11. – С. 20-25.
8. Утелбаев, Б.Т. Связь макроскопических и микроскопических свойств при химических превращениях. / Б.Т. Утелбаев и др. // European Researcher, 2014, Vol.(76), № 6-1, pp. 1038 – 1045.
9. C&EN, American Chemical Society, 2017 – October 18. – Volume 95 – Issue 42 / http://cen.chempics.org/tagged/beautyofscience?utm_source=Newsletter&utm_medium=Newsletter&utm_campaign=CEN.

Материал поступил в редакцию 08.11.17.

FEATURES OF THE CHARACTERISTIC OF MINERAL FORMATIONS IN A LEAD AND ZINC CONCENTRATE

A.M. Esengaziev¹, R.Kh. Sharipov², E.K. Markaev³, E.N. Suleymenov⁴

¹ Master degree in Material Sciences, Principal Engineer,

² Master degree in Material Sciences, Research Assistant,

³ Master degree in Petrochemistry Science, Engineer,

⁴ Doctor of Engineering Sciences in Metallurgy, Senior Scientific Researcher

¹ Satbayev Kazakh National Technical University,

^{2, 3, 4} Kazakh-British Technical University (Almaty), Republic of Kazakhstan

Abstract. *The article presents the results of physical and chemical analysis of lead and zinc collective concentrate used in hydrometallurgical studies for the extraction of Pb and Zn. The analogy of crystallization of microstructures and macrostructures of various scale is drawn. The assumption is made that graphite inclusions in structure of sulphidic minerals can be result of retrograde disintegration. The results of the analysis show that crystallization of microstructures can be similar to formation of crystallization of macrostructures of a certain form. The features of crystallization processes of microstructures and macrostructures can be used at characteristics assessment of mineral raw materials.*

Keywords: *lead, zinc, collective concentrate, middling product, microstructure.*

УДК 663.511: 631.531.12

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КАК ВАЖНЫЙ РЕЗЕРВ КАЧЕСТВА

Ш.С. Козубаев¹, А.С. Султанов², Ш. Юсупов³, Р.Т. Калдыбаев⁴, С.К. Айдарбекова⁵

¹ доктор сельскохозяйственных наук, ³ кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауэзова, Казахстан

***Аннотация.** В данной статье описываются методы, по которым разрабатываются стандарты, ориентированные на международные принципы ведения семеноводства, что позволит обеспечить правовой выход отечественных семян на международный рынок сортов и семян. Исследования проводятся представителями Республики Узбекистан совместно с учеными Казахского Университета экспериментальной биологии. Прделанная работа позволила внести изменения в ГОСТ 12036 и 12037, которые унифицированы к требованиям международных правил.*

***Ключевые слова:** метод, стандарт, семена, качество, разработка*

Нормативные требования, применяемые в настоящее время к стандартам по методам определения качества посевных семян устарели, не отвечают современным требованиям сельскохозяйственного производства, а также не учитывают большой международный опыт стандартизации [1].

Слабая проработанность норм применительно к биологическим особенностям отдельных культур не позволяют достаточно объективно судить о фактической ценности семян и принимать соответствующие меры по их подготовке, реализации и рациональному использованию. Все это, а также происходящие в сельскохозяйственном производстве структурные изменения и переход его на рыночные условия хозяйствования обуславливает необходимость коренного пересмотра нормативной базы на семена, создание не только принципиально новых национальных стандартов Узбекистана, но и разработку стандартизировано принципиально новых методов определения качества семян [5].

Современный этап развития страны характеризуется переходом на рыночные отношения, внедрением экономических методов управления, повышением самостоятельности предприятий, активизацией участия страны в международном разделении труда. Децентрализуется структура управления сельским хозяйством. Многообразие форм собственности, свобода выбора методов хозяйствования выявляют новые субъекты экономических и правовых отношений, усиливают роль некоммерческих и негосударственных организаций [4].

Все это определенным образом влияет на вопросы стандартизации и требует перехода на новые формы и методы работы. Развитие системы стандартизации должно, сохраняя накопленный положительный опыт, обеспечить формирование обновленной системы, адекватной создаваемой новой системе хозяйствования [2]. Отечественная система стандартизации семян сельскохозяйственных культур должна быть максимально гармонизирована с международными, региональными и национальными нормами и требованиями.

Разработка и введение в практику научно-обоснованных Государственных стандартов на методы определения качества семян является одним из важнейших условий повышения урожайности и улучшения качества сельскохозяйственных культур [3].

Устанавливая определенные требования, стандарты, способствуют получению высококачественных семян и служат основой для объективного и успешного внедрения новых перспективных сортов и гибридов.

Разработка стандарта должна быть ориентирована на международные принципы ведения семеноводства. Нормативные требования, отражая определенную специфику развития семеноводства в нашей стране, должны соответствовать по основным показателям уровню экономически развитых стран. Это позволит, наряду с совершенствованием сертификации семян, обеспечить правовой выход отечественных семян на международный рынок сортов и семян [6].

Государственный стандарт по методам определения качества семян сельскохозяйственных культур разработан в соответствии с Законом Республики Узбекистан «О семеноводстве», в целях обновления и унификации нормативных требований на определение посевных качеств семян, с учетом достижений науки, современных требований агропромышленного комплекса Узбекистана и других развитых зарубежных стран [7].

Так как методы определения качества семян в основе своей уже соответствуют требованиям ИСТА, дальнейшие исследования проводились на семенах зерновых, зернобобовых, масличных, эфирномасличных, технических, овощных, зеленых культур, кормовых и медоносных трав. Разработка данного стандарта была вызвана, помимо удобства пользования таким документом, необходимостью унификации, обеспечения методического и нормативного единства применительно к семенам. Такой подход, наряду с более объективной оценкой семян, упростил порядок их документации и оплаты при реализации в другие регионы, совершенствованию оптимизации и модернизации семеноводства в Республике.

Таблица 1

Сравнительная таблица качественных параметров семян основных сельскохозяйственных культур

Наименование культур	Масса партии контр. ед./ц, не более	Масса сред. пробы, гр	Навеска для чистоты, гр	Влажность	Наименование культур	Максимальная масса партии, кг	Максимальная масса проб, гр			Влажность	Жизнеспособность
							Представляемой на анализ, гр	Рабочей пробы для анализа на чистоту, гр	Рабочей пробы для подсчета семян др. видов, гр		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ЗЕРНОВЫЕ И ЗЕРНОБОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ											
<i>По ГОСТу 12036-85</i>					<i>По Международным правилам ИСТА</i>						
Пшеница мягкая	600	1000	50	Для определения влажности нужны 2 навески по 5 гр. Для зернобобовых и крупных семян нужен размол, температура высушивания-130 ⁰ С, для масличных культур-105 ⁰ С, с предварительным подсушиванием при температуре 120 ⁰ С-15 минут. Это зависит от культур, а для зернобобовых при температуре 105 ⁰ С-30 минут. Методика определения одинакова, за исключением температуры.	Пшеница мягкая	25000	1000	120	1000	1.Для определения влажности нужны навески по 10 гр. в 4-х повторностях. Необходим тонкий размол для зерновых, и грубый размол для семян бобовых культур. 2.Предварительное подсушивание. Метод высушивания в сушильном шкафу при низкой постоянной темп. 103±2 ⁰ С, в течении 17±1 часа. 3.Высушивание в сушильном шкафу при высокой постоянной температуре 130-133 ⁰ С, в течении 4 часов для кукурузы, 2 часа для зерновых, 1 час для других видов семян.	Тетразольно-топографический метод определения здоровости семян помогает при оценке проростков, в установлении причин низкой лабораторной и полевой всхожести, и таким образом дополняет анализ на всхожесть (грибы, бактерии, вирусы и вредители, такие как нематоды и насекомые).
Пшеница твердая	600	1000	50		Пшеница твердая	25000	1000	120	1000		
Рис	600	1000	50		Рис	25000	400	40	400		
Рожь	600	1000	50		Рожь	25000	1000	120	1000		
Маш	100	500	20		Маш	20000	1000	120	1000		
Нут	250	1000	200		Нут	20000	1000	1000	1000		
Овес	600	1000	50		Овес	25000	1000	120	1000		
Фасоль	250	1000	200		Фасоль	25000	1000	700	100		
Тритикале	600	1000	50		Тритикале	25000	1000	120	1000		
Ячмень	600	1000	50		Ячмень	25000	1000	120	1000		
Бобы кормовые	250	100	200		Бобы кормовые	20000	1000	1000	1000		
Вика посевная	100	250	50		Вика посевная	25000	1000	140	1000		
Горох	600	1000	200		Горох	25000	1000	900	1000		
Гречиха	200	500	50		Гречиха	10000	600	60	600		
Кукуруза	400	1000	200		Кукуруза	40000	1000	900	1000		
Люпин белый	250	1000	200		Люпин белый	25000	1000	450	1000		
Просо	250	1000	20		Просо	1000	60	6	60		
Сорго (все виды)	100	100	20	Сорго (все виды)	1000	900	90	900			
Чечевица пищевая	200	500	50	Чечевица пищевая	1000	600	60	600			
Чина посевная	600	1000	200	Чина посевная	20000	1000	450	1000			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Поскольку семена являются биологическим продуктом, их поведение нельзя предсказать с такой же уверенностью, как при испытании продуктов небологического характера. Обмен семенами между странами и районами, во избежание искажения данных требует, чтобы условия испытания в одной лаборатории исключительно совпадали с условиями проведения испытаний в другой лаборатории. Чтобы гарантировать возможность получения различными лабораториями сравниваемых результатов по данному образцу, были разработаны стандартные определения и методы анализа, основанные на тщательном изучении принципов испытания семян.

Международные правила анализа семян представляют собой свод унифицированных методов, применяемых при определении качества семян сельскохозяйственных культур в международной торговле. Изложенные в Правилах методы анализа и документации семян являются обязательными при осуществлении взаимных торговых операций между странами-участниками Международной ассоциации по контролю качества семян (ИСТА). Иными словами, Правила представляют собой международный стандарт на методы анализа семян.

ВЫВОДЫ:

Проведенные, совместно с учеными Казахского Университета экспериментальной биологии, исследования позволили нам внести изменения в ГОСТ 12036 и 12037, которые унифицированы к требованиям международных правил (таблица 1.).

Совместные работы по унифицированию стандартов, методов и правил по совершенствованию требований продолжают. Надеемся, что это послужит значительному улучшению качества семян сельскохозяйственных культур и выходу их на мировой рынок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иксанов, М.И. К вопросу методики воспроизводства оригинальных и элитных семян хлопчатника. / М.И. Иксанов и др. // Журнал «AGRO ILM». – Ташкент. – 2014. – № 4 (32). – С. 8-9.
2. Иксанов, М.И. Назревшие вопросы улучшения семеноводства хлопчатника. / М.И. Иксанов и др. // Ж.Пахтачилик ва Дончилик. – Ташкент. – 2011. – № 4. – С. 5-7.
3. Козубаев, Ш.С. Оптимизация семеноводства в условиях рынка. / Ш.С. Козубаев // Монография. – Ташкент. – 2005. – 109 с.
4. Мередов, Я. Семеноводство на современном этапе и его перспективы. / Я. Мередов и др. // Ашхабад. – 1990. – 218 с.
5. Панников, В.Д. Культура земледелия и урожая. / В.Д. Панников // Изд. “Колос”. – Москва. – 1974. – 368 с.
6. Турабходжаева, М. О формировании стандартизации семян сельскохозяйственных культур. / М. Турабходжаева и др. // “STANDART” Научно-технический журнал Агентства “Узстандарт. – Ташкент. – 2012. – № 2. – С. 7-8.
7. Турабходжаева, М. Разработка Республиканского стандарта “Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения. Посевные качества». / М. Турабходжаева и др. // Сборник тезисов Международного научно-практической конференции. – август 2013. – Джизак. – С. 48-49.

Материал поступил в редакцию 02.11.17.

METHOD OF DETERMINING THE QUALITY OF SEEDS OF AGRICULTURAL CROPS AS IMPORTANT QUALITY RESERVE

Sh.S. Kozubayev¹, A.S. Sultanov², Sh. Yusupov³, R.T. Kaldybaev⁴, S.K. Aidarbekova⁵

¹ Doctor of Agriculture Sciences, ³ Candidate of Agriculture Sciences, Associate Professor
M. Auezov South Kazakhstan State University, Kazakhstan

Abstract. *This article describes the methods by which standards focused on the international principles of seed production are developed. It will provide the legal entry of domestic seeds on the international market grades and seeds. The research is conducted by the representatives of the Republic of Uzbekistan jointly with the scientists of the Kazakh University of Experimental Biology. The work allowed to make changes in GOST 12036 and 12037, which are unified to the requirements of international rules.*

Keywords: *method, standard, seeds, quality, development.*

UDC67.02

ARCHITECTURE OF THE RECOGNITION EDUCATION-MONITORING ENVIRONMENT FOR COMPARISON OF ELECTRONIC INFORMATION RESOURCES (THE CASE OF MOODLE LMS)

A.Kh. Nishanov¹, B.S. Samandarov²

¹ Professor, ²Senior Teacher

¹ Tashkent University of Information Technologies,

² Karakalpak State University, Uzbekistan

Abstract. *The article discusses the issue of constructing the architecture of environment for ensuring the monitoring of the system MOODLE activities in an educational process in Higher Educational Institutions. The environment was built using the tools of pattern recognition, algorithms and software. The operation methods and environmental architecture of the educational monitoring process were offered.*

Keywords: *MOODLE, educational monitoring environment, pattern recognition, information resources, environment architecture, comparative analysis, software.*

Introduction

The important issues are: to use and develop electronic resources of educational process, to place created electronic resources into MOODLE system of each Higher Educational Institutions (HEI), to organize educational process according to the system, evaluation, administration and to carry out controlling of educational process constantly according to the system [1-4].

Moreover, organizing educational process according to MOODLE system of HEI, controlling its activity and comparing them with each other are also considered the more important.

Environmental architecture that ensure the monitoring of MOODLE system activity based on pattern recognition tools. The development of processing methods of educational monitoring environment and architecture is achieved on this basis. The article suggests such methods as *pattern recognition educational monitoring environment (PREME)*.

The information taken from HEIs servers provided with requests are read in environment relying on electronic resources taken from HEI servers with the help of special software, the course quality evaluation algorithms, [3] and adaptive model of evaluating the condition [4]. The evaluation, monitoring and the PREME architecture ensuring the mutual comparative analysis are created with the help of the events protocols' objects classification.

Certainly, multi-dimensional Electronic Information Resources (EIR) that have to be analyzed are located in MOODLE system and the large number of parameters that should be determined caused rivalry among the educational institutions and comparative analysis of EIR that can solve the mutual rating issue, and as well as the issue of automated monitoring of educational process.

The **main goal** of proposed environment is to organize and to manage educational process in educational institutions, to use modular object dynamically orientated environment and to carry out constant and centered control of HEI.

The environment performs the following **tasks**:

1. Carrying out the monitoring of HEI activity that organizes the control of educational process in MOODLE system;
2. Evaluating and comparing the usage condition of HEI MOODLE system by the guidance of specialties and educational directions;
3. Creating the HEI students' progress, the activity of professor-teachers, the personal areas for students' parents. Presenting the possibility of observing progress of their offspring's in subjects to parents.
4. Arranging the mutual cooperation of HEI, professor-teachers, students and their parents in upbringing of young specialists based on environment.

Main part

Creating of *PREME* is important and aimed at execution of monitoring of educational quality on the basis of proposed architecture. The architecture of environment is created by the analysis of EIR on MOODLE platform, make an analysis at determining symbols of information resources environment of MOODLE system and observe the educational process, calculates the effectiveness, evaluates the overall condition of educational system, determines the quality of information resources – carries out complete system monitoring.

Using the inner opportunity of MOODLE system, evaluating information resources requires much time from users. The main reason for that is the monitoring of users (leaners), processing the information about users, preparing

the reports about users, making the system monitoring and other similar management functions, which are organized in different ways. We cannot develop sufficient information for ourselves relying on opportunities of system standard, more often because the automated educational systems are often developed for certain environment (certain countries educational process) [1].

MOODLE has complicated modular architecture, and therefore, its possibilities have to be developed additionally, that is why additional modules should be elaborated. It is necessary to state that MOODLE is modular object oriented dynamic teaching environment, and it is created using PHP language and can work with MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server and other MBBT that supports SQL language in order to store its information.

The problem statement

Developing of *pattern recognition educational monitoring environment* architecture is required in terms of the structure and working principle of MOODLE system. Some of the methods of creating *PREME* architecture are given below:

1. To change the system core –the environment created by this method is required to be with open code, because it is distributed by MOODLE GNU GPL license. The environment created by this method is required to process existing environment according to our needs. Much work and difficulties are required in order to build such environment.

2. To create modules for the system- As MOODLE system has complicated modular architecture, there is the possibility to expand opportunities to enter additional modules without changing the core. Such kind of modules and are have to be set into the system and opportunities of existing system would be expanded.

3. To create the independent environment related to this sphere – the importance of this method is that the environment that is planning to be created could be not exactly in the MOODLE language, it means that creating system could be not in PHP, in terms of MOODLE. However, the disadvantage of this method is that created software might be related to the MOODLE version. In other words, if there is a new version of the system, the created environment software related to it also have to be updated. As is known, if any software has a new version, that means that it was modified. For instance, modification of the structure of the database and the structure of new charts, entry of new tables and optimization of some schedules can be observed.

4. Environment that performs new functions relying on system modules- The software of this environment could be not in the language of the system as well, but in case of modification of the MOODLE version sometimes can provide the *PREME* work through the development of additional complex of parameters. Creating *PREME* information can be stored in its own database or in separate charts of the database of MOODLE. As a result, we can build flexible *PREME* for MOODLE versions through the input of small applications for different versions of MOODLE of creating *PREME* software,

Constructing the architecture that works with pattern recognition educational monitoring environment

Analyzing the architecture of MOODLE system, the main modules can be presented as following:

- The course elements;
- The reports of administrator;
- Types of tasks;
- Plug-ins authentication;
- Reports by the course;
- Database fields (for the “Database” element of the course);
- Filters;
- Reports by grades;
- Grades exporting formats;
- Grades importing formats;
- Portfolio;
- Test question types;
- Importing/exporting formats of the tests ;
- Reports by tests;
- The places of files storage;
- Resource types;
- Search plug-ins;

If we consider the modification possibility of above-mentioned modules of the MOODLE system, the most optimal choice for us is to build environment that carries out new functions relying on the system modules. Therefore, working architecture of *PREME* will be built as following:

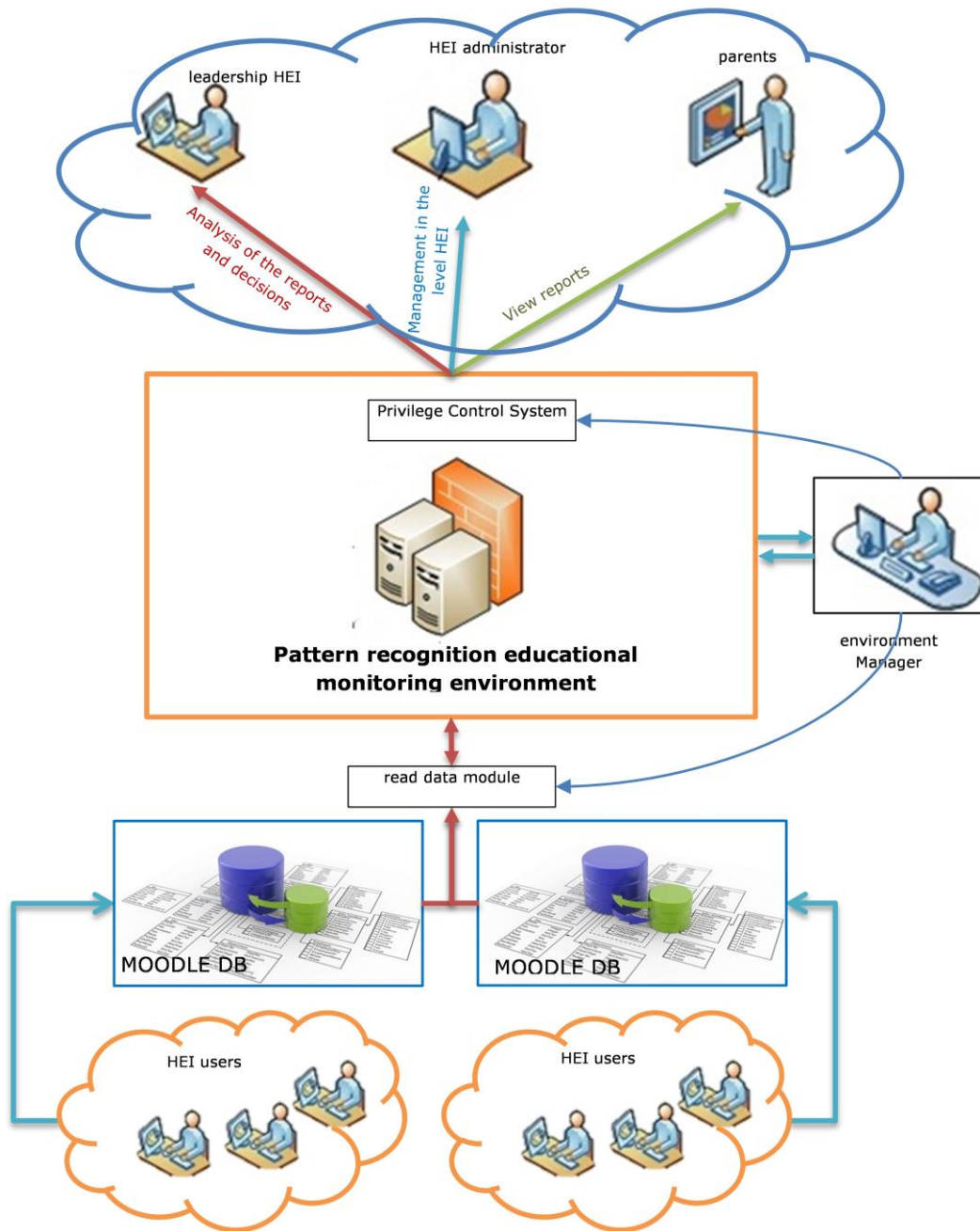


Figure 1. The working architecture of pattern recognition educational monitoring environment

Basing on the tasks assigned above, we define the working architecture of *PREME*. HEI server that wants to enroll to the environment would be registered by the environment of administrator and the MOODLE system of the HEI server provides access only to the information selected from database *PREME*. The special software of *PREME* carries out this process.

Determination the opportunity and the duty class of the users of pattern recognition educational monitoring environment

The duty class should be designated according to the working architecture of *PREME*, users of this environment, their role in environment and their work tasks. We will divide the users into three types: administrators, internal users and external users. The administrators supply the access to *PREME* users according to their status. The internal users are the users who works in MOODLE system according to their status in MOODLE system. They have access to some of the information and analytical data.

The internal users relying on working principles of MOODLE system divides into two groups: teachers and students. Here, teachers can overview such analytical and comparative data as their course monitoring, the students' participation in the course and the dynamics of tasks order. Moreover, , they can take an access to other similar courses

monitoring through the system administrators. Students, in their turn, can overview the grades reports, test results and the dynamics of group activity of the course that they have enrolled.

The external users of *PREME* are also divided into two groups: the high status users and the low status users. The high status users are the special responsible leading personnel of the system and leading personnel of HEI. They can overview all reports in the frame of education system and HEI, and also they can make decisions relying on analytical-comparative data according to their responsibilities. That is, *PREME* allows leading personnel to analyze the condition of electronic education process. The low status users are the parents of students, and the access to *PREME* for them is provided by system administrators. As a result, parents can overview the dynamics of progress of their children who study in HEI.

Certainly, to create such environment is the complicated process. However, there is a solid argumentation to create it. Nowadays most of the educational institutions of the foreign countries develop their educational process by using MOODLE software complex. We can see statistical data about it in MOODLE official site. (moodle.net/stats).

Table 1

Statistics about MOODLE system usage (according to 09.01.2017)

Registered sites	73 661
Countries	232
Courses	11 417 281
Users	95 976 987
Participants of the courses	325 084 378
Forum news	203 726 942
Resources	101 331 607
Task questions	540 707 276

Conclusion

PREME provides interactive services satisfying the parents and students, teachers and HEI needs, relying on MOODLE system of HEI server. It is achieved through the evaluation the information resources of MOODLE system, monitoring and mutual comparative analysis.

REFERENCES

1. Nishanov A.Kh., Algorithms for determining the signs of completeness, assessments of state and the formation of electronic resource signs in education. / A.Kh. Nishanov, B.S. Samandarov // Uzbek journal of the problems of informatics and energetics. Tashkent, 2016. – № 6. – p 43-48.
2. Nishanov A.H., Dynamic algorithm of automated educational systems account objects classification. / A.Kh. Nishanov, B.S. Samandarov // Scientific – technical and information-analytical journal TUIT. Tashkent, 2016. – № 4. – p 63-71.
3. Nishanov A.H., Assessment model of monitoring and defining the completeness of course elements of information systems. / A.Kh. Nishanov, B.S. Samandarov // European Applied Sciences. Germany, 2015, – № 5, – p 56-58.
4. Samandarov B.S. Adaptive assessment model for electronic information resources. // Uzbek journal of the problems of informatics and energetics. Tashkent, 2016. – № 1. – p 39-45.
5. Nishanov A.H., Methods and algorithms of solving problems on the quality of the courses in the automated educational system. / A.Kh. Nishanov, B.S. Samandarov // Proceedings of the Conference. International scientific conference– INNOVATION 2015 – Tashkent, 2015, – p 63-65.

Материал поступил в редакцию 20.11.17.

АРХИТЕКТУРА РАСПОЗНАЮЩЕЙ СРЕДЫ “ОБРАЗОВАНИЕ-МОНИТОРИНГ” ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ (НА ПРИМЕРЕ MOODLE LMS)

А.Х. Нишанов¹, Б.С. Самандаров²

¹ профессор, ² старший преподаватель

¹Ташкентский университет информационных технологий,

² Каракалпакский государственный университет, Узбекистан

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос построения архитектуры среды, обеспечивающий мониторинг деятельности системы MOODLE в учебном процессе в высших учебных заведениях. Среда была построена с помощью инструментов распознавания образов, алгоритмов и программных обеспечений. На этой основе были предложены методы работы и архитектура среды мониторинга образовательного процесса.

Ключевые слова: MOODLE, среда мониторинга образования, распознавание образов, информационные ресурсы, архитектура среды, сравнительный анализ, программное обеспечение.

УДК 504.3.054(574)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСАХ

У.У. Умбетов¹, Б.А. Ху Вен-Цен², А.Э. Аргинова³^{1,2} доктор технических наук, профессор, ³ магистрант^{1,3} Таразский государственный университет (Тараз), Республика Казахстан² Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова (Шымкент), Республика Казахстан

Аннотация. В данной статье описана разработка алгоритма определения оптимальной концентрации вредных соединений в промышленных выбросах. В этой статье задача определения минимальной концентрации рассматривается методом нелинейного программирования. Метод нелинейного программирования делится на два метода: метод наискорейшего спуска и метод аппроксимирующего программирования. Задача такого алгоритма является нахождение такого соотношения концентраций исходных веществ, при которых образуется наименьшее значение концентрации вредного соединения, образующихся в результате химической реакции исходных веществ.

Ключевые слова: метод нелинейного программирования, метод аппроксимирующего программирования, метод наискорейшего спуска, определение концентрации вредных соединений.

В работе выполнена разработка программы "Определение минимальной концентрации вредных соединений", предназначенная для внедрения в ИС прогнозирования промышленных выбросов с целью расчета оптимальной концентрации вредных соединений, образующихся в результате химической реакции исходных веществ.

Данная задача предназначена для разработки методики оптимально безвредного процесса выбросов предприятием-природопользователем вредных веществ и подлежит внедрению в состав задач ИС прогнозирования. Ее внедрение и постановка на регулярную эксплуатацию предполагают достижение значительного конечного эффекта в виду увеличения скорости и точности расчета соотношений ПДВ и ПДС стационарного источника выбросов.

Задача определения минимальной концентрации вредных соединений ставится и формулируется, как нелинейная задача оптимизации с ограничениями типа неравенств. Для решения задачи используется "Метод нелинейного программирования (НЛП)" [2].

Метод нелинейного программирования включает в себя 2 метода – метод наискорейшего спуска и метод аппроксимирующего программирования. Работа этого метода сводится к следующей схеме: сначала проверяется начальная точка на удовлетворение условиям задачи (заданных в виде ограничений-равенств и неравенств), если точка не удовлетворяет условиям, то запускается метод наискорейшего спуска с целью определения такого значения аргумента $x^{(k)}$, который удовлетворяет заданным условиям. После этого производится линеаризация нелинейных функций в окрестности допустимой или почти допустимой точки $x^{(k)}$. По окончании процесса линейной аппроксимации метод переходит в стадию линейного программирования. На этом этапе для решения линейной задачи используется Симплекс-метод. Далее процедура повторяется до тех пор, пока не будет удовлетворено условие окончания поиска. Точность искомого значения определяется заданной величиной ϵ .

Постановка задачи. Имеются заданные значения концентраций исходных веществ, образующих в результате химической реакции некоторое количество вредного соединения; требуется найти такое соотношение концентраций исходных веществ, которые в результате химической реакции образуют наименьшее значение концентрации вредного соединения. Необходимость в решении данной задачи обусловлена потребностью отдела мониторинга промышленных выбросов ЖО в снабжении предприятий-природопользователей методами оптимального распределения выбросов веществ, при которых достигается минимальное образование вредных соединений и тем самым снижается негативное воздействие источника выбросов на окружающую среду.

Соответствующая задача может быть сформулирована следующим образом:

В процессе осуществления производственного процесса производятся выбросы n исходных веществ, образующих x_i концентраций, где $i=1,2, 3, \dots, n$. При этом на величину концентрации каждого вещества x_i налагается ограничение на максимально и минимально допустимое значение (прямые ограничения). Образование ряда исходных веществ, образующих вредное соединение, осуществляется также в результате химической реакции. Таким образом в задаче предполагается присутствие также отношений в виде равенств и неравенств в виде функций от переменной x , где – это есть вектор с компонентами x_i . Целью задачи является нахождение такого соотношения концентраций исходных веществ x_i ($i=1,2, 3, \dots, n$), при которых образуется наименьшее значение концентрации вредного соединения.

Математически задачу можно описать: функция $f(x)$ – это заданная нелинейная скалярная функция, независимая переменная x – n - мерный вектор, $g(x)$ и $h(x)$ – это заданные нелинейные векторнозначные функции (ограничения) с компонентами $g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x)$ и $h_1(x), h_2(x), \dots, h_k(x)$ соответственно, где $g_1(x) \forall i = 1, \dots, m$ и $g_1(x) \forall j = 1, \dots, k$.

Ограничение типа $h(x)$ – ограничение типа неравенств функционального типа модифицирует исследуемую поверхность $f(x)$ путем отсека от нее некоторой части для которой границей является поверхность $h(x)=0$. Ограничение типа $g(x)$ – ограничение типа равенств не модифицирует поверхность $f(x)$, однако задает на ней некоторую линию, которая определяет положение искомого точки оптимума. Данная линия характеризуется тем, что все точки, принадлежащие ей, одновременно принадлежат поверхностям $f(x)$ и $g(x)$, то есть данная линия представляет собой след от пересечения поверхности $f(x)$ и $g(x)$.

Формализовать поставленную задачу можно следующим образом:

$$F(x) \rightarrow \min_{x \in X}$$

$$X = \left\{ \begin{array}{l} x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \\ x : g_i(x) = 0, i = \overline{1, m} \\ h_k(x) \geq 0, k = \overline{1, m} \\ D_j \geq x_j \geq d_j \end{array} \right.$$

где $f(x)$ – это заданная скалярная функция для расчета концентрации вредного соединения, образуемого в результате химической реакции между исходными веществами x_j концентраций.

X – это вектор значений концентраций исходных веществ (реагентов).

D_j, d_j – граничные значения концентраций реагентов.

g_i, h_k – функциональные зависимости, задающие схемы химических реакций образования исходных веществ [1].

Выбор и обоснование метода решения. Рассмотренная задача характеризуется тем, что ее целевая функция является нелинейной, а ограничения функции заданы нелинейными элементами в явном и неявном виде. Все это относит данную задачу к задачам нелинейного программирования. Метод нелинейного программирования предназначен для решения задач данного класса и характеризуется высокой скоростью и точностью сходимости.

Метод нелинейного программирования (сокращенно – метод НЛП) разработан Барнсом. Он представляет собой обобщение алгоритма, предложенного Дибелла и Стивенсом. Алгоритм Дибелла и Стивенса предназначался для решения задач нелинейного программирования при наличии ограничений только в виде равенств (плюс ограничения, задающие верхний и нижний пределы изменения независимых переменных); данный алгоритм основан на использовании линейной аппроксимации нелинейных функций в окрестности допустимой или почти допустимой точки $x^{(k)}$. Идея Дибелла относительно минимизации $f(x)$ путем применения градиентного и линейно-аппроксимативного методов получила дальнейшее развитие у Барнса, которому удалось обобщить упомянутый выше алгоритм на случай, когда в дополнение к ограничениям в виде равенств имеют место записанные в общем виде ограничения в виде неравенств. Таким образом, с помощью алгоритма НЛП можно решить задачу нелинейного программирования.

При реализации данного алгоритма в качестве начального могут использоваться как допустимые векторы, так и векторы, выходящие за пределы допустимой области. Если $x^{(0)}$ не является допустимым, алгоритм реализует фазу наискорейшего спуска с тем, чтобы получить такой вектор x , для которого множество ограничивающих условий “почти” удовлетворяется. Затем алгоритм работает на основе метода линейной аппроксимации с применением аппарата линейного программирования и, следовательно, обеспечивает построение надлежащей матрицы локального линейного программирования, элементами которой являются значения первых частных производных целевой функции и функций $g_i(x)$ по независимым переменным. Задача линейного программирования решается с помощью модифицированного симплексного метода; при этом к значению целевой функции добавляется оптимизирующая (минимизирующая) поправка в небольшой области, являющейся окрестностью текущей точки x . После этого процедура линейного программирования повторяется. На любом этапе вычислительного процесса, когда в качестве текущего решения находится вектор x , отклоняющийся от допустимой области сверх установленного предела, повторяется фаза наискорейшего спуска.

При обсуждении алгоритма НЛП удобно рассмотреть фазу наискорейшего спуска и фазу линейного программирования.

Фаза наискорейшего спуска в алгоритме НЛП сопряжена лишь с повышением степени допустимости вектора x с точки зрения учета подмножеств ограничений $h(x) = 0$ и $g_i(x) \geq 0$; на этом этапе об улучшении значения целевой функции не заботятся. Подпрограмма наискорейшего спуска реализует безусловную минимизацию суммы квадратов остаточных погрешностей, т. е. выражения

$$T(x) = \sum_{i=1}^m h_i^2(x) + \sum_{i=m+1}^p U_i g_i^2(x)$$

(1)

Совершенно очевидно, что для ограничений в виде неравенств остаточная погрешность равняется $h_i(\mathbf{x})$ ($i = 1, \dots, m$), а для ограничений, записанных в виде равенств, остаточная погрешность равняется $g_i(\mathbf{x})$, если $g_i(\mathbf{x}) < 0$, и обращается в нуль за счет оператора Хевисайда (U_i), если $g_i(\mathbf{x}) > 0$ ($i = m+1, \dots, p$); другими словами, $U_i = 0$ при $g_i(\mathbf{x}) \geq 0$. Сумма квадратов остаточных погрешностей вычисляется перед началом каждого этапа наискорейшего спуска и каждого этапа линейного программирования независимо от того, принадлежал ли предыдущий текущий вектор \mathbf{x} допустимой области.

После вычисления $T(\mathbf{x})$ машинная программа осуществляет тесты, разработанные на основе анализа большого количества практических результатов решения различных «пробных» задач. С помощью этих тестов можно убедиться в том, что точка, заданная вектором \mathbf{x} , действительно находится вблизи допустимой области, либо установить обратное. Если рассматриваемая точка находится достаточно близко от допустимой области, вычислительный процесс переходит в стадию линейного программирования, осуществляемого по алгоритму Гриффица и Стюарта; в противном случае вычисления продолжают в режиме наискорейшего спуска.

Ускорение или замедление вычислительного процесса на стадии линейного программирования достигается путем варьирования максимального значения величины Δx_j . В тех случаях, когда точка, заданная вектором \mathbf{x} , осциллирует относительно «хребта» или «долины», в рассмотрение вводится параметр ρ_j , меняющий знак, как только два последовательных шага Δx_j оказываются противоположными по знаку. Параметр ρ_j воздействует на счетчик λ_j (где в начале устанавливается единица), который используется для того, чтобы определять необходимость изменения предельной длины шага m_j . Значение λ_j определяется числом, которое показывает, сколько раз перемещение по переменной x_j осуществлялось в одном и том же направлении. Таким образом, числовое значение λ_j отражает количество благоприятных (оптимизирующих $f(\mathbf{x})$) приращений x_j в одном и том же направлении; значение λ_j вновь становится равным единице, как только направление перемещения по x_j меняется на противоположное. Если ρ_j меняет знак, то вместо значения m_j , которое использовалось на предыдущем шаге, берется значение $m_j/2$. Если же знак ρ_j не меняется, а числовое значение λ_j превышает 4, значение m_j , использовавшееся на предыдущем шаге, удваивается. Акселерация вычислительного процесса может вывести вектор \mathbf{x} за пределы допустимой области; однако так как сумма квадратов остаточных погрешностей ($T(\mathbf{x})$) вычисляется после каждого изменения \mathbf{x} , то в случае слишком больших отклонений текущей точки от границы допустимой области начинает работать метод наискорейшего спуска. После каждого перемещения в пространстве решений на стадии линейного программирования проводится тест, цель которого состоит в том, чтобы выяснить, является ли используемое приращение Δx_j по своему абсолютному значению меньше некоторой заранее установленной (по усмотрению пользователя) константы ε (данная константа может быть выбрана произвольно, но следует иметь в виду, что она должна быть одной и той же для всех независимых переменных).

Если условие $|\mathbf{x}_j^{(k)} - \mathbf{x}_j^{(k-1)}| \leq \varepsilon$ выполняется, поиск заканчивается; в противном случае поиск оптимального решения продолжается.

Ниже изображена траектория поиска по методу нелинейного программирования (рисунок 1):

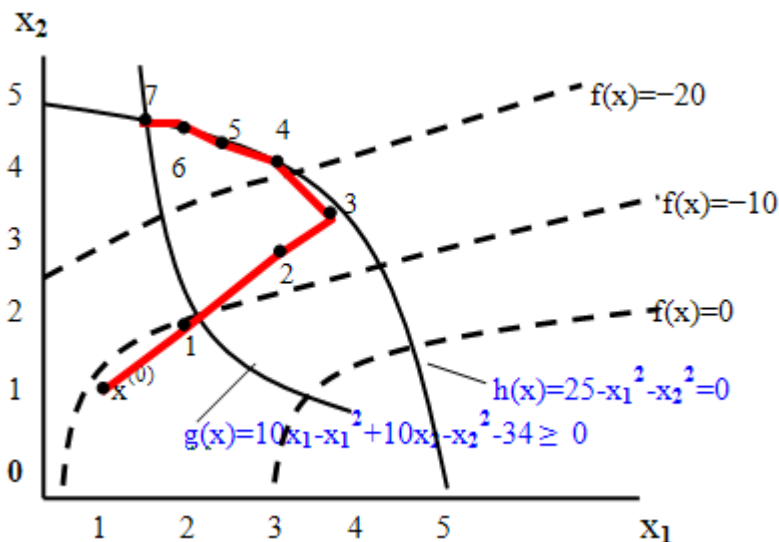


Рисунок 1. Траектория поиска по методу нелинейного программирования

Метод аппроксимирующего программирования. Гриффиц и Стюарт описали метод аппроксимирующего программирования [3], который основан на многократном применении алгоритмов линейного программирования, обеспечивающем в пределе сходимость последовательности решений промежуточных задач линейного программирования к решению задачи нелинейного программирования. Такой метод иногда называют градиентным методом с малой длиной шага в отличие от так называемого крупношагового градиентного метода. После выполнения процедуры линеаризации задача формулируется так:

$$\text{минимизировать } f(\mathbf{x}) - f(\mathbf{x}^{(k)}) = \sum_{j=1}^n \frac{\partial f(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta x_j^{(k)} \quad (2)$$

при условии, что имеют место ограничения в виде равенств

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial h_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta x_j^{(k)} = h_i(\mathbf{x}^{(k)}), \quad i = 1, \dots, m, \quad (3)$$

и ограничения в виде неравенств

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial g_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta x_j^{(k)} \geq g_i(\mathbf{x}^{(k)}), \quad i = m+1, \dots, p, \quad (4)$$

где $\Delta x_j^{(k)} = (x_j - x_j^{(k)})$. Метод аппроксимирующего программирования позволяет учитывать все ограничения, записанные в виде неравенств, и этим отличается от некоторых из рассматриваемых ниже методов, которые оперируют лишь активными ограничениями в виде равенств.

Метод Гриффита и Стюарта реализуется по следующей схеме. Пусть $\mathbf{x}^{(k)}$ – допустимая точка в R . Произведем замену нелинейных функций их линейными аппроксимациями, найденными в окрестности точки $\mathbf{x}^{(k)}$. Это приводит к соотношениям (2). Затем решим задачу линейного программирования, представленную этими соотношениями, при следующем добавочном условии:

$$\delta_j^{(k)} - |x_j^{(k+1)} - x_j^{(k)}| \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (5)$$

где $|x_j^{(k+1)} - x_j^{(k)}|$ – абсолютное значение приращения x_j ,

а $\delta_j^{(k)} > 0$ ($j = 1, \dots, n$) есть малая величина, ограничивающая длину шага при перемещении в том или ином направлении и, таким образом, не позволяющая вектору \mathbf{x} выходить за пределы допустимой области задачи (2). Решение задачи (2) с учетом (3) для разности $\mathbf{x} - \mathbf{x}^{(k)}$ при \mathbf{x} , обозначенном теперь как \mathbf{x}^* , дает:

$$\mathbf{x}^{(k+1)} = \mathbf{x}^{(k)} + (\mathbf{x}^* - \mathbf{x}^{(k)}).$$

Вычислив $\mathbf{x}^{(k+1)}$, мы многократно повторяем указанную выше операцию при постепенном уменьшении $\delta^{(k)}$ (с тем, чтобы довести отклонения элементов x до величины, определяемой принятым допуском), стремясь достичь такой ситуации, когда минимизирующая поправка к найденному на предыдущем шаге значению $f(\mathbf{x})$ оказывается меньше некоторого наперед заданного (малого) числа.

В задаче (2) дополнительные ограничения для x можно ввести и иным способом. Обозначим $\mathbf{x} - \mathbf{x}^{(k)}$ при $\mathbf{x} \geq \mathbf{x}^{(k)}$ через $\Delta^+ \mathbf{x}^{(k)}$, а при $\mathbf{x} \leq \mathbf{x}^{(k)}$ через $\Delta^- \mathbf{x}^{(k)}$. Тогда, прежде чем реализовать очередную аппроксимирующую процедуру, следует учесть ограничения для допустимых перемещений в пространстве решений, определяемые следующими соотношениями:

$$p_j^{(k)} \Delta^+ x_j^{(k)} + q_j^{(k)} \Delta^- x_j^{(k)} \leq m_j^{(k)}, \quad j = 1, \dots, n, \quad (6)$$

где

$$p_j^{(k)} = \max \left\{ 1, \frac{m_j^{(k)}}{U_j - x_j^{(k)}} \right\};$$

$$q_j^{(k)} = \max \left\{ 1, \frac{m_j^{(k)}}{x_j^{(k)} - L_j} \right\};$$

$m_j^{(k)}$ – максимально допустимое перемещение вдоль j -й оси координат на k -ом шаге;

L_j – нижняя граница для x_j ;

U_j – верхняя граница для x_j .

Если $\Delta^+ \mathbf{x}_j^{(k)} = 0$, то $p_j^{(k)} \Delta^+ \mathbf{x}_j^{(k)} \leq m_j^{(k)}$. Когда значение $\mathbf{x}_j^{(k)}$ близко к своему верхнему пределу, то есть $(U_j - \mathbf{x}_j^{(k)}) \approx 0$, то в $\{1, m_j^{(k)}/U_j - \mathbf{x}_j^{(k)}\}$ максимальным оказывается член $m_j^{(k)}/U_j - \mathbf{x}_j^{(k)}$. Следовательно, $\mathbf{x}_j - \mathbf{x}_j^{(k)} \leq U_j - \mathbf{x}_j^{(k)}$, или $\mathbf{x}_j \leq U_j$, то есть мы имеем гарантию, что \mathbf{x}_j не может превысить свое верхнее предельное значение. Аналогичные рассуждения применительно к условиям, когда $\Delta^+ \mathbf{x}^{(k)} = 0$, позволяют убедиться в том, что \mathbf{x}_j не может принимать значений, меньших L_j .

Соотношения (2) и (4) образуют систему линейных соотношений, которая и подлежит анализу с помощью методов линейного программирования. Первый шаг в процессе поиска решения данной задачи линейного программирования с помощью модифицированного симплексного метода заключается во введении в рассмотрение переменных еще двух категорий, а именно так называемых ослабляющих и искусственных переменных. С помощью ослабляющих переменных ограничения в виде неравенств преобразуются в ограничения в виде равенств. Используя для обозначения ослабляющих переменных символ u_i , можно записать ограничения, которые в (2) фигурирует как неравенства, в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial g_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta^+ \mathbf{x}_j^{(k)} - \sum_{j=1}^n \frac{\partial g_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta^- \mathbf{x}_j^{(k)} - u_i^{(k)} = -g_i(\mathbf{x}^{(k)}),$$

$i = m+1, \dots, p.$

где $u_i^{(k)} \geq 0$. Чтобы преобразовать в равенства ограничения (2), также используются ослабляющие переменные (обозначим их через v_j); в результате вместо (2) получим

$$p_j^{(k)} \Delta^+ \mathbf{x}_j^{(k)} + q_j^{(k)} \Delta^- \mathbf{x}_j^{(k)} + v_j = m_j, \quad j = 1, \dots, n.$$

Искусственные переменные w_i вводятся лишь с той целью, чтобы иметь возможность задать в качестве начальной допустимую точку в случае, когда начальный вектор \mathbf{x} оказывается вне пределов допустимой области. Путем включения искусственных переменных в ограничения получаем:

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial h_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta^+ \mathbf{x}_j^{(k)} - \sum_{j=1}^n \frac{\partial h_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta^- \mathbf{x}_j^{(k)} + w_i^{(k)} = -h_i(\mathbf{x}^{(k)}),$$

$i = 1, \dots, m,$

и

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial g_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta^+ \mathbf{x}_j^{(k)} - \sum_{j=1}^n \frac{\partial g_i(\mathbf{x}^{(k)})}{\partial x_j} \Delta^- \mathbf{x}_j^{(k)} - u_i^{(k)} + w_i^{(k)} = -g_i(\mathbf{x}^{(k)}),$$

$i = m+1, \dots, p.$

где $w_i \geq 0$ Искусственные переменные, отличные от нуля, если условие, определяемое соответствующим ограничением, не удовлетворяется. Применение модифицированного симплексного метода позволяет обратить каждую из искусственных переменных в нуль путем минимизации $\sum w_i$. Пока на каждом шаге процесса поиска получаемое решение оказывается доступным, метод аппроксимирующего программирования работает весьма быстро. Однако в случае, когда на каком-либо шаге вектор \mathbf{x} , дающий минимизирующую поправку к значению целевой функции $f(\mathbf{x})$, выходит за пределы допустимой области, процесс в значительной степени замедляется. В ходе линейного программирования в начале стремятся удовлетворить ограничения, не позволяющие вектору \mathbf{x} выходить за пределы допустимой области, а затем пытаются улучшить значение целевой функции. При этом не исключена возможность того, что решением (2) и (4) на следующем шаге снова будет такой вектор \mathbf{x} , который, обеспечивая минимизирующую поправку к полученному ранее значению $f(\mathbf{x})$, окажется в недопустимой области. Таким образом, как только сразу несколько ограничений становятся активными, МАП начинает работать весьма медленно. Следует отметить, что, поскольку на каждом этапе минимизации осуществляется полная релinearизация рассматриваемой задачи, вся ранее полученная информация становится бесполезной; следовательно, МАП может быть применен для решения невыпуклых задач. Промежуточные решения при использовании МАП являются либо допустимыми, либо близкими к допустимым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Умбетов, У. Децентрализованное управление многомерными объектами с декомпозицией по ситуациям. / У. Умбетов и др. //ISSN0002-3191. – Известия. НАН РК. Сер.физико-математическая. – 2007. – №1. – С. 82-85.
2. <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=MO/base.cou>
3. <https://textbook.news/optimizatsiya/priblijennoe-reshenie-zadach-vyipuklogo-42975.html>

Материал поступил в редакцию 30.11.17.

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR DETERMINATION OF THE OPTIMUM CONCENTRATION OF HARMFUL COMPOUNDS IN INDUSTRIAL EMISSIONS

U.U. Umbetov¹, B.A. Hu Ven-Cen², A.E. Arginova³

^{1,2} Doctor of Engineering Sciences, Professor, ³ Master Degree Student

^{1,3} M.Kh.Dulati Taraz State University (Taraz), Republic of Kazakhstan

² M. Auezov South Kazakhstan State University (Shymkent), Republic of Kazakhstan

Abstract. *This article describes the development of an algorithm for determining the optimum concentration of harmful compounds in industrial emissions. In this paper, the problem of determining the minimum concentration is considered using the non-linear programming method. The method of nonlinear programming is divided into two methods: the steepest descent method and the approximating programming method. The task of such an algorithm is to find such a ratio of the concentrations of the initial substances at which the lowest concentration of the harmful compound formed as a result of the chemical reaction of the starting substances is formed.*

Keywords: *method of the nonlinear programming, method of the approximating programming, method of the quickest lowering descent, determination of harmful connections concentration.*

Historical sciences and archeology
Исторические науки и археология

УДК 902, 6 (575). 908

**ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ УРБАНИЗАЦИИ ЮЖНОГО
ПРИАРАЛЬЯ В ЭПОХУ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ**

О.Ш. Кдырниязов, докторант

Каракалпакский государственный университет им. Бердаха (Нукус), Узбекистан

***Аннотация.** В статье изучается история урбанистических процессов в Южном Приаралье в средневековую эпоху, выявляются их особенности и характерные черты. Здесь на территории Хорезмского оазиса и вдоль чинка Устюрта в средние века сложилась археологическая культура с характерными признаками. Черты материальной культуры городов имеет свои корни. Кроме того, имеются некоторые элементы культурного взаимодействия с соседними городскими центрами и кочевой степью Арало-Каспия.*

***Ключевые слова:** Приаралье, средневековый Хорезм, городская культура, этапы, взаимодействие.*

В Южном Приаралье в древности и средневековье образовалось государство Хорезм, территория этого объединения охватило нынешнюю территорию Узбекистана, юго-запад Казахстана и северную Туркмению. Анализ исторических источников, материальных артефактов, датируемых древними периодами, дает основания считать, что этот регион, как историко-культурная область, был центром урбанизации и этногенетических процессов. Археологические культуры средневековой эпохи в Южном Приаралье исследователи разделяют на афригидскую (IV-VIII вв.), хорезмшахскую (XI-нач.XIII вв.), хорезмско-джучидскую (XIII-XIV вв.) и Темуридскую (XIV-XV вв.). В афригидском этапе по-прежнему сохраняются prerogatives древне хорезмийской культуры. Однако начинается стадия упадка античных традиций в урбанистической цивилизации, стагнация в экономике и материальной культуре. В этот период в Южном Приаралье начался симбиоз народов, синтез культуры кочевого и оседлого населения, сплав образцов материальной культуры. Это было связано с Великим переселением народов с Востока на Запад (IV-VII вв.). Новая волна тюркоязычных кочевых племен из Центральной Азии привели к кардинальным изменениям этнического состава населения городов Хорезма. По данным краниологического материала (Миздахкан, Ток-кала, Наринжан, Пулжай 3) произошла монголизация физического типа населения и тюркизация части ираноязычных земледельцев и горожан. В рассматриваемую эпоху интенсивно протекает синтез обычаев, верований, обрядов и культур ираноязычных и тюркоязычных народов Средней Азии. С другой стороны, в середине I тысячелетия нашей эры здесь под влиянием мусульманской цивилизации и сдвигов социально-этнических отношений, внутри страны начался новый средневековый этап урбанистических процессов. Этому способствовали различные факторы (географический и экономический потенциал, этнические связи и другие). Здесь, в Южном Приаралье, процессы культурогенеза урбанизации, как и в предыдущие эпохи, связаны со спонтанной трансформацией местных культурных традиций и культурной интеграцией. После длительного перепада политической, экономической и культурной жизни, связанного с распадом античной культуры, постепенно расширяются процессы урбанизации в дельте Амударьи. Здесь немаловажную роль играли пласты культурного наследия древнехорезмийской цивилизации. Древняя практика использования ирригационных систем, традиция градостроительства и высокие навыки ремесленной промышленности имели немаловажное значение для генезиса и развития новых археологических культур раннесредневековой эпохи.

Письменные источники, в данном случае по свидетельству ат Табари и Белазури, говорят о том, что городами Хорезма этот период были Кят-Кас, Хазарасп и Ургенч. Самым укрепленным был Мадинат ал Фир (Кят) и Хазарасп. В VII-VIII вв. город Мадинат ал Фир состоял из трех частей – «трех городов», окруженных общим валом [2; 8]. Однако, согласно новым археологическим работам, в раннесредневековом Хорезме было больше городов, чем сказано у ат Табари. Так, по данным свода археологических памятников Республики Каракалпакстан и Хорезмского оазиса, составленного каракалпакскими археологами еще в 60-70-гг. XX в. в VI-VIII вв., в прибрежной полосе Левобережья существовали Хива, Хазарасп, Воянган–средневековый Ардахушмиман [7], городок Алма Атышкан – Савкан. Раннесредневековая керамика найдена в Джигербенте [3], Садваре и Дарган [10]. В Левобережье вдоль Шахристанской дороги через пески Каракумов в Хоросан были города Замахшар-Змукшир и Шах Сенем-Субурна. В этих городах на основе античных слоев жизнь поддерживались и в VII-VIII вв. Благодаря проведенным археологическими исследованиям в Ургенче (Гургандж) в холме Кырк-мулла «обнаружены развалины древнего укрепления с мощной крепостной стеной и квадратными башнями (IV-III вв. до н.э.)

и «многочисленные фрагменты раннесредневековой керамики» (VII-VIII вв.) [13]. В Правобеежной части Амударьи, кроме столичного Кята, продолжают существовать Шурахан, Наринджан, Гульдурсун, Джампык-кала и Багдад [4; 12]. В ходе проведения новых археологических работ установили, что вблизи Аяз-калы 2 начал складываться городок (25 га) [9]. Е.Е. Неразик в свете исследований раннесредневековых среднеазиатских городов в последних десятилетиях определяет, что Беркут-кала (более 6 га) «считается городским поселением, сформировавшимся возле крупнейшего замка оазиса» [10]. При этом, город состоял из двух частей: «южной» четырехугольной и «восточной» неправильной конфигурации, т.е. имел двухчастное деление городского типа. Это древняя планиграфическая традиция в Хорезме известна из античных памятников (Акшахан-кала, Топрак-кала и др.). В северной части Каракалпакстана, в раннесредневековой области Кердер, расцветают городские поселения типа Курганча, Куйик-кала (Чимбай), Хаиван-кала (Кердер), Ток-кала (Дарсан) и городище на возвышенности Крантау-Кран-кала [1]. С учетом этих городов, имеющих крупные и мелкие размеры, число городов Хорезма превышает десятки урбанистических центров. Формирование этих городов «весьма характерный признак» для урбанистической цивилизации раннесредневекового Хорезма. Среди них наиболее крупными являлись Куйик-кала (44 га), Ток-кала (8 га), Хаиван-кала (500x500 м), Хива (26 га) и ал Фир-Кят. Последний, столичный город, по словам Белазури, «был самым укрепленным», «это и есть Самарканд», «просто Самарканд», т.е. территория ал-Фир намного превосходила другие хорезмийские города [2]. Здесь он, видимо, имел объемы городских построек. Однако об этом трудно судить, город неоднократно разрушался трансгрессией воды Окса (Джейхуна). Тем не менее, сравнительный анализ новых археологических данных показывает, что количество городов раннесредневекового Хорезма мало отличалось от других городских поселений среднеазиатских феодальных государств (например, городов Согда) [10]. Необходимо отметить, что большинство городов расположено вдоль торговых трасс. Тюркская делегация (руководитель Маниах), возвращающаяся из Византии во главе с киликийцем Земархом, «двигались по цепочке крепостей» юго-восточного Арала, пишет источник [11]. В целом, культурогенез урбанистической археологии Хорезма раннесредневековой эпохи имеет свои особенности. Наряду с этим культура Афригидов и Кердера имеют некоторые сходства с раннесредневековой культурой других регионов Средней Азии. Но в культуре Хорезма еще сохраняются некоторые традиционные элементы предыдущих эпох. В последующие эпохи эти черты трансформируются, переплетаются с инновационными показателями.

Этот процесс в истории цивилизации Хорезма наблюдается и в культурогенезе археологических культур эпохи развитого средневековья (X-XI вв., XIV-XV вв.). Остатки былых феодальных уделов, в связи с ослаблением господства арабского халифата, объединились вокруг мощных государственных объединений, каждое из которых имело свою правящую династию. За этот многовековой период на территории оазиса и Приаральского региона можно выделить основные этапы урбанистической цивилизации средневекового Хорезма X-XV вв.

X-XI вв. – это время правления династии хорезмшахов Мамунидов (995-1017 гг.). В условиях стабилизирующихся феодальных отношений продолжалось развитие городской культуры. Выгодное географическое положение и транзитная торговля, контакты земледельцев с кочевой степью способствовали экономическому упрочению области. В XII-начале XIII в. – хорезмшахский период (ануштегиниды 1097-1231 гг.), урбанизационные центры городов выявляются во всех регионах Южного Приаралья. Совокупность археологических и письменных источников отражает громадный шаг вперед экономики и культуры области по сравнению с предшествующими периодами (VII-X вв.). Подъем цивилизационной ситуации наблюдается и в развитии производительных сил, особенно ремесла. Строятся новые элементы городской цивилизации, архитектурные сооружения и их богатый декор, глазурованная кашинная продукция. Урбанистический процесс захватывает северо-западные окраины оазиса. Вдоль Восточного чинка плато Устюрт бурно развиваются торгово-ремесленные поселения городского типа.

Новый этап развития урбанизации в Южного Приаралья – это хорезмско-джучидский период (1221-1388 гг.). Этот отрезок исторического процесса имеет три этапа развития: раннезолотоордынский (восстановление домонгольских городов); второй этап-развитие градостроительства, экономики и духовной жизни (1310-1360 гг.); третий этап-ослабление градостроительной культуры (вызван передвижением новой волны кочевников из Дешти-Кыпчака) (1370 г.-конец XIV в.).

Правления Амир Темура и Темуридов (1388-1500) в землях Хорезма благоприятствовало развитию культурной жизни. В этот период расцвет городской культуры Хорезма продолжается. Через Хорезм осуществляется безопасность северных границ централизованного государства, развиваются города, ремесла, торговля, интегрируется культура.

Одной из отличительных особенностей процесса урбанистической цивилизации в средневековом Хорезме следует считать возникновение ряда городов в результате взаимоотношений хорезмийского населения с кочевой степью. В связи с этим, особый интерес представляют действия этно-демографического фактора на развитие урбанистического процесса. В средневековую эпоху возникли торгово-ремесленные поселения возле крепостей на периферии, в контактных зонах (Пулжай, Бограхан, Шемаха-кала, Топрак-кала (Кунградская) и др.). Археологический материал этих городищ представляет собой сплав хорезмийских традиций и влияний извне, из сопредельных районов огузских и кердерских владений [5; 15], что свидетельствует о начавшемся ранее (IX-XI вв.) и продолжавшемся в XIII-XIV вв. проникновении в города Хорезма новых этнических элементов, постепенной тюркизацией им коренного населения. Таким образом, одна из причин активизации процесса урбанистической цивилизации – это взаимовлияние оседло-земледельческой культуры и культуры кочевников Арало-Каспия.

В целом, за этот многовековой период на территории оазиса и Приаральского региона можно выделить основные этапы, характерные признаки урбанистической цивилизации и культурогенеза археологии Хорезма X-XV вв. В это время произошёл ряд кардинальных событий в культурной жизни не только Хорезма, но и в странах Востока и Запада. На огромной территории от Гибралтара до границы Китая образовалась элитарная языковая субкультура на основе арабского алфавита и арабского языка. Это привело к интеграционному процессу в культуре Центральной Азии и мусульманского Востока. Это весьма заметно в архитектуре, археологических артефактах (керамике, стекло, торевтике и декоративном искусстве) и письменности мусульманского мира.

Этот процесс особенно развивается в эпоху хорезмско-джучидской культуры (Золотой Орды). Хорезм тогда способствовал исламизации кочевого мира Арало-Каспийского региона. Почти во всех периферийных городах Хорезма таких, как Ербурун кала (Хан Терсек), Малая Айбуйр кала, Ай Ата, Куланлы, Кияжол, Урга, Аджибай, Курганча и караван, сараях Белеули и др. имеются мусульманские могильники, сохранившие элементы языческой, доисламской погребальной обрядности. В целом, в эпоху Золотой Орды Хорезм духовно оказывал огромное влияние на Джучиев улус. Его представители – суфийские шейхи, являвшиеся наставниками ханов, обретают здесь значительную политическую силу. Эти показатели социально-экономических институтов свидетельствуют о взаимодействии в системе цивилизационных отношений в средневековом Хорезме.

Урбанизационные процессы в Хорезме в средневековую эпоху происходили под влиянием таких факторов, как образование или начало создания централизованного государства в лице государства афригидов, мамунидов, хорезмшахов – ануштегинидов. Наблюдается усиление урбанистической цивилизации не только в центре оазиса, но и периферийной зоне. Это также связано с образованием ветви Великого Шелкового пути с Востока на Запад и милитаризацией государства, внешними завоеваниями за пределами области. На трассах выросли новые торгово-ремесленные города, в которые приезжие ремесленники, культуртрегеры, купцы привозили элементы культуры из центров более глобально развитых цивилизаций, обычаи, религиозные верования, а также идеи гуманизма. В городах Южного Приаралья перекрещивались интересы христианства, ислама, возможно и верования кочевого мира Арало-Каспия. Причем воспринималась не только религия, но и весь комплекс культуры. Например, из запада мусульманского мира пришли: идея захрия, архитектурные приемы, философские идеи, письменность (арабский), литературные традиции и другие обычаи. На территории мусульманского мира образовалась единая письменность-арабская, принятая и тюркоязычными народами Центральной Азии и населением Хорезмского оазиса и Арало-Каспия. Общность языка и письменность являлись определяющими факторами, они же способствовали единению обитавшего на огромной территории хорезмского государства разнотинического населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиров, Ш.Ш. Кран-кала / Ш.Ш. Амиров // Археология Приаралья (АП). Вып. VIII. Ташкент: «ФАН», 2008. – С.10-28.
2. Ахмад ибн Йахйя ибн Джабир ал Балазури. Завоевание Хорасана (Извлечение из сочинения «Футух ал-Булдан»). Перев. с арабск., предисловие, комментарий и указатели к.и.н. Г Гоибова. – Душанбе: «Дониш», 1987. – С.80. – прим. № 223.
3. Вишневская Н.Ю. Ремесленные изделия Джигербента (IV в. до н.э.-начало XIII в.н.э.). / Н.Ю. Вишневская –М.: «Восточная литература», 2001. –С. 23-26. – 175 с.
4. Доспанов, О.Т. Джампык кала-средневековый город Хорезма / О.Т. Доспанов // (каракалп.яз.). –Нукус «Каракалпакстан»,1992. – 104 с.
5. Древняя и средневековая культура юго-восточного Устюрта. –Ташкент «Фан», 1978. – С.235.
6. Кдырнязов, М.-Ш. Культура Хорезма в XIII-XIV вв. / М.-Ш. Кдырнязов –Самарканд «Zarafchon», 2015. – С.31-69.
7. Мамбетуллаев, М. Городище Воянган / М. Мамбетуллаев и др.// АП. – Ташкент «Фан», 1982. – Вып. 2. – С.86-93.
8. Материалы по истории туркмен и Туркмении. – Том 1. Арабские и персидские источники. –М.-Л., 1939. – С.172.
9. Неразик, Е.Е. Хорезм в IV-VIII вв. / Е.Е. Неразик // Средняя Азия в раннем средневековье – Археология. – М.: Наука, 1999. –С.33.
10. Неразик, Е.Е.Формирование раннесредневекового общества в низовьях Амударьи. / Е.Е. Неразик – М.: Гриф и К, 2013. – С.53.
11. Пигулевская, А.В. Византия на пути в Индию. / А.В. Пигулевская –М.:Л, 1951. – С. 200-207.
12. Торебеков, М.Т. Раскопки городища Багдад-кала в дельте Амударьи / М.Т. Торебеков и др. // Вестник Вестник Каракалпакского Отделения АН Республики Узбекистан. – 2001. – № 3. – С.80-84.
13. Юсупов Хемра. Сердце древнего Хорезма. – Ашгабат: «Юрт» / Х. Юсупов.– 1993. – С.23.
14. Ягодин, В.Н. Стреловидные планировки Устюрта / В.Н. Ягодин // АП. Вып. V. – Ташкент «Фан», 1991. – С. 173-175.

Материал поступил в редакцию 28.11.17.

**CHARACTERISTIC URBANIZATION FEATURES
OF THE SOUTHERN ARAL IN THE MIDDLE AGES**

O.Sh. Kdyrniyazov, Doctoral Candidate
Karakalpak state university named after Berdakh (Nukus), Uzbekistan

***Abstract.** The article studies the history of urban processes in the South Aral region in the Middle Ages, reveals their features and characteristics. Here, in the territory of the Khorezm oasis and along the chines of Ustyurt, archeological cultures with characteristic features developed in the Middle Ages. The cultural material of cities has its roots. In addition, there are some elements of cultural interaction with neighboring urban centers and the nomadic steppe of the Aral-Caspian Sea*

***Keywords:** Aral region, the medieval Khorezm, urban culture, stages, interference.*

УДК 902/904

ЖИЛИЩА САМАРКАНДА В ЭПОХУ КАРАХАНИДОВ

М.М. Саидов, младший научный сотрудник

Институт археологических исследований Академии Наук Республики Узбекистан (Самарканд), Узбекистан

***Аннотация.** В статье анализируются результаты изучения самаркандской строительной культуры на основе археологических материалов Афрасиаба. Во время раскопок в объекте № 47 был обнаружен каркасный дом XI-XII вв., который представляет собой одну из планировок домов хорошо известных для Самарканда и Бухары до XX века. Эта традиционно сложившаяся на протяжении многих веков планировка отличается консервативностью основных элементов конструкции. Раскопанный дом позволяет выявить некоторые особенности топографии и социальной структуры Афрасиаба в эпоху Караханидов.*

***Ключевые слова:** Каркас, дом, Афрасиаб, двор, очаг, айван, суфа, фундамент.*

Жилища являются созидательной и творческой деятельностью человека, на основе которых можно оценить социально-экономической, культурной, этнической и духовной жизни. В связи с этим в исторической науке исследование жилищ занимает важное место в понимании взаимоотношений древнего города и сельской округи, а также роли городского ремесла и социального строя общества. В процессе археологических работ, проведенных на городище Афрасиаб были вскрыты жилища XI-XII века, которые позволяют выявить черты городских согдийских домов, принадлежавших лицам различных социальных слоев общества – ремесленникам, мелким торговцам, чиновникам невысокого ранга.

В данной публикации рассматриваются архитектурные остатки дома, находящегося на объекте 47 городища Афрасиаб. Он расположен в юго-западной части, внутри второй крепостной стены Афрасиаба. Данный участок был раскопан А.А. Анарбаевым в 1978-79 годах, а с 2014 года исследуется автором статьи.

В результате раскопок выявлено более 30 помещений, в которых были открыты три строительных периода (VI-VII; вторая половина XI – конец XII вв.; конец XII – начало XIII вв.). Следует отметить, что для раннесредневекового периода постройки не были строго ориентированы по сторонам света. Такая ориентировка сохранилась и для последующих периодов.

Наиболее лучше представлен II период, в котором частично открыт один дом целиком из сырцовых кирпичей, и полностью два дома каркасного типа. Между домами вскрыта тупиковая улица шириной 2,60 м. Она вымощена сланцем и булыжником с Чупанатинских гор, толщина грунтового слоя которой на поверхности составлял 5-6 см.

На северо-востоке улицы расположен дом №2 размерами 7,5x7,9 м, состоявший из 5 помещений и двора по центру размерами 2,55x3,30 м, вымощенный жжеными кирпичами (27x15x4; 28x16x4; 30x17x4-5 см). Уровень двора ниже, чем полы помещений на 10-15 см. В центре двора выявлен ташнау. На юго-восточном углу двора имеется приподнятая площадка (1x0,35), где отмечены остатки очага.

Стены дома каркасные, за исключением северо-восточных и северо-западных. Северо-восточные и северо-западные стены возведены из сырцового кирпича размерами 35x17x6; 36x18x7 см. От каркасных стен сохранился только фундамент, который выложен в один ряд из жженных кирпичей размерами 22x22x5 см, выше на 10-14 см от уровня пола. Разрез юго-западного угла данного участка показывает, что возведению фундамента придавалось особое значение. Вначале был вырыт котлован, в основание которого складывались рваные камни, затем шла сырцовая кладка (35-37x16-18x6-7см) в три ряда и только потом два ряда из жженого кирпича. Нижний ряд последнего состоял из целых и обломков кирпичей, а верхний – из целых квадратных. Поверх фундамента сохранился 2-3 см глиняно-саманный раствор. Собственно каркас не сохранился, лишь местами выявлена древесная труха.

Помещение 12 расположено в северо-западном углу дома размерами 2,30x2,80 м.

Помещение 13 находилось к юго-западу от помещения 12. Его размеры составляют 4,80x2,80 м. В ней зафиксирована площадка с керамическим очагом традиционной формы – в виде подковы, размерами топочного проема в 32 см. На его стенках местами отмечены следы копоти, но без следов длительного огня. Внешне стенки очага оформлены в виде выпуклых валиков с заостренными концами и рифленной поверхностью, стоящие по три ряда. Фриз оформлен ромбами в насечку. По центру его внутренней поверхности выпукло выступают пара стилизованных фигурных колонок. Остальная часть стенки очага оформлен в виде геометрических орнаментальных мотивов, датируемые XI-XII вв. [Пугаченкова, Ремпель, 1972. С. 206-234; Соколовская, 2015. С. 133-134].

Помещение 14 (1,70x2,5 м) расположено с юго-восточной стороны помещения 13. Пол помещения очень хорошо утрамбован и имеет слоистый характер. С южной стороны он граничит с улицей, а с северной – двором.

Помещение 15 (2,3x1,70 м) находится в юго-восточном углу дома. Пол помещения относительно ровный. В центре помещения имеется яма диаметром 0,9 м.

Помещение 16 (1,70x2,5 м) расположено к северу от помещения 15. Северо-восточная стена помещения имеет плохую сохранность. В помещении зафиксированы остатки керамического очажка.

К северу востока от двора, между помещениями 12 и 16 расположена суфа (2,8x2,5 м) высотой 40 см, край которой выложен из целых и фрагментов жженных и сырцовых кирпичей, а внутри утрамбованный грунт с глиняно-саманной обмазкой поверху. Обмазка сохранилась только на восточном конце суфы. Северо-восточная стена являлась общей как для суфы, так и для помещений 12 и 16. Также надо отметить, что полы помещений находятся на одном уровне.

Датировка дома основана на достаточно большом количестве глазурованной и неглазурованной керамики. Время постройки определяется не ранее середины XI века. Близкие по времени и тождественные по планировке жилые дома были раскопаны в Пайкенде [Зимин, 1915. С. 1-15] и в Варахше [Шишкин, 1963, С. 97-105].

Сравнительный анализ жилых домов Афрасиаба, Пайкенда и Варахши отчетливо показывает на сходство их архитектуры и единство планировочного решения, хотя отмечаются и локальные особенности. Например, площадь афрасиабского дома составляет 59,25 м², варахшинского дома – 75 м², а пайкендского дома – 102 м².

К сожалению, из-за плохой сохранности каркасных стен невозможно определить проходы между помещениями. Но сопоставление археологическими и этнографическими данными можно реконструировать функциональное назначение помещений.

На основании этнографических данных можно предположить, что помещение 14 исполняло функции «дарвозахона» (вестибюль) – сооружение у входной калитки или ворот. По сообщению одного исследователя «из уважения к традиции и стремление не застать семью врасплох до последнего времени, сохраняется обычай строить помещение для приема посторонних людей, особенно чужих мужчин, в помещение, сооруженном у входа, куда можно войти, не тревожа остальных обитателей дома» [Писарчик, 1975. С. 129]. Из этого помещения можно было заходить во двор, где располагалась летняя кухня-ошхона. С северо-восточной стороны двора на месте суфы была расположена «пешайван» – крытая терраса.

Известно, что сочетание из двух комнат и айвана, расположенного между ними, довольно часто встречались в самаркандских домах, так как считались наиболее традиционным и самой удобной схемой плана жилья. При этом комнаты были либо обе жилые, либо одна жилая, а другая хозяйственная [Писарчик, 1975. С. 24]. Со двора можно было заходить в помещения 13 и 16, которые считались жилыми помещениями. Обнаруженные в этих помещениях керамические очажки использовались для отопления и приготовления пищи [Саидов, 2014. С. 78-84]. Помещения, расположенные к ЮВ от помещения 16 можно считать кладовым с хозяйственной ямой.

Для возведения стен были использованы одинарные каркасные стены, которые являлись преобладающими с конца XIX и начала XX века в жилой архитектуре Самарканда. Стены штукатурились снаружи саманной глиной, а изнутри ганчхоком (в жилых помещениях) или саманной глиной (в хозяйственных). Толщина оштукатуренных одинарных каркасных стен доходила до 21-22 см [Ремпель, 1960. С. 201]. Дом был перекрыт деревянными балками, которые по верху покрывались земляным настилом.

Из вышеприведенных описаний можно предположить, что афрасиабский дом представляет собой одну из планировок домов хорошо известных для Самарканда и Бухары до XX века. Эта традиционно сложившаяся на протяжении многих веков планировка отличается консервативностью основных элементов конструкции. Центром таких домов был прямоугольный двор, вокруг которого располагались помещения. Дома могли быть маленькими и бедными, с ограниченным количеством помещений, или богатым, но принцип планировки оставалась одинаковым.

Раскопанный нами дом позволяет выявить некоторые особенности топографии и социальной структуры Афрасиаба в XI-XII вв. Во второй половине XII века северо-восточная часть городища заново обживается, после длительного периода запустения с VIII в. Незначительность площади домов недвусмысленно указывает на дороговизну земельных участков под строительство для этого периода. Из-за отсутствия следов какой-либо производственной деятельности можно утверждать, что дом принадлежал рядовому горожанину, мелкому торговцу или чиновнику невысокого ранга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимин, Л.А. Отчет о весенних раскопках в развалинах Старого Пайкенда / Л.А. Зимин // ПТЛА. – Год 19. – Вып 2. – Ташкент, 1915.
2. Зимин, Л.А. Отчет о летних раскопках в развалинах Старого Пайкенда / Л.А. Зимин // ПТКЛА. – Год 19. – Вып 2. – Ташкент, 1915.
3. Писарчик, А.К. Народная архитектура Самарканда. / А.К. Писарчик – Душанбе, 1975.
4. Пугаченкова, Г.А. Самаркандские очажки / Г.А. Пугаченкова и др. // Из истории искусства великого города. – Ташкент, 1972.
5. Ремпель, Л.И. Архитектура старого Джуйбара / Л.И. Ремпель // Архитектурное наследие Узбекистана. – Ташкент, 1960.
6. Саидов, М.М. Самаркандские средневековые терракотовые очажки и их место в жилищах / М.М. Саидов // Археология Узбекистана. – Самарканд, 2014. – №1(4).
7. Соколовская, Л.Ф. Неглазурованная керамика средневекового Самарканда как фактор экономики городского ремесла (по материалам Афрасиаба конца VII- началоXIII в.). / Л.Ф. Соколовская // Археология Центральной Азии: Архивные материалы. – Том. I. – Самарканд: МИЦАИ, 2015.
8. Шишкин, В.А. Варахша / В.А. Шишкин. – М., 1963.

Материал поступил в редакцию 28.11.17.

SAMARKAND DWELLINGS IN THE ERA OF THE KARAKHANIDS

M.M. Saidov, Research Assistant

Archaeological Research Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Samarkand), Uzbekistan

Abstract. *The article analyzes the results of a study of the Samarkand construction culture based on archaeological materials of Afrasiab. During excavations the frame house of the XI-XII centuries, which represents one of popular house plannings in Samarkand and Bukhara till the 20th century has been found in the object № 47. This planning, which has traditionally developed throughout many centuries, differs in conservatism of basic elements of a design. The excavated house allows to reveal some features of the topography and social structure of Afrasiab in the era of the Karakhanids.*

Keywords: *frame, house, Afrasiab, yard, fireplace, iwan, sufa, foundation.*

Study of art
Искусствоведение

УДК 7.072

А. СПЕНДИАРОВ И ОРИЕНТАЛИЗМ: ВЗГЛЯД А. АДАМЯНА

М.М. Мависакалян, соискатель
Институт искусств НАН, Армения

***Аннотация.** Степень изученности научного наследия одного из основоположников советской эстетики Аршака Абгаровича Адамяна (1884-1956) и по сей день не соответствует масштабам личности этого выдающегося ученого. В статье представлена малоизвестная позиция А. Адамяна по вопросу сущности ориентализма и оценки творчества классика армянской музыки А. Спендиарова.*

***Ключевые слова:** А. Адамян, ориентализм, восточная культура, А. Спендиаров.*

Одной из примечательных страниц теоретического наследия А. Адамяна является анализ феномена ориентализма, осуществленный ученым в его статье «А.А. Спендиаров и культурная музыка армян».¹

В своих рассуждениях А.Адамян опирается на марксистское учение об экономике как базисе общества и общественном сознании как его надстройке, давая, соответственно, *социально-экономическое* обоснование этой форме отношений между Востоком и Западом.

«Ориентализм, Восток в европейском искусстве, – пишет А. Адамян, – есть продукт европейской культуры, или точнее – идеологический продукт европейской экономики. В прошлом наличие определенных социально-экономических условий, в которых развивалось европейское общество, оказалось необходимым и достаточным для того, чтобы художественный интерес этого общества был направлен в сторону Востока. Не с тем, чтобы понять его духовную культуру, еще меньше чтобы ей подчиниться, но с единственной целью овладеть материальными его богатствами, это общество научилось строить в своем воображении заманчиво-прекрасные образы этого Востока»[1; 3-4]. Общественно-историческая роль ориенталистского искусства сводится, по А. Адамяну, к тому, «чтобы организовать и поддерживать волю к порабощению Востока» [1; 20].

«Наивная фантастика», «маскарад», «стилизация» (при этом – «отвратительная»), «экзотическое блюдо, вкусное и пряное в меру европейского желудка, доброкачественно приготовленное на европейской кухне по священным правилам европейской кулинарии»[1; 7] – вот лишь некоторые из характеристик, которыми награждает ориентализм А.Адамян.

Рассуждения А. Адамяна могут показаться чересчур идеологизированными – в советских традициях разоблачения империализма/колониализма - и поэтому небесспорными. Тем не менее они даже мягки по сравнению с резонансной книгой американского ученого палестинского происхождения Эдварда Вади Саида «Ориентализм» (1978г.), где ориентализм представлен как «западный стиль доминирования, реструктурирования и осуществления власти над Востоком» [2; 6], как «распространение геополитического сознания на эстетические, гуманитарные, экономические, социологические, исторические и филологические тексты» [2; 14], и т.п.; или же рассуждениями в книге американского историка искусств Линды Нохлин «Воображаемый Восток» (1983) о том, что искусство художников-ориенталистов давало зрителю ощущение «морального, нравственного превосходства белого человека, европейца, над человеком восточным и служило оправданием власти Запада» [4] (не говоря уже о ее психоаналитических интерпретациях: по мнению Л.Нохлин, «для ориентальных художников Восток был всего лишь фоном, на который они проецировали свои фантазии, свои страстные желания, эротические, садистические или одновременно и те, и другие» [4]).

Но важно не это: важна конкретная практическая цель адамяновского анализа сущности ориентализма. Цель эта – доказать неправомерность использования определения «ориенталист» в отношении А.Спендиарова. «Я не знаю ошибки более грубой и оценки более обидной, чем отнесение Спендиарова к ориенталистам»[1;5],- пишет А.Адамян; несмотря на то, что «всю свою значительность и свою индивидуальность Спендиаров приобрел через Восток, ориенталистом Спендиаров не был никогда» (подчеркнуто нами – М.М.) [1;3].

Для обоснования своей точки зрения А.Адамян вырисовывает обобщенный образ ориенталиста. Это – европеец, который, при всей преданности Востоку, сам в его культуре не участник. Музыка его и творческое мышление тоже всегда европейские; наконец, аудитория, призванная судить о художественной правде его музыки, тоже сугубо европейская. Заимствуя на Востоке «тематику, ритмику и другие моменты творческой работы, ориенталист весь этот материал подчиняет логике и канонам европейской культуры» [1;6], превращая его в «отвлеченные, безжизненные, ни с какой реальной природой не связанные, никакого внутреннего сопротивления»

ния не оказывающие краски, послушные художественному вкусу и творческому капризу европейца» [1; 6-7].

А. Спендиаров, по убеждению А. Адамяна, художник Востока. Он не мог быть художником европейского общества, поскольку не отражал процессов, переживаемых в европейском обществе, не воплощал его эстетических заданий и не подчинял себя его художественной правде. Задачей А.Спендиарова было «не дать Европе узнать Восток, а дать Востоку узнать себя самого» [1; 21].

Творческая воля А. Спендиарова, воспитанная одновременно как на европейской, так и на восточной культуре, стремилась, по А. Адамяну, отразить самостоятельные требования обеих культур – в отличие от творческой воли ориенталиста, отражающего требования одной-единственной – европейской культуры.

То, чего удалось достичь в музыке А. Спендиарову, А. Адамян определяет, как *творческое преодоление*, в отличие от принципа *заимствования* – использования в качестве «бездушных абстракций» элементов чужой культуры, одинаково характерного как для искусства ориентализма, так и для армянской дореволюционной музыки: сумев овладеть европейской культурой, композитор преодолевает ее, опираясь на культуру Востока. Европейские ресурсы подчинены им логике восточной музыки, но при этом они «не только не являются механическим придатком к живой речи, не только не выпадают из органической ткани художественного рисунка, но ... подчеркивают единую и общую для всей его преобразованной музыки закономерность движения» [1; 24].

В свете вышесказанного А. Адамяном определяется и сущность новаторства А. Спендиарова: в отличие от новаторства композитора-европейца, в преодолении старой культуры знаменующего новый этап той же, преодоленной им, культуры, новаторство А. Спендиарова заключается в том, что его искусство, творчески преодолевая европейскую культуру, открывает новую стадию *уже в другой – восточной культуре*.

Итак, позиция А. Адамяна однозначна и бескомпромиссна: «ориенталистом Спендиаров не был никогда».

Тем не менее, в армянской музыковедческой литературе понятие «ориентализм» достаточно часто фигурирует рядом с именем А. Спендиарова, и тоже, в определенном контексте, вполне обоснованно. В этой связи считаем, в частности, немаловажным различие ориентализма европейского и русского, чего сознательно не делает А. Адамян.²

Разумеется, как справедливо отмечает Н.Шахназарова, «русский ориентализм оставался и *русским и ориентализмом*», поскольку «обращение к образам Востока диктовалось целями и задачами искусства русского, а не восточного» [3; 10]. Тем не менее, по сравнению с европейским, в русском ориентализме в целом наличествует меньше экзотики³ и больше реализма, что не в последнюю очередь обусловлено географическим положением России и континентальным характером Российской империи. Ведь если, к примеру, для Британской империи, Франции и других западных стран Восток – это «*заморские*» территории, то для России – тот же Кавказ или Крым, где хотя бы раз в жизни побывали едва ли не все деятели русского искусства. Творческие итоги этих поездок для русских композиторов – живые непосредственные впечатления, запись, обработка, изучение и использование местного фольклора.

С другой стороны, русская композиторская школа, сама относительно недавно сумевшая связать пресловутыми «узлами законного брака» европейский профессионализм и национальные традиции, прекрасно владела умением гармонизации народной песни не на «немецкий» лад, и это умение реализовывала по отношению не только к русской, но и к инациональным культурам.

«Русский музыкальный ориентализм, – пишет Н. Шахназарова, – знаменовал первую попытку освоить своеобразие восточного мышления не только в его внешних проявлениях, но и изнутри – и претворить в рамках европейской традиции (подчеркнуто нами – М.М.) [3;11]. Это обстоятельство, на наш взгляд, следует учитывать и в процессе постижения явлений армянской культуры, в данном случае – творчества А. Спендиарова.

Но еще более важным нам представляется совсем другое, а именно, то, что до сих пор в полной мере не оценено значение работ А. Адамяна как *одной из первых попыток осмысления места и роли А. Спендиарова* в армянской (и в целом восточной) музыке.

Соответственно, преодоление традиции невключения взглядов А. Адамяна по этому вопросу (и, к сожалению, не только по этому) в число освещаемых и вызывающих какую бы то ни было реакцию – пусть даже и в виде полного неприятия, - мы считаем одной из актуальных задач отечественного музыковедения.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Статья была опубликована в переводе на армянский в журнале «Нор уги», 1930. – №№4-5. – С.107-119. В своем анализе мы обращаемся к русскому машинописному оригиналу, хранящемуся в ГМЛИ им.Чаренца и представляющему собой 3 варианта данной статьи.

² «Хорошо известно, что ориенталисты именуются и среди русских композиторов. Высказываемые в тексте суждения в одинаковой мере распространяются и на последних», - подчеркивает А.Адамян. [1; 8].

³ Парадоксальным образом наиболее экзотичен Восток в произведениях учителя А.Спендиарова – Н. Римского-Корсакова, что, однако, является характеристичным не столько для русского ориентализма, сколько для самого Н. Римского-Корсакова с его известной тягой к сказочности вообще.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамян, А.А. А.А.Спендиаров и культурная музыка армян. / А.А. Адамян // ГМЛИ им.Чаренца. Фонд А.Адамяна, I.Машинопись, 41 с.

2. Саид, Э.В. Ориентализм: западные концепции Востока / Э.В. Саид. – СПб, Русский мир, 2006. – 640с.
3. Шахназарова, Н. Музыка Востока и музыка Запада. Типы музыкального профессионализма / Н. Шахназарова. – Москва, Советский композитор, 1983. – 152с.
4. Nochlin 1983 – Nochlin L. The Imaginary Orient The Politics of Vision: Essays on Nineteenth-century Art and Society. Harper & Row, 1983. Цит. по статье: Крол А. Фотографический Восток / А. Крол. – http://polit.ru/article/2014/09/08/ps_fotomemory_pitri/

Материал поступил в редакцию 13.11.17.

A. SPENDIAROV AND ORIENTALISM: A. ADAMYAN'S POINT OF VIEW

M.M. Mavisakalyan, Applicant

Institute of Arts at National Academy of Sciences of the Republic of Armenia

Abstract. *Nowadays, the study level of scientific heritage of one of founders of the Soviet Esthetics of Arshak Abgarovich Adamyan (1884-1956) does not correspond to scales of this outstanding scientist identity. The article presents the A. Adamyan's position on the question of orientalism essence and evaluation the creativity of the classic Armenian music of A. Spendiarov.*

Keywords: *A. Adamyan, Orientalism, Oriental culture, A. Spendiarov.*

УДК 332.1.711.01

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО КАДАСТРА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**Г.А. Мейримова**, магистр наук, старший преподаватель

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (Астана), Республика Казахстан

***Аннотация.** В статье рассмотрены формирование и становление государственного градостроительного кадастра в Республике Казахстан. А также, предложены пути совершенствования ведения градостроительного кадастра.*

***Ключевые слова:** градостроительный кадастр, база данных, единая система градостроительного кадастра.*

Государственный градостроительный кадастр (ГГК) – это государственная система учёта объектов застройки заселённых территорий, а также сооружений инженерно-транспортной инфраструктуры, система количественных и качественных показателей, включающих картографическую, статистическую и текстовую информацию градостроительной, архитектурной и строительной деятельности по признакам социально-правового режима ее использования и по уровню инженерно-технической обеспеченности [1].

Целью Государственного градостроительного кадастра является создание общедоступной электронной базы данных в сфере градостроения и автоматизация процесса ведения кадастра, архива градостроительных данных, быстрого реагирования на запросы пользователей, формирования и выдача градостроительной документации и т.д.

В Республике Казахстан в соответствии с законом действующая система градостроительного кадастра предусматривает три уровня: республиканский, областной и базовый.

Впервые порядок создания и ведения государственного градостроительного кадастра определен постановлением Кабинета Министров Республики Казахстан от 6 июля 1995 года № 931 «О Государственном градостроительном кадастре» (на данный момент утратило силу). Указанным постановлением также был определен перечень городов, районов и областей для опытной отработки методики создания и ведения градостроительного кадастра во взаимодействии с другими кадастровыми системами.

В рамках создания Государственного градостроительного кадастра выполнены следующие виды работ:

- проведен анализ фактического состояния Государственного градостроительного кадастра областного территориального уровня, включая базовые территориальные уровни;
- разработано специализированное программное обеспечение АИС ГГК;
- разработаны геоинформационные тематические базы данных АИС ГГК республиканского уровня – «Промышленность», «Транспортная инфраструктура», «Агропроизводство», «Энергоснабжение», «Водные ресурсы», «Минерально-сырьевые ресурсы», «Экологическая обстановка», «Индустриально-инвестиционные проекты», «Градостроительные проекты», «Стратегия развития Республики Казахстан». Каждая из тематических баз данных содержит определенные и согласованные с отраслевыми министерствами наборы классов объектов, типы с основными графическими и атрибутивными данными.

Основная особенность автоматизированной информационной системы градостроительного кадастра состоит в использовании пространственных данных. Система имеет многоуровневую территориально-распределенную организацию. Сбор первичных данных осуществляется на самом нижнем – базовом, соответствующем крупному населенному пункту, из которого обслуживается территория административного подчинения – например, район для районного центра или область для областного центра.

В настоящее время республиканский уровень кадастра создан центральным уполномоченным органом и введен в эксплуатацию. Областной и базовый уровни кадастра ведутся местными исполнительными органами.

Вместе с тем, градостроительный кадастр республиканского уровня без ведения кадастров областного и базового уровней является неполноценным, поскольку его информационной основой являются кадастры нижестоящих уровней.

Отсутствие объективной и достоверной информации о состоянии населенных пунктов и межселенных территорий является не только сдерживающим фактором при реализации программ развития, но зачастую приводит к удорожанию строительства, связанным с необходимостью обеспечения объектов строительства инженерной инфраструктурой, а также необходимыми ресурсами для последующего их функционирования.

Анализ существующей ситуации и опыт зарубежных стран показали, что ведение градостроительного кадастра на территории республики необходимо организовать на принципах централизации и унификации. То есть система градостроительного кадастра должна быть в компетенции центрального уполномоченного органа.

Единая система градостроительного кадастра представляет собой республиканское госпредприятие с филиалами в регионах. Информация единой системы градостроительного кадастра будет передаваться государственным органам, а также будут предоставляться информационные услуги для физических и юридических лиц [2].

Единая система Государственного градостроительного кадастра позволит обеспечить полноценное и эффективное функционирование информационной базы данных о состоянии административно-территориальных единиц, населенных пунктов, использование которой будет осуществляться в режиме реального времени.

Кроме того, на стадии сбора данных и выдачи технических условий на проектирование объекта будет известна и отображена в автоматизированной информационной системе градостроительного кадастра информация о возможности теплоснабжения, электроснабжения и инженерных сетей, которые обеспечат проектируемый объект необходимыми ресурсами и мощностями, что, соответственно, исключит информационные барьеры на пути социально-экономической модернизации страны и ее регионов.

Таким образом, внедрение единой системы градостроительного кадастра как структурного элемента современного высокоразвитого государства позволит обеспечить принятие оптимальных решений в системе государственного управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон республики Казахстан от 16 июля 2001 года – № 242 «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан».
2. Мусабаев, Т.Т. Создание и развитие единой системы Государственного градостроительного кадастра / Т.Т. Мусабаев и др. – Вестник АО «КазНИИСА», 2012 – №8.

Материал поступил в редакцию 14.11.17.

THE FORMATION OF THE STATE TOWN PLANNING CADASTER IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

G.A. Meirimova, Master of Science, Senior Lecturer
S.Seifullin Kazakh Agro Technical University(Astana), Republic of Kazakhstan

***Abstract.** The article considers the formation and establishment of Town Planning Cadaster in the Republic of Kazakhstan, and the ways to improve management of Town Planning Cadaster are suggested.*

***Keywords:** Town Planning Cadaster, database, unified system of Town Planning Cadaster.*

UDC 551.4

THE ROLE OF AGRICULTURAL LAND RESOURCES IN DECISION OF FOOD ISSUES

S. Talzhanov¹, G. Zhangozhina², N. Shugaev³, A. Igibayeva⁴, M. Zhanayeva⁵

² Master of Science, Senior Lecturer

Karaganda State University named after academician Ye.A. Buketov, Republic of Kazakhstan

Abstract. *The article deals with the problem of achieving a certain food security level and describes the history of its formation. The relevance of solving the problems of rational use of land resources is discussed.*

Keywords: *food security, land resources, rational use.*

In spite of the fact that the problem of food security became a subject of active consideration by the world community in connection with social and economic processes in developing countries only from the middle of the 70th years of the 20th century, it has arisen in the face of mankind for a long time. At all times people tried to solve effectively this problem as the shortage of food caused any social conflicts in society [4].

All this has defined that achievement of a certain level of food security, became the main objective of society in general and a concrete individual because the instinct of self-preservation, which all human activity based on, is the cornerstone of it. Society already at early stages of the development and the organization develops mechanisms and rules of ensuring satisfaction of the vital requirements. Nevertheless, the level of food supply, its structure and mechanisms are in direct dependence on production of agricultural products and only then – from the level of development of processing industries, trade.

Long time, until the end of the 19th century, ensuring necessary level of food security was regulated based on traditions within communities and subsistence economy. The state at this stage performed functions of the organization of military safety and only in extreme cases interfered with process of redistribution of products between social groups and sectors of society. Formation of the main stocks and reserves was carried out at the micro level by a household, community, and in the period of feudalism, these functions were assigned as well to the landowner. Level of agricultural production and backwardness of the goods exchange relations could provide only a consumption minimum and rather simple structure of food reflecting local living conditions, national and religious peculiarities [2]. With development of the capitalist relations, living conditions of the person radically change. First of all to the place of the isolated closed forms of existence open mobile society in which owing to development of the market relations interdependent social production within which there is a mixture of ethnic, social groups is created comes and there is integrated society characterized by the standard norms and structure of consumption, the public mechanism of ensuring food security is created. The state and various social institutes that act as factors of the organization of production and distribution of production resources objectively begin to play the increasing role in these conditions.

The market, which through the system of pricing, supply and demand influences formation of necessary stocks and consumption level becomes the most important instrument of food supply [3].

At the same time in society, considerable divergences in structure and norms of consumption depending on social accessory and income level remained and observed. At initial stages of capitalism, development of the market mechanism did not exclude malnutrition and hunger in various social groups. Over time by establishment of certain social guarantees in the most developed capitalist countries, these problems in many respects have been solved though differences in consumption level exist still. The Soviet history gives an example of operation of other mechanism of formation of food security – economic planning which also intended for the solution of this problem, but owing to exclusive complexity of an object.

In a generalized view, assessment of a condition of food security of the population is defined by physical and economic availability of food and safety of food. In 2011, the world's population has overcome a qualitative boundary of the number of 7 billion people and nowadays annually increases by 100 million people.

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations now, about one billion people living on the planet suffer from hunger and malnutrition. Proceeding from the existing technologies, annual providing one person with food requires 0,20-0,30 hectares of productive lands, on a global scale for this purpose it is necessary to introduce into agricultural circulation annually about 40 million hectares of new lands. Considering the fact that the territory of Kazakhstan takes the 9th place of the world territory and in it with concentration 23 % of chernozems oils of the world, special tasks for the decision above the put problem have to be assigned to our country [1].

But the feature of this problem for our country is that Kazakhstan, having huge agricultural potential, can't provide in full degree the population with full-fledged food due to own production yet (see tab. 1). Owing to development of processes of industrialization and urbanization, land resources, available mankind, for production of agricultural food products gets more and more limited. In Kazakhstan lately we observe reductions of lands of agricultural purpose. For the last three years, it is about 9 million hectares. As a part of lands of agricultural purpose, the agricultural grounds, which possess a priority in use and subject to special protection, are of particular importance. The problem of rational use of these grounds, their reproduction and protection has paramount value for all countries of the world present days,

it became a universal problem and the main component of food security.

Table 1

№	Product name	Threshold criterion, %	Actual value, %	Deviation actual value from threshold, %
1	Grain	95	99,4	+4,4
2	Meat	85	72,5	-12,5
3	Milk	90	79,6	-10,4
4	Potato	95	95,4	+0,4
5	Vegetable oil	82	74,9	-3,1
6	Sugar	80	96,1	+16,1

Main objectives, on which agricultural grounds are withdrawn, are expansion of settlements (67,6 %) and use for the enterprises of the industry and other special purpose (28,2 %). Not only their general reduction, but also high-quality deterioration, decrease biological and economic fertility became the revealed problem of transformation of agricultural grounds, and it is direct threat of deterioration in food security of the state. Lately for the ecological reasons connected with degradation and pollution of soils significant areas of arable grounds have been brought out of use.

Certainly, the production intensification, growth on this basis of productivity of cultures remains an important factor of increase in production of agriculture. However only at the expense of this factor, according to us, it is impossible to reach the level of the indicators reached earlier at the beginning and to ensure food security of the region. Use of the earth as most important subject to ensuring food security of society is the phenomenon quite many-sided and difficult. In evolutionary aspect, it is lawful to consider use of land resources as continuously repeating full cycles, each of which, as a rule, is implemented at qualitatively new level. From a position of system land use in each cycle, it is possible to allocate three main operational stages of the earth.

The first stage is initial in a cycle, defines target uses of the earth and provides necessary conditions for effective realization of the subsequent stages. Contents it is legal, institutional, organizationally territorial, information support of system of land use. The second stage represents direct, real use of the earth, for the realization it demands the corresponding information, technological, resource, financial, enterprise and marketing support. Its main distinctive feature consists in creation of a real product owing to use of the earth, at the same time consumption of a resource takes place. In technical aspect, the second stage the most difficult in view of the multi-purpose nature of use of the earth by society and as the main means of production and spatially operational basis and goods. The third stage consists in reproduction of the consumed resource, here the earth is not used and the product is not made; only costs for reproduction of land resources take place.

Thus, taking into account influence of the land relations on ensuring food security we have come to need of specification of the concept "food security of the state". Food security of the state is such development of the state territorial systems of various level at which there is the actual providing the population with quality food due to own production, by means of achievement of the most effective use of land resources of agricultural purpose and also accumulation of production capacity of lands. This state can be reached on condition of change of the relation to the earth as to the perennial spring which is continuously making material benefits, formations of the coordination center for use of lands, formations of the mechanism of economic incentives of maintenance of fertility, effective control of use of lands by the agricultural enterprises, sufficient financing of actions for increase in fertility of lands.

REFERENCES

1. Karenov R.S. Ecological and economic problems in the market conditions: (by materials of mountain industry). – Almaty: Gylym, 1998. – 304 p.
2. Karenov R.S., Belishev K.B. The ecological management: reference book. – Almaty, 1996. – P. 128.
3. Shafeev R.Sh. The modern land relations in Russia: conceptual bases and modern representations. – LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 228 p.
4. The state (national) report about state and using of lands in Russian Federation in 2010 [Electron resource]. – Access mode: <http://www.rosreestr.ru/wps/portal/>

Материал поступил в редакцию 07.11.17.

РОЛЬ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ПИТАНИЯ

С. Талжанов¹, Г. Жангожина², Н. Шугаев³, А. Игибаева⁴, М. Жанаева⁵

² магистр естественных наук, старший преподаватель

Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Республика Казахстан

Аннотация. В статье представлена проблема достижения определенного уровня продовольственной безопасности и кратко описывается история её формирования. Объясняется актуальность решения проблемы рационального использования земельных ресурсов.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, земельные ресурсы, рациональное использование.

Наука и Мир

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (52), Том 1, декабрь / 2017

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 18.12.2017 г. Формат 60x84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Заказ № 89. Свободная цена. Тираж 100.