

EUROPEAN  RESEARCHER

International Multidisciplinary Journal

Has been issued since 2010. ISSN 2219-8229, E-ISSN 2224-0136.

2013. Vol. (56). № 8-1. Issued 12 times a year

Impact factor of Russian Science Citation Index 2011 – 2,000

Impact factor Index Copernicus 2011 – 5,09

EDITORIAL STAFF

- Dr. Cherkasov Aleksandr** – Sochi State University, Sochi, Russia (Editor-in-Chief)
Dr. Goncharova Nadezhda – Research Institute of medical primatology RAMS, Sochi, Russia
Dr. Khodasevich Leonid – Sochi State University, Sochi, Russia
Dr. Kuvshinov Gennadiy – Sochi State University, Sochi, Russia
Dr. Rybak Oleg – Scientific Research Centre of the RAS, Sochi, Russia

EDITORIAL BOARD

- Dr. Abdrakhmatov Kanat** – Institute of seismology NAS, Bishkek, Kyrgyzstan
Dr. Bazhanov Evgeny – Diplomatic Academy Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia
Dr. Beckman Johan – University of Helsinki, Helsinki, Finland
Dr. Blinnikov Sergei – Institute of theoretical and experimental physics, Moscow, Russia
Dr. Deene Shivakumar – Central University of Karnataka, Karnataka, India
Dr. Dogonadze Shota – Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia
Dr. Elyukhin Vyacheslav – Center of Investigations and Advanced Education, Mexico, Mexico
Dr. Halczak Bohdan – University of Zielona Góra, Poland
Dr. Kolesnik Irina – Institute of Ukrainian History, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine
Dr. Kopylov Vladimir – Physical-Technical Institute National Academy of Science of Belarus, Minsk, Belarus
Dr. Krinko Evgeny – Southern Scientific Centre of RAS, Rostov-on-Don, Russia
Dr. Malinauskas Romualdas – Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania
Dr. Markwick Roger – School of Humanities and Social Science, The University of Newcastle, Australia
Dr. Mathivanan D. – St. Eugene University, Lusaka, Zambia
Dr. Mydin Md Azree Othuman – Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia
Dr. Menjkovsky Vaycheslav – University of Belarusian State, Minsk, Belarus
Dr. Müller Martin – University St. Gallen, St. Gallen, Switzerland
Dr. Ojovan Michael – Imperial college London, London, United Kingdom
Dr. Ransberger Maria – University of Bayreuth, Bayreuth, Germany
Dr. Šmigel' Michal – Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovakia
Dr. Ziatdinov Rushan – Fatih University, Istanbul, Turkey

The journal is registered by Federal Service for Supervision of Mass Media, Communications and Protection of Cultural Heritage (Russia). Registration Certificate ПИИ № ФЦ77-50466 4 July 2012.

Journal is indexed by: **Academic Index** (USA), **CCG-IBT BIBLIOTECA** (Mexico), **DOAJ** (Sweden), **Galter Search Beta** (USA), **EBSCOhost Electronic Journals Service** (USA), **Electronic Journals Index** (USA), **Electronic scientific library** (Russia), **ExLibris The bridge to knowledge** (USA), **Google scholar** (USA), **Index Copernicus** (Poland), **math-jobs.com** (Switzerland), **One Search** (United Kingdom), **Open J-Gate** (India), **Poudre River Public Library District** (USA), **ResearchBib** (Japan), **Research Gate** (USA), **The Medical Library of the Chinese People's Liberation Army** (China).

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Postal Address: 26/2 Konstitucii, Office 6
354000 Sochi, Russia

Website: <http://erjournal.ru/en/index.html>
E-mail: evr2010@rambler.ru
Founder and Editor: Academic Publishing House *Researcher*

Passed for printing 15.8.13.

Format 21 × 29,7/4.

Enamel-paper. Print screen.

Headset Georgia.

Ych. Izd. l. 5,1. Ysl. pech. l. 5,8.

Circulation 1000 copies. Order № 129.

EUROPEAN RESEARCHER

2013

№ 8-1

Издается с 2010 г. ISSN 2219-8229, E-ISSN 2224-0136.

2013. № 8-1 (56). Выходит 12 раз в год.

Импакт-фактор РИНЦ 2011 – 2,000

Импакт-фактор Index Copernicus 2011 – 5,09

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Черкасов Александр – Сочинский государственный университет, Сочи, Россия
(Гл. редактор)

Гончарова Надежда – Научно-исследовательский институт медицинской приматологии РАН, Сочи, Россия

Кувшинов Геннадий – Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Рыбак Олег – Сочинский научно-исследовательский центр Российской академии наук, Сочи, Россия

Ходасевич Леонид – Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Абдрахматов Канатбек – Институт сейсмологии НАН, Бишкек, Киргизия

Бажанов Евгений – Дипломатическая академия Министерства иностранных дел России, Москва, Россия

Бекман Йохан – Университет г. Хельсинки, Хельсинки, Финляндия

Блинников Сергей – Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва, Россия

Гальчак Богдан – Университет г. Зелона Гура, Зелона Гура, Польша

Дине Шивакумар – Центральный университет г. Карнатака, Карнатака, Индия

Догондзе Шота – Грузинский технический университет, Тбилиси, Грузия

Елюхин Вячеслав – Центр исследований и передового обучения, Мехико, Мексика

Зиятдинов Рушан – Университет Фатих, Стамбул, Турция

Колесник Ирина – Институт истории Украины НАН Украины, Киев, Украина

Копылов Владимир – Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Кринко Евгений – Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

Малинаускас Ромуальдас – Литовская академия физической культуры, Каунас, Литва

Марвик Роджер – Школа гуманитарных и общественных наук, Университет Ньюкасла, Австралия

Мативанан Д. – Университет Санкт Евген, Лусака, Замбия

Мудин Мд Азри Отхуман – Университет Малайзии, Пенанг, Малайзия

Меньковский Вячеслав – Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Мюллер Маргин – Университет Санкт Галлен, г. Санкт Галлен, Швейцария

Ожован Михаил – Имперский колледж Лондона, г. Лондон, Соединенное Королевство

Рансбергер Мария – Байротский университет, Байрот, Германия

Шмигель Михал – Университет Матей Бэла, Банска Быстрица, Словакия

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (Российская Федерация). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-50466 от 4 июля 2012 г.

Журнал индексируется в: **Academic Index** (США), **CCG-IBT BIBLIOTECA** (Мексика), **DOAJ** (Швеция), **GalterSearch Beta** (США), **EBSCOhost Electronic Journals Service** (США), **Electronic Journals Index** (США), **ExLibris The bridge to knowledge** (США), **Google scholar** (США), **Index Copernicus** (Польша), **math-jobs.com** (Швейцария), **Научная электронная библиотека** (Россия), **Open J-Gate** (Индия), **ResearchBib** (Япония), **ResearchGate** (США), **The Medical Library of the Chinese People's Liberation Army** (Китай) и др.

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Адрес редакции: 354000, Россия, г. Сочи,
ул. Конституции, д. 26/2, оф. 6
Сайт журнала: <http://erjournal.ru/>
E-mail: evr2010@rambler.ru

Учредитель и издатель: ООО «Научный
издательский дом "Исследователь"» - Academic
Publishing House *Researcher*

Подписано в печать 15.8.13.
Формат 21 × 29,7/4.
Бумага офсетная.
Печать трафаретная.
Гарнитура Georgia.
Уч.-изд. л. 5,1. Усл. печ. л. 5,8.
Тираж 1000 экз. Заказ № 129.

C O N T E N T S

Physico-mathematical Sciences

Chuvil'deev V.N., Kopylov V.I., Nokhrin A.V., Pirozhnikova O.E. Theoretical Analysis of Non-equilibrium Grain Boundaries Diffusion Properties Recovery during Ultra-fine Grain Metals and Alloys Annealing	1990
--	------

Biological Sciences

Ishmuratova M.Yu., Gavril'kova H.A., Dodonova A.Sh., Tleukenova S.U. <i>Saponaria officinalis</i> Seeds Germination Morphology and Biology	2003
Konkabaeva A.E., Tykezhanova G.M., Bodeeva R.T., Sadykova A.J., Kusherbaev S.A. Adaptation of Regulatory Systems in Schoolchildren, Residing in Industrial Area	2012
Konkabaeva A.E., Bakysheva B.M., Kystaubaeva Z.T., Tykezhanova G.M., Seitov E.T. Assessment of Respiratory Function in Students, Residing in Different Industrial Areas	2017
Rozhentsov V.V. Mental Fatigue Evaluation	2023
Shorin S.S., Rahmetova A.M., Ahmetova N.Sh., Tebenova K.S., Tuganbekova K.M., Alshynbekova G.K., Tusupbekova G.A. Oxidative Metabolism State and Immunity in Industrial Rubber Production Workers	2031
Yatsun S.M. Vibroacoustic Skin Diagnostics Modeling	2039

Engineering Sciences

Prokopiev E.P. Ecology and Space – Backbone Directions of Human Civilization Development	2044
Ravshanov N., Palvanov B., Islamov Yu. Mathematical Model of Suspension Filtering and Its Analytical Solution	2057

Agricultural Sciences

Zhangaziev A., Ziyaeva G., Taichibekov A., Tuleubaev Zh., Shaimerdenova G. In VITRO Method Use For Winter Wheat Selection	2066
--	------

Historical Sciences and Archaeology

Zherebchuk S.V. ASEM as the Instrument for ASEAN and EU Interaction: Issue Historiography	2071
--	------

Physico-mathematical Sciences**Физико-математические науки**

UDC 539.4; 669.3

Theoretical Analysis of Non-equilibrium Grain Boundaries Diffusion Properties Recovery during Ultra-fine Grain Metals and Alloys Annealing *¹Vladimir N. Chuvil'deev²Vladimir I. Kopylov³Aleksey V. Nokhrin⁴Olga E. Pirozhnikova¹Lobachevsky state university of Nizhni Novgorod, Russian Federation

23/3 Gagarina av., 603950, Nizhni Novgorod

Dr., Professor

E-mail: chuvildeev@nifti.unn.ru

²Physico-Technical Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Belarus

10 Kuprevicha str., 220141, Minsk

E-mail: Kopylov.ecap@gmail.com

³Lobachevsky state university of Nizhni Novgorod, Russian Federation

23/3 Gagarina av., 603950, Nizhni Novgorod

PhD

E-mail: nokhrin@nifti.unn.ru

⁴Lobachevsky state university of Nizhni Novgorod, Russian Federation

23/3 Gagarina av., 603950, Nizhni Novgorod

PhD

E-mail: opiro@mail.ru

Abstract. The article presents the results of theoretical analysis of non-equilibrium grain boundaries diffusion properties recovery during ultra-fine grain (UFG) materials annealing, produced by severe plastic deformation (SPD) method. The paper proves that activation energy and grain boundary diffusion coefficient of UFG materials depend on density of defects, cumulated by grain boundary during SPD.

Annealing causes diffusion redistribution of defects in grain boundaries, which results in diffusion properties change. Diffusion properties recovery rate depends on grain size and it is much higher in UFG materials than in coarse-grained materials.

Keywords: Ultra-fine grain metals; non-equilibrium grain boundaries; recovery; diffusion.

Введение. Вопрос о диффузионных свойствах границ зерен в ультрамелкозернистых (УМЗ) материалах, полученных методами интенсивного пластического деформирования (ИПД) [1-6], представляется весьма важным в связи с изучением деформационного поведения УМЗ материалов [1, 2, 7]. Следует отметить также, что диффузионные свойства границ зерен УМЗ материалов оказывают определяющее влияние на процессы эволюции их зеренной и дислокационной структуры, а также процессы, связанные с зернограницными сегрегациями примесей и легирующих элементов [1-2, 4-9]. Кроме того, диффузионные свойства границ зерен отражают структурное состояние границ и их изучение позволяет понять особенности строения границ зерен, формируемых в процессе интенсивной пластической деформации [1, 2].

Вопрос о диффузионных свойствах границ зерен в УМЗ материалах оказывается весьма нетривиальным, поскольку эти свойства в силу неравновесного состояния границ

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №12-08-33080-мол_a_вед, 13-03-97109) и Министерства образования и науки Российской Федерации (государственный контракт №14.513.11.0049).

зерен УМЗ материалов непрерывно изменяются в процессе измерения и зависят от времени изотермической выдержки при повышенной температуре [1, 10-11].

Непрерывное изменение диффузионных свойств границ зерен в процессе измерений весьма затрудняет интерпретацию экспериментальных результатов и, по нашему мнению, является одной из основных причин существенных разногласий в оценках коэффициента зернограницной диффузии D_b^* и энергии активации зернограницной диффузии Q_b^* , приводимых разными авторами [4-6, 8-9, 12-16].

В частности, в ряде работ обнаружено, что в УМЗ металлах диффузионные свойства границ зерен существенно отличаются от обычных. В работах [4, 6, 9, 16] было обнаружено, что энергия активации зернограницной диффузии (Q_b^*) на 20-40% ниже значений, характерных для равновесных границ Q_b [17]. В работах [1-2, 4, 8, 13-15] приведены данные о значениях D_b^* на 2-3 порядка превышающих обычные значения D_b , характерные для границ зерен в крупнозернистых металлах и т.д.

В то же время в работах [6, 12] изменений диффузионных свойств границ зерен в некоторых УМЗ металлах не было зафиксировано.

В настоящей работе описан процесс возврата диффузионных свойств границ зерен УМЗ материалов при отжиге после ИПД и предложена модель, позволяющая рассчитать зависимость коэффициента D_b^* от времени и температуры отжига.

Диффузионные свойства неравновесных границ зерен. Основные уравнения теории неравновесных границ зерен

Основные положения теории неравновесных границ зерен (НГЗ) в металлах и сплавах подробно изложены в [2, 7, 18]. Здесь мы кратко суммируем основные результаты необходимые для описания диффузионных свойств НГЗ в УМЗ металлах.

В соответствии с [1-2, 7, 18] причиной изменения диффузионных свойств границ зерен является изменение свободного объема границ (α) вследствие попадания в границы различных дефектов (в первую очередь – дислокаций, а также атомов примеси и легирующих элементов), приносящих в границы дополнительный свободный объем $\Delta\alpha$. Таким образом, при решении задач о поведении НГЗ вместо обычного значения коэффициента зернограницной диффузии $D_b(\alpha)$ необходимо использовать коэффициент диффузии в неравновесных границах зерен $D_b^*(\alpha+\Delta\alpha)$.

Одним из основных процессов, оказывающих существенное влияние на величину свободного объема $\Delta\alpha$, является процесс взаимодействия границ зерен с решеточными дислокациями, сопровождающийся делокализацией ядер попавших в границы дислокаций. При таком взаимодействии в границах зерен образуются дислокации ориентационного несоответствия (ДОН) и продукты их делокализации. Делокализирующиеся дислокации отдают свой свободный объем границам и меняют их энергию и диффузионные свойства [7, 18]. Кроме того, распределенные в границах зерен ДОН и продукты их делокализации создают поля внутренних напряжений, которые оказывают влияние на деформационное поведение УМЗ металлов [19-21]. Следует также отметить, что аккумулирующиеся на границах зерен дефекты влияют на подвижность границ и таким образом изменяют характер их миграции [21, 23].

В связи с исключительной ролью, которую играют внесенные в границы зерен решеточные дислокации, приведем здесь систему уравнений, описывающих кинетику накопления этих дефектов в границах зерен:

1. Температурная зависимость коэффициента диффузии в НГЗ:

$$D_b^* = D_{b0}^* \exp(-Q_b^* / kT), \quad (1)$$

где D_{b0}^* и Q_b^* - предэкспоненциальный множитель и энергия активации в выражении для коэффициента диффузии по НГЗ, соответственно, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура.

2. Выражение для расчета энергии активации и предэкспоненциального множителя коэффициента диффузии в неравновесных границах зерен [2]:

$$Q_b^* = W_1(\alpha^*/(\alpha + \Delta\alpha) - 1) + W_2([\alpha^*/(\alpha + \Delta\alpha)]^{1/2} - 1) + Q_L, \quad (2)$$

$$D_{b0}^* = \varphi D_{L0} \exp\{Z_1(\alpha^*/(\alpha + \Delta\alpha) - 1) + Z_2([\alpha^*/(\alpha + \Delta\alpha)]^{1/2} - 1)\}, \quad (3)$$

где W_1, W_2, Z_1, Z_2 – численные коэффициенты, зависящие от термодинамических и кристаллографических параметров материала ($W_1 = 2\pi(\lambda\rho b^2\delta/2 + \gamma_{S/L}^0 b^2 - \gamma_0 b^2/2)$, $W_2 = 4\pi\gamma_{S/L}^0 b^2$, $Z_2 = 4\pi S_{S/L} b^2$, $Z_1 = 2\pi(\lambda\rho b^2\delta/2T_m + S_{S/L} b^2)$). Численные значения параметров приведены в табл. 1 (см. также [2]).

3. Уравнение, связывающее величину избыточного свободного объема границ зерен $\Delta\alpha$ с плотностью ДОН (ρ_b) и плотностью скользящих компонент делокализованных дислокаций (w_t):

$$\Delta\alpha = (\rho_b \Delta b + w_t) / w_0, \quad (4)$$

где $w_0=0.1$ – численный коэффициент [2], Δb – вектор Бюргерса ДОН.

4. Выражение для коэффициента диффузии в НГЗ в случае, когда плотность дефектов в границах зерен невелика ($\alpha + \Delta\alpha \ll \alpha^*$) [1-2]:

$$D_b^* = D_b \exp(\Delta\alpha(\rho_b, w_t) / \alpha_B). \quad (5)$$

5. Уравнения, описывающие кинетику изменения ДОН и скользящих компонент делокализованных дислокаций в границах зерен в условиях возврата:

$$\dot{\rho}_b = -\rho_b / t_1. \quad (6)$$

$$\dot{w}_t = -w_t / t_2. \quad (7)$$

6. Выражения, описывающие время диффузионного ухода из границы ДОН (t_1) и скользящих компонент вектора Бюргерса делокализованных дислокаций (t_2):

$$t_1 = A_1 kT / (\rho_b \Delta b)^3 D_b^* \delta G, \quad (8)$$

$$t_2 = (d/b)^2 kT / C_1 w_t D_b^* \delta G, \quad (9)$$

где A_1 и C_1 – численные коэффициенты [2], δ – ширина границы зерна, G – модуль сдвига.

7. Выражение для среднего размера зерна, при котором плотность ДОН равна плотности скользящих компонент делокализованных дислокаций:

$$d_1 / b = (D_b^* \delta G / \dot{\epsilon}_v kT)^{1/4} \xi_1^{1/2}. \quad (10)$$

где $\dot{\epsilon}_v$ – скорость внутризеренной пластической деформации при ИПД, ξ_1 – доля дислокаций одного знака, попадающих в границу зерна [2].

Отметим, что при малых размерах зерен $d < d_1$ (мелкозернистые металлы), в силу зависимости плотности скользящих компонент делокализованных дислокаций от размера зерна (см. уравнения (7) и (9)), выполняется приближенное равенство $\square_b \square_b \gg w_t$, а при $d > d_1$ (крупнозернистые металлы) выполняется соотношение $w_t \gg \rho_b \Delta b$.

Таким образом, в материалах с размером зерна $d > d_1$ и $d < d_1$, выражение для D_b^* может быть представлено в виде:

$$D_b^* = D_b \exp(w_t / w_0 \alpha_B), \quad (\text{при } d > d_1), \quad (11)$$

$$D_b^* = D_b \exp(\rho_b \Delta b / w_0 \alpha_B), \quad (\text{при } d < d_1). \quad (12)$$

8. Величина внутреннего поля напряжений σ_i , создаваемого ДОН и скользящими компонентами делокализованных дислокаций имеет виде:

$$\sigma_i^{\rho_b} = \varphi_1 G \rho_b \Delta b. \quad (13)$$

$$\sigma_i^{w_t} = \varphi_2 G w_t. \quad (14)$$

Суммарное поле внутренних напряжений может быть представлено в виде:
 $\sigma_i = \varphi_1 G \rho_b \Delta b + \varphi_2 G w_t$ (где $\varphi_1, \varphi_2 \sim 1$).

Полученные уравнения позволяют решать разнообразные задачи, касающиеся поведения неравновесных границ зерен, в частности, в УМЗ материалах [1-2, 7], и описывать изменения диффузионных свойств границ зерен в различных условиях.

Рассмотрим процесс возврата диффузионных свойств НГЗ при отжиге УМЗ материалов подробнее.

Таблица 1.

Значения параметров, используемых для расчетов [1-2, 17]

Параметры	Обозначение	Един. измерения	Численное значение		
			Cu	Ni	Ti
Кристаллографические параметры					
Вектор Бюргерса	b	м	$2.56 \cdot 10^{-10}$	$2.49 \cdot 10^{-10}$	$2.95 \cdot 10^{-10}$
Атомный объем	Ω	м ³	$1.18 \cdot 10^{-29}$	$1.09 \cdot 10^{-29}$	$1.76 \cdot 10^{-29}$
Размер зерна	d	б	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$
Термодинамические и упругие константы					
Модуль сдвига	G	$G\Omega/kT_m$	50		
Температура плавления	T_m				
Удельная теплота плавления	λ	$\lambda \rho b^3/kT_m$	1.15	1.50	1.50
Плотность	ρ				
Скачок объема при плавлении	ΔV_m	-	5·10 ⁻²		
Параметры границ раздела					
Энтальпия поверхности жидкость-кристалл	$\gamma_{S/L}^0$	$\gamma_{S/L}^0 b^2 / kT_m$	0.900	0.971	0.971
Энтропия поверхности жидкость-кристалл	$S_{S/L}$	$S_{S/L} b^2 / k$	0.767	0.833	0.833
Относительный свободный объем границ зерен	α	-	0.36	0.37	0.38
Критический свободный объем границ зерен	α^*	-	0.50		
Свободная энергия границы зерна ($T=0.5T_m$)	γ_b	$\gamma_b b^2 / kT_m$	1.93	1.90	1.90
Свободная энергия «сухих» участков границы	γ_0	$\gamma_0 b^2 / kT_m$	1.95	1.92	1.92
Энтальпия границы зерна	γ_b^0	$\gamma_b^0 b^2 / kT_m$	4.32	4.63	4.63
Энтропия границы зерна	S_b	$S_b b^2 / k$	2.30	2.51	2.51
Диффузионные свойства					
Предэкспоненциальный множитель коэффициента зернограницной диффузии	δD_{b0}	м ³ /с	$5.0 \cdot 10^{-15}$	$3.5 \cdot 10^{-15}$	$3.6 \cdot 10^{-16}$
Энергия активации зернограницной самодиффузии	Q_b	Q_b / kT_m	9.2	9.0	9.0
Предэкспоненциальный множитель коэффициента диффузии в расплаве	D_{L0}	м ² /с	$14.6 \cdot 10^{-8}$	$9.7 \cdot 10^{-8}$	$9.7 \cdot 10^{-8}$
Энергия активации диффузии в расплаве	Q_L	Q_L / kT_m	3.6	3.3	3.8

Возврат диффузионных свойств неравновесных границ зерен при отжиге УМЗ материалов

1 Описание модели

В случае процессов возврата при нагреве, когда внешние напряжения равны нулю и когда деформация отсутствует, а миграция границ еще не началась, уравнения (6)-(7) для плотности дефектов в границах зерен принимают вид:

$$\dot{\rho}_b \Delta b = -(\rho_b \Delta b)^4 / t'_1, \quad \rho_b = \rho_{b0} \text{ при } t=0. \quad (17)$$

$$\dot{w}_t = -w_t^2 / t'_2, \quad w_t = w_{t0} \text{ при } t=0. \quad (18)$$

где $t'_1 = A_1 kT / D_b^* \delta G \Omega$, $t'_2 = (d/b)^2 kT / C_1 D_b^* \delta G \Omega$.

Решая указанные выше уравнения нетрудно определить зависимость плотностей дефектов в границе зерна от времени, и, в соответствии с (1) - (3), найти зависимость параметров зернограницной диффузии от времени выдержки.

В наиболее распространенном случае, когда плотности различных типов дефектов в границе сопоставимы ($\rho_b \Delta b \approx w_t$) система уравнений (17)-(18) не имеет аналитических решений и ее необходимо решать численно. В случае, когда в границах зерен доминирует только один тип дефектов (или ДОН ($\Delta \alpha = \rho_b \Delta b / w_0$), или скользящие компоненты делокализованных дислокаций ($\Delta \alpha = w_t / w_0$)), уравнения (6)-(7) и (17)-(18) существенно упрощаются. В приближении $\Delta \alpha \ll \alpha$ выражения для плотности дефектов могут быть представлены в виде:

$$\rho_b \Delta b(t) = \frac{\rho_{b0} \Delta b}{\sqrt[3]{1 + 3(\rho_{b0} \Delta b)^3 (\delta D_b^* / b^3 A_1) (G \Omega / kT) t}} \quad (\text{при } \rho_b \Delta b \gg w_t), \quad (19)$$

$$w_t(t) = \frac{w_{t0}}{1 + C_1 w_{t0} (\delta D_b^* / b^3) (b/d)^2 (G \Omega / kT) t} \quad (\text{при } w_t \gg \rho_b \Delta b), \quad (20)$$

где ρ_{b0} и w_{t0} – начальные плотности дефектов (в момент времени $t=0$).

Подставляя (19) и (20) в уравнения (10) и (11), соответственно, получим следующие выражения для зависимости коэффициента зернограницной диффузии от времени отжига на поздних стадиях процесса возврата (при $\rho_b(t, T) \ll \rho_{b0}$, $w_t(t, T) \ll w_{t0}$):

$$D_b^* = D_{b0}^* \exp(\zeta_1 / t^{1/3}), \quad (21)$$

$$D_b^* = D_{b0}^* \exp(\zeta_2 d^2 / t), \quad (22)$$

где $\zeta_1 = \frac{1}{\alpha_B w_0} \left[\frac{b^3 A_1}{\delta D_b^*} \frac{kT}{G \Omega} \right]^{1/3}$, $\zeta_2 = \frac{1}{\alpha_B w_0 C_1} \left[\frac{b}{\delta D_b^*} \frac{kT}{G \Omega} \right]$ – численные

коэффициенты.

Анализ выражений (21) и (22) показывает, что в зависимости от условий ИПД, условий охлаждения, а также времени и температуры последующей выдержки, неравновесность может быстро «исчезнуть», а может и сохраняться в границах зерен довольно долгое время.

Это означает, что при анализе величины D_b^* в экспериментальных исследованиях необходимо учитывать влияние всех указанных параметров, а этого, к сожалению, как известно не происходит.

2 Сопоставление с экспериментом

Принципиальное значение при исследовании диффузионных свойств границ зерен имеет проверка сделанного выше предсказания о различиях в кинетике возврата в крупнозернистых и в УМЗ материалах. В экспериментах это должно проявляться в существенном отличии в кинетике изменения диффузионных параметров при отжиге материалов с разным размером зерна. Как следует из модели, изменение Q_b со временем в

более крупнозернистых материалах при прочих равных условиях должно происходить гораздо медленнее, чем в УМЗ материалах.

Для проверки этого результата обратимся к работам, в которых исследованы процессы возврата диффузионных свойств при отжиге УМЗ материалов, а также предварительно деформированных крупнозернистых материалов.

2.1 Крупнозернистые материалы

В работах [23-25] для анализа кинетики возврата используются данные о характере процесса делокализации решеточных дислокаций, внесенных в границы зерен при предварительной пластической деформации алюминия и аустенитной стали. Как известно [26, 27], изучение процесса делокализации позволяет определять диффузионные характеристики границ зерен и, в частности, оценивать скорость изменения диффузионных свойств границ при отжиге после деформации.

В [23, 24] исследованы две группы поликристаллов S и G высокочистого алюминия, со средним размером зерна 4 и 22 мкм ($d > d_1$), соответственно, подвергнутых одинаковой предварительной деформации $\varepsilon = 1.5\%$. Первичные экспериментальные данные представляют собой зависимости относительного числа границ зерен (1-x), содержащих неде локализованные дислокации, от времени отжига t при температурах $T = 293, 343, 373$ и 403 К. Показано, что для поликристалла с $d = 22$ мкм для достижения при $T = 403$ К значений энергии активации близких к равновесному ($Q_b = 77.5$ кДж/моль) требуется $4 \cdot 10^6$ с, а в поликристаллах с $d = 4$ мкм для достижения аналогичного значения Q_b при этой же температуре требуется время $2 \cdot 10^5$ с, что в ~ 20 раз меньше.

В работе [25] методом, аналогичным описанному выше, проведено исследование процессов отжига внесенных в границы зерен дислокаций в аустенитных сталях, имеющих размер зерен 2.1 и 30 мкм (для γ -железа при $T = 653$ К, $t \sim 10^4$ с (см. условия эксперимента в [25]) и $Q_b^* = 8$ кТм, величина критического размера зерна $d_1 \sim 21$ мкм). Было показано, что в стали с размером зерна $d = 30$ мкм $> d_1$ для достижения значения $Q_b = 190$ кДж/моль при $T = 653$ К и 673 К требуется время отжига $\sim 2 \cdot 10^4$ с и $\sim 10^3$ с, соответственно, а для стали с $d = 2.1$ мкм - время ~ 800 с и ~ 300 с, соответственно.

Более подробный анализ результатов [23-25] проведен в [10].

Перейдем теперь к анализу процессов возврата в УМЗ материалах.

2.2 Возврат диффузионных свойств границ зерен при отжиге УМЗ материалов

Поскольку работы, в которых проведены прямые измерения зависимости величин D_b^* или Q_b^* от времени отжига в УМЗ материалах практически отсутствуют, используем для анализа кинетики возврата косвенные данные, полученные при рентгеноструктурных исследованиях этих материалов.

а) Ультрамелкозернистый медный сплав $Cu-0.5\%Al_2O_3$

В работе [28] описаны результаты исследований влияния низкотемпературных дорекристаллизационных отжигов на внутренние напряжения в сплаве $Cu-0.5\%Al_2O_3$, УМЗ структура которого была сформирована методом кручения под квазигидростатическим давлением (ККГД) при комнатной температуре. Средний размер зерна в состоянии после ККГД составлял $d \sim 80$ нм ($d < d_1$).

Измерение микродеформаций ($\Delta\varepsilon$, %) проводилось методом рентгеноструктурного анализа в соответствии с обычной процедурой [29]. В результате исследований была получена зависимость $\Delta\varepsilon$ от температуры 30-минутного отжига в интервале температур от 293 до 673 К (см. табл. 2, рис. 1). (Максимальная температура отжига в эксперименте соответствовала температуре начала рекристаллизации).

Используя соотношение $\sigma_{elast} = E \cdot \Delta\varepsilon$ (где E – модуль упругости меди), можно определить зависимость величины упругих напряжений (σ_{elast}) от температуры отжига. Из проведенных

оценок следует, что увеличение температуры от 293 до 623 К приводит к уменьшению σ_{elast} от 120 до 24 МПа.

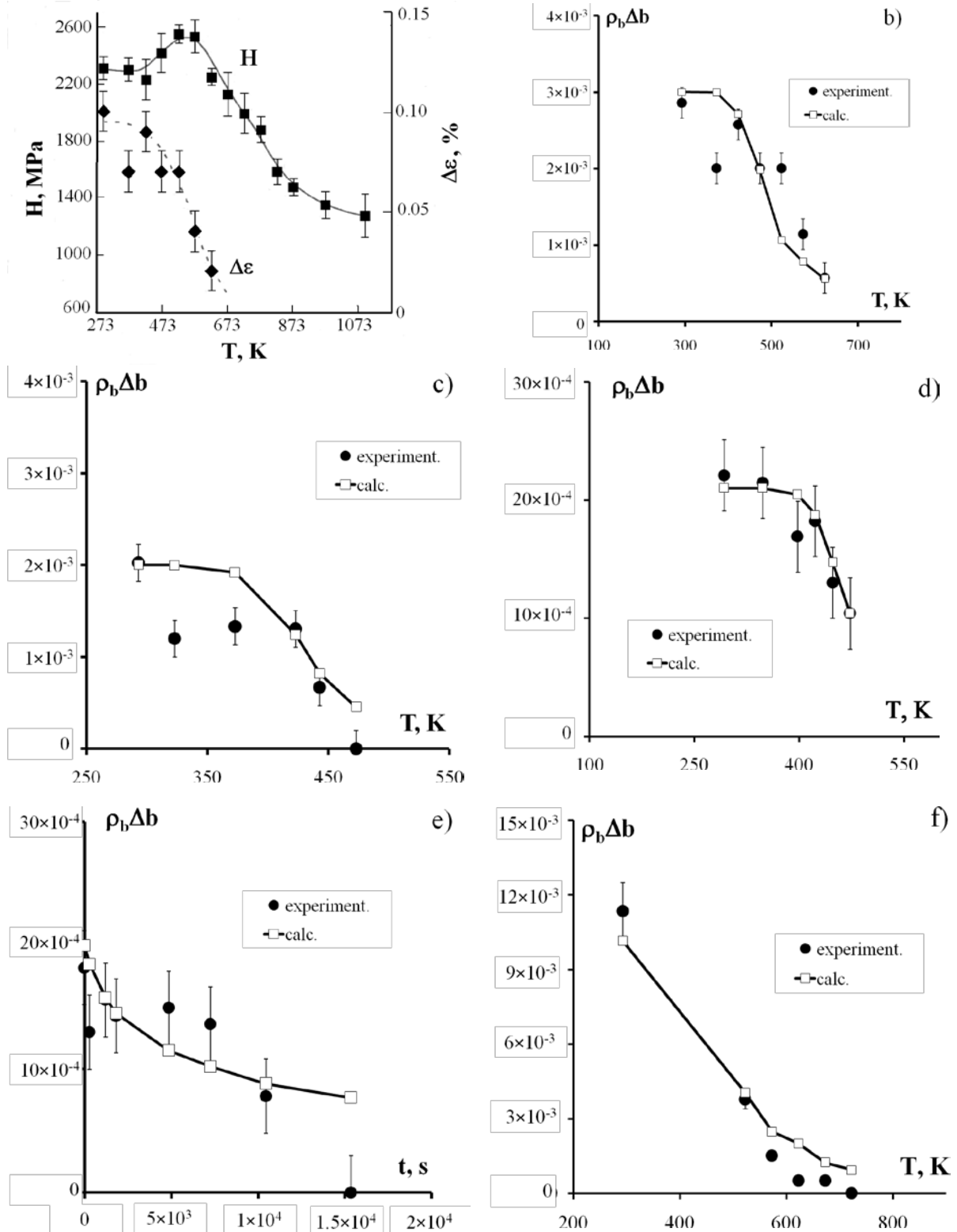


Рис. 1. Зависимость микротвердости (H) и величины микроискажений ($\epsilon_{\text{ср.кв}}$) от температуры отжига УМЗ сплава $\text{Cu}+0.5\%\text{Al}_2\text{O}_3$ [28] (рис. 1а), а также результаты численного расчета зависимости плотности ДОН от температуры (б, в, г, д) и времени отжига УМЗ металлов: б - сплав $\text{Cu}-0.5\%\text{Al}_2\text{O}_3$ [28]; в - УМЗ Ni [6], г, д – УМЗ Ti [30], е - УМЗ Ti [31, 32].

Предполагая, что в УМЗ меди процесс возврата контролируется кинетикой делокализации ДОН ($d < d_1$), можно связать величину σ_{elast} с плотностью ДОН с помощью простого соотношения: $\rho_b \Delta b = \varphi_1 \sigma_{\text{elast}} / G$ (см. (13)). Оценки показывают, что при увеличении температуры 30-минутного отжига от 293 К до 623 К плотность ДОН ($\rho_b \Delta b$) уменьшается от исходного значения $2.9 \cdot 10^{-3}$ до $5.7 \cdot 10^{-4}$.

В соответствии с (2)-(3) такое изменение плотности ДОН соответствует повышению Q_b^* от 7.8 кТ_м до 9.2 кТ_м и увеличению множителя D_{b0}^* от $1.69 \cdot 10^{-6}$ м²/с до $8.83 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Необходимые для расчета параметры приведены в табл.1.

Решим теперь «обратную» задачу. Для этого воспользуемся приведенной выше теоретической зависимостью (19) плотности ДОН от времени и температуры отжига. Принимая $\rho_{b0} \Delta b = 3 \cdot 10^{-3}$, $b = 2.56 \cdot 10^{-10}$ м, $A_1 = 10$ определим зависимость плотности ДОН от температуры отжига при $t = 30$ min и сопоставим ее с экспериментальной. Результаты такого сопоставления представлены на рис.1а.

б) Ультрамелкозернистый никель

1. В [6] описаны результаты исследований УМЗ Ni ($d \sim 0.13$ мкм $< d_1$), структура которого сформирована методом равноканально-углового прессования (РКУП). Отжижки проводились в дорекристаллизационном интервале температур. Результаты измерений величины микродеформаций $\Delta \epsilon$ представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Зависимость величины микродеформаций $\Delta \epsilon$, % от температуры отжига в УМЗ никеле [6]

Т, К	293	323	373	423	443
$\Delta \epsilon$, %	0.076	0.045	0.05	0.049	0.025

Используя описанную выше процедуру получим, что при отжиге УМЗ Ni величина σ_{elast} уменьшается от 156 до 51 МПа, что соответствует снижению плотности ДОН от $2.0 \cdot 10^{-3}$ до $6.7 \cdot 10^{-4}$. Такое изменение плотности ДОН соответствует (см. (2)-(3)) повышению Q_b^* от 7.9 кТ_м до 8.7 кТ_м и повышению D_{b0}^* от $1.53 \cdot 10^{-6}$ м²/с до $5.28 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Необходимые для расчета параметры материала приведены в табл. 1.

На рис. 1б представлены экспериментальные данные и результаты численного расчета зависимости плотности ДОН от температуры отжига УМЗ Ni. Сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными показывает их удовлетворительное соответствие.

2. В работе [30] описаны результаты исследований влияния времени и температуры изотермической выдержки на внутренние напряжения в УМЗ никеле ($d \sim 70-100$ нм $< d_1$), структура которого сформирована методом РКУП.

Обобщение данных показывает, что увеличение температуры 30-минутного отжига от 348 К до 473 К приводит к уменьшению σ_{elast} от 170 до 80 МПа, что соответствует уменьшению плотности $\rho_b \Delta b$ от $2.21 \cdot 10^{-3}$ до $1.04 \cdot 10^{-3}$ (см. (13)). Такое изменение плотности ДОН соответствует (см. (2)-(3)) повышению Q_b^* от 7.0 кТ_м до 7.6 кТ_м и повышению D_{b0}^* от $3.48 \cdot 10^{-6}$ м²/с до $4.74 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Следует также отметить, что за время $t \sim 260$ мин при $T = 448$ К происходит уменьшение σ_{elast} от ~ 140 МПа до нуля, что соответствует уменьшению плотности ДОН от $1.82 \cdot 10^{-3}$ до нуля и, соответственно, увеличению Q_b^* от 7.2 кТ_м до 8.1 кТ_м и увеличению предэкспоненциального множителя D_{b0}^* от $3.90 \cdot 10^{-6}$ м²/с до $5.28 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Результаты расчетов представлены на рис. 1в, г. Сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными показывает их хорошее соответствие.

в) *Ультрамелкозернистый титан*

В [31, 32] описаны результаты исследований влияния отжигов на уровень внутренних напряжений в титане ВТ1-0, УМЗ структура ($d=0.3 \text{ мкм} < d_1$) которого была сформирована комбинацией радиально-сдвиговой, продольной и поперечно-винтовой прокаток. Отжиги образцов проводились в интервале температур до температуры рекристаллизации (723 К), определенной по результатам исследований структуры и измерений твердости [31, 32]. Рассчитанные значения σ_{elast} представлены в табл. 3.

Обобщение представленных данных показывает, что увеличение температуры отжига УМЗ титана от 293 К до 673 К приводит к уменьшению σ_{elast}/E от $4.5 \cdot 10^{-3}$ до $2.0 \cdot 10^{-4}$, что соответствует уменьшению σ_{elast} от 495 до 22 МПа. Величина σ_{elast} после отжига при 723 К равна нулю [31, 32]. Такое изменение σ_{elast} в соответствии с понижением плотности $\rho_b \Delta b$ от $1.14 \cdot 10^{-2}$ до $5.05 \cdot 10^{-4}$ (см. уравнение (13)), и, как следствие, повышению D_{b0}^* от $1.75 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ до $6.18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ (см. уравнение (3)) и Q_b^* от 3.8 кТм до 7.8 кТм (см. уравнение (2)).

На рис. 1д представлены результаты численного расчета зависимости плотности ДОН от температуры отжига УМЗ титана. Сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными показывает их удовлетворительное соответствие.

Таблица 3.

Зависимость внутренних напряжений от температуры отжига УМЗ титана [31, 32]

T, K	293	523	573	623	673	723	773
σ_{elast}/E	$450 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	0

Обсуждение результатов. Как видно из изложенной выше модели и приведенных результатов, энергия активации и коэффициент диффузии УМЗ металлов и сплавов оказываются не постоянными, а зависят от времени и температуры отжига. В процессе изотермической выдержки при комнатной или повышенной температуре имеет место повышение энергии активации зернограничной диффузии от значений, характерных для неравновесного состояния $Q_b^* \sim 5 \div 6 \text{ кТм}$ [2], до значений, характерных для равновесных границ зерен $Q_b \sim 9 \div 10 \text{ кТм}$ [17]. С этим, на наш взгляд, связана некорректность использования стандартной процедуры определения параметров диффузионных свойств границ зерен в УМЗ материалах основанная на построении зависимости $\ln D_b^* - T_m/T$, при использовании которой неявно предполагается, что значения D_{b0}^* и Q_b^* остаются постоянными.

Следует также обратить внимание, что кинетика процессов возврата в УМЗ материалах с малым ($d < d_1$) и крупным ($d > d_1$) зерном, а также при «низкой» ($T < T_1$) и «высокой» температуре ($T > T_1$) может заметно отличаться – в частности при $d > d_1$ эта кинетика оказывается существенно зависящей от размера зерна.

Указанная нестабильность диффузионных свойств границ зерен УМЗ материалов, обусловленная их исходной неравновесностью, должна приниматься во внимание и при прогнозе свойств УМЗ материалов, и при решении методических задач, связанных с оценкой диффузионных свойств их границ зерен.

Выводы. Проведен теоретический анализ особенностей изменения диффузионных свойств неравновесных границ зерен УМЗ материалов в процессе возврата. Показано, что интенсивность возврата диффузионных свойств границ зерен зависит от размера зерна и в УМЗ материалах оказывается гораздо выше, чем в крупнозернистых.

Примечания:

1. Segal V.M. *Fundamentals and Engineering of Severe Plastic Deformation* / V.M. Segal, I.J. Beyerlein, C.N. Tome, V.N. Chuvil'deev, V.I. Kopylov. New York: Nova Science Publishers, 2010, 549 p.
2. Чувильдеев В.Н. Неравновесные границы зерен в металлах. Теория и приложения. М.: Физматлит, 2004. 304 с.
3. Сегал В.М. Процессы пластического структурообразования металлов / В.М. Сегал, В.И. Резников, В.И. Копылов, Д.А. Павлик, В.Ф. Малышев. Минск: Наука и техника, 1994, 232 с.
4. Valiev R.Z. Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement / R.Z. Valiev, T.G. Langdon // *Progress in Materials Science*. 2006. V. 51. P. 881.
5. Грабовецкая Г.П. Зернограничная диффузия и ползучесть субмикроструктурных металлических материалов, полученных методами интенсивной пластической деформации. 01.04.07. Автореф. дисс. к.т.н. Томск: Томский государственный университет, 2008. 32 с.
6. Колобов Ю.Р. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурированных материалов / Ю.Р. Колобов, Р.З. Валиев, Г.П. Грабовецкая, А.П. Жилиев, Е.Ф. Дударев, К.В. Иванов, М.Б. Иванов, О.А. Кашин, Е.В. Найденкин. Новосибирск: Наука, 2001, 232 с.
7. Chuvil'deev V.N. Non-equilibrium grain boundaries. Theory and its applications for describing nano- and microcrystalline materials processed by ECAP / V.N. Chuvil'deev, V.I. Kopylov, W. Zeiger // *Annales de Chimie: Science des Materiaux*. 2002. V. 27. Iss. 3. P. 55-64.
8. Kolobov Yu.R. Grain boundary diffusion characteristics of nanostructured nickel / Yu.R. Kolobov, G.P. Grabovetskaya, M.B. Ivanov, A.P. Zhilyaev, R.Z. Valiev // *Scripta Materialia*. 2001. V.44. Iss. 6. P. 873-878.
9. Колобов Ю.Р. Влияние состояния границ и размера зерен на механизмы ползучести субмикроструктурного никеля / Ю.Р. Колобов, Г.П. Грабовецкая, К.В. Иванов, Н.В. Гирсова // *Физика металлов и металловедение*. 2001. Т. 91. №5. С. 107-112.
10. Чувильдеев В.Н. Микромеханизмы зернограничного возврата при отжиге после деформации. Часть I. Возврат диффузионных свойств границ зерен / В.Н. Чувильдеев, О.Э. Пирожникова, А.В. Петряев // *Физика металлов и металловедение*. 2001. Т. 92. №6. С. 14-19.
11. Петряев А.В. Микромеханизмы зернограничного возврата при отжиге после деформации. Часть II. Возврат предела текучести в мелкозернистых материалах / А.В. Петряев, В.Н. Чувильдеев // *Физика металлов и металловедение*. 2001. Т. 92. №6. С. 20-26.
12. Amouyal Y. Short-circuit diffusion in an ultrafine-grained copper-zirconium alloy processed by equal channel angular pressing / Y. Amouyal, S.V. Divinski, Y. Estrin, E. Rabkin // *Acta Materialia*. 2007. V. 55. Iss. 17. P. 5968-5979.
13. Fujita T. Using grain boundary engineering to evaluate the diffusion characteristics in ultrafine-grained Al-Mg and Al-Zn alloys / T. Fujita, Z. Horita, T.G. Langdon // *Materials Science and Engineering A*. 2004. V. 371. Iss. 1-2. P. 241-250.
14. Amouyal Y. Grain boundary diffusion and recrystallization in ultrafine grain copper produced by equal channel angular pressing / Y. Amouyal, S.V. Divinski, L. Klinger, E. Rabkin // *Acta Materialia*. 2008. V. 56. Iss. 19. P. 5500-5511.
15. Molodova X. Thermal stability of ECAP processed pure copper / X. Molodova, G. Gottstein, M. Winking, R.J. Hellmig // *Materials Science and Engineering A*. 2007. V. 460-461. P. 204-213.
16. Kim H.-K. Activation energies for the grain growth of an AZ31 Mg alloy after equal channel angular pressing // *Journal of Materials Science*. 2004. V. 39. Iss. 23. P. 7107-7109.
17. Фрост Г.Дж. Карты механизмов деформации / Г.Дж. Фрост, М.Ф. Эшби. Челябинск: Металлургия, 1989. 328 с.
18. Чувильдеев В.Н. Микромеханизм деформационно-стимулированной зернограничной самодиффузии. Часть 3. Влияние потоков решеточных дислокаций на диффузионные свойства границ зерен / В.Н. Чувильдеев, О.Э. Пирожникова // *Физика металлов и металловедение*. 1996. Т. 82. №1. С. 106-115.
19. Чувильдеев В.Н. Условия применимости соотношения Холла-Петча для нано- и микрокристаллических материалов, полученных методом интенсивной пластической деформации / В.Н. Чувильдеев, А.В. Нохрин, В.И. Копылов, Ю.Г. Лопатин, Н.В. Мелехин, О.Э. Пирожникова, М.М. Мышляев, Н.В. Сахаров // *Деформация и разрушение материалов*. 2009. №12. С. 17-25.
20. Чувильдеев В.Н. Модель деформационного упрочнения при сверхпластичности нано- и микрокристаллических сплавов, полученных методами интенсивного пластического деформирования / В.Н. Чувильдеев, О.Э. Пирожникова, А.В. Нохрин, М.Ю. Грязнов, Ю.Г. Лопатин, В.И. Копылов, Н.В. Мелехин, Н.В. Сахаров, М.М. Мышляев // *Деформация и разрушение материалов*. 2011. №1. С. 17-25.
21. Чувильдеев В.Н. Эффект одновременного повышения прочности и пластичности при комнатной температуре в нано- и микрокристаллических металлах, полученных методами интенсивного пластического деформирования. Модель расчета предельной прочности и пластичности

при комнатной температуре. Часть 1 / В.Н. Чувильдеев, А.В. Нохрин, В.И. Копылов, М.Ю. Грязнов, О.Э. Пирожникова, Ю.Г. Лопатин // *Материаловедение*. 2010. №12. С. 2-10.

22. Нохрин А.В. Термическая стабильность структуры микрокристаллических металлов, полученных методом равноканального углового прессования / А.В. Нохрин, В.Н. Чувильдеев, Е.С. Смирнова, И.М. Макаров, Ю.Г. Лопатин, В.И. Копылов // *Металлы*. 2004. №2. С. 41-55.

23. Kwiecinski J. Kinetics of recovery on grain boundaries in polycrystalline aluminium / J. Kwiecinski, J. Wyrzykowski. // *Acta Metallurgica*. 1989. V. 37. Iss. 5. P. 1503-1507.

24. Kwiecinski J. Investigation of grain boundary self-diffusion at low temperatures in polycrystalline aluminium means of the dislocation spreading method / J. Kwiecinski, J. Wyrzykowski. // *Acta Metallurgica*. 1991. V. 39. Iss. 8. P. 1953-1958.

25. Swiatnicki W.A. Investigation of grain boundary diffusion in polycrystals by means of extrinsic grain boundary dislocations spreading rate / W.A. Swiatnicki, W. Lojkowski, M.W. Grabski // *Acta Metallurgica*. 1986. V. 34. Iss. 4. P. 599-605.

26. Lojkowski W. Kinetics of the spreading of extrinsic grain boundary dislocation of random grain boundaries in metals / W. Lojkowski, M.N. Grabski. // *Metals and Materials Science*. 1981. V. 1. P. 329-333.

27. Varin R.A. On the relation between temperature and time of the spreading of extrinsic grain boundary. Dislocations and the grain boundary energy in an austenitic steel // *Z. Metallkunde*. 1982. V. 10. P. 654-658.

28. Амирханов Н.М. Механические свойства нанокompозита Cu+0.5%Al₂O₃, полученного интенсивной пластической деформацией / Н.М. Амирханов, Р.К. Исламгалиев, Р.З. Валиев // *Физика металлов и материаловедение*. 2001. Т. 92. №5. С. 99-107.

29. Горелик С.С. Рентгенографический и электроннографический анализ / С.С. Горелик, С.П. Расторгуев, Ю.А. Скаков. М.: *Металлургия*, 2002, 576 с.

30. Klemm R. / R. Klemm, E. Thiele, C. Holste, J. Eckert, N. Schell. Thermal stability of grain structure and defects in submicrystalline and nanocrystalline nickel // *Scripta Materialia*. 2002. V. 46. Iss. 9. P. 685-690.

31. Колобов Ю.Р. Технологии формирования структуры и свойств титановых сплавов для медицинских имплантатов с биоактивными покрытиями // *Российские нанотехнологии*. 2009. Т. 4. №11-12. С. 69-81.

32. Голосов Е.В. Закономерности и механизмы диффузионно-контролируемых процессов в наноструктурированных материалах на основе титана и ниобия. 01.04.07. Автореф. дисс. к.ф.-м.н. Белгород: БГУ, 2009, 24 с.

References:

1. Segal V.M. *Fundamentals and Engineering of Severe Plastic Deformation* / V.M. Segal, I.J. Beyerlein, C.N. Tome, V.N. Chuvil'deev, V.I. Kopylov. New York: Nova Science Publishers, 2010, 549 p.

2. Chuvil'deev V.N. *Neravnovesnye granitsy zeren v metallakh. Teoriya i prilozheniya*. М.: Fizmatlit, 2004. 304 s. (In rus.)

3. Segal V.M. *Protsessy plasticheskogo strukturoobrazovaniya metallov* / V.M. Segal, V.I. Reznikov, V.I. Kopylov, D.A. Pavlik, V.F. Malyshev. Minsk: Nauka i tekhnika, 1994, 232 s. (In rus.)

4. Valiev R.Z. Principles of equal-channel angular pressing as a processing tool for grain refinement / R.Z. Valiev, T.G. Langdon // *Progress in Materials Science*. 2006. V. 51. P. 881.

5. Grabovetskaya G.P. *Zernogranichnaya diffuziya i polzuchest' submikrokristallicheskih metallicheskih materialov, poluchennykh metodami intensivnoi plasticheskoi deformatsii*. 01.04.07. Avtoref. diss. k.t.n. Tomsk: Tomskii gosudarstvennyi universitet, 2008. 32 s. (In rus.)

6. Kolobov Yu.R. *Zernogranichnaya diffuziya i svoistva nanostrukturirovannykh materialov* / Yu.R. Kolobov, R.Z. Valiev, G.P. Grabovetskaya, A.P. Zhilyaev, E.F. Dudarev, K.V. Ivanov, M.B. Ivanov, O.A. Kashin, E.V. Naidenkin. Novosibirsk: Nauka, 2001. 232 s. (In rus.)

7. Chuvil'deev V.N. Non-equilibrium grain boundaries. Theory and its applications for describing nano- and microcrystalline materials processed by ECAP / V.N. Chuvil'deev, V.I. Kopylov, W. Zeiger // *Annales de Chimie: Science des Materiaux*. 2002. V. 27. Iss. 3. P. 55-64.

8. Kolobov Yu.R. Grain boundary diffusion characteristics of nanostructured nickel / Yu.R. Kolobov, G.P. Grabovetskaya, M.B. Ivanov, A.P. Zhilyaev, R.Z. Valiev // *Scripta Materialia*. 2001. V.44. Iss. 6. P. 873-878.

9. Kolobov Yu.R. *Vliyanie sostoyaniya granits i razmera zeren na mekhanizmy polzuchesti submikrokristallicheskogo nikelya* / Yu.R. Kolobov, G.P. Grabovetskaya, K.V. Ivanov, N.V. Girsova // *Fizika metallov i metallovedenie*. 2001. Т. 91. №5. S. 107-112. (In rus.)

10. Chuvil'deev V.N. *Mikromekhanizmy zernogranichnogo vozvrata pri ozhighe posle deformatsii. Chast' I. Vozvrat diffuzionnykh svoistv granits zeren* / V.N. Chuvil'deev, O.E. Pirozhnikova, A.V. Petryaev // *Fizika metallov i metallovedenie*. 2001. Т. 92. №6. S. 14-19. (In rus.)

11. Petryaev A.V. Mikromekhanizmy zernogranichnogo vozvrata pri ozhighe posle deformatsii. Chast' II. Vozvrat predela tekuchesti v melkozernistykh materialakh / A.V. Petryaev, V.N. Chuvil'deev // Fizika metallov i metallovedenie. 2001. T. 92. №6. S. 20-26. (In rus.)
12. Amouyal Y. Short-circuit diffusion in an ultrafine-grained copper-zirconium alloy processed by equal channel angular pressing / Y. Amouyal, S.V. Divinski, Y. Estrin, E. Rabkin // Acta Materialia. 2007. V. 55. Iss. 17. P. 5968-5979.
13. Fujita T. Using grain boundary engineering to evaluate the diffusion characteristics in ultrafine-grained Al-Mg and Al-Zn alloys / T. Fujita, Z. Horita, T.G. Langdon // Materials Science and Engineering A. 2004. V. 371. Iss. 1-2. P. 241-250.
14. Amouyal Y. Grain boundary diffusion and recrystallization in ultrafine grain copper produced by equal channel angular pressing / Y. Amouyal, S.V. Divinski, L. Klinger, E. Rabkin // Acta Materialia. 2008. V. 56. Iss. 19. P. 5500-551.
15. Molodova X. Thermal stability of ECAP processed pure copper / X. Molodova, G. Gottstein, M. Winning, R.J. Hellmig // Materials Science and Engineering A. 2007. V. 460-461. P. 204-213.
16. Kim H.-K. Activation energies for the grain growth of an AZ31 Mg alloy after equal channel angular pressing // Journal of Materials Science. 2004. V. 39. Iss. 23. P. 7107-7109.
17. Frost G.Dzh. Karty mekhanizmov deformatsii / G.Dzh. Frost, M.F. Eshbi. Chelyabinsk: Metallurgiya, 1989. 328 s. (In rus.)
18. Chuvil'deev V.N. Mikromekhanizm deformatsionno-stimulirovannoi zernogranichnoi samodiffuzii. Chast' 3. Vliyaniye potokov reshetochnykh dislokatsii na diffuzionnye svoistva granits zeren / V.N. Chuvil'deev, O.E. Pirozhnikova // Fizika metallov i metallovedenie. 1996. T. 82. №1. S. 106-115. (In rus.)
19. Chuvil'deev V.N. Usloviya primenimosti sootnosheniya Kholla-Petcha dlya nano- i mikrokristallicheskiykh materialov, poluchennykh metodom intensivnoi plasticheskoi deformatsii / V.N. Chuvil'deev, A.V. Nokhrin, V.I. Kopylov, Yu.G. Lopatin, N.V. Melekhin, O.E. Pirozhnikova, M.M. Myshlyaev, N.V. Sakharov // Deformatsiya i razrusheniye materialov. 2009. №12. S. 17-25. (In rus.)
20. Chuvil'deev V.N. Model' deformatsionnogo uprochneniya pri sverkhplastichnosti nano- i mikrokristallicheskiykh splavov, poluchennykh metodami intensivnogo plasticheskogo deformirovaniya / V.N. Chuvil'deev, O.E. Pirozhnikova, A.V. Nokhrin, M.Yu. Gryaznov, Yu.G. Lopatin, V.I. Kopylov, N.V. Melekhin, N.V. Sakharov, M.M. Myshlyaev // Deformatsiya i razrusheniye materialov. 2011. №1. S. 17-25. (In rus.)
21. Chuvil'deev V.N. Effekt odnovremennogo povysheniya prochnosti i plastichnosti pri komnatnoi temperature v nano- i mikrokristallicheskiykh metallakh, poluchennykh metodami intensivnogo plasticheskogo deformirovaniya. Model' rascheta predel'noi prochnosti i plastichnosti pri komnatnoi temperature. Chast' 1 / V.N. Chuvil'deev, A.V. Nokhrin, V.I. Kopylov, M.Yu. Gryaznov, O.E. Pirozhnikova, Yu.G. Lopatin // Metallovedenie. 2010. №12. S. 2-10. (In rus.)
22. Nokhrin A.V. Termicheskaya stabil'nost' struktury mikrokristallicheskiykh metallov, poluchennykh metodom ravnokanal'nogo uglovogo pressovaniya / A.V. Nokhrin, V.N. Chuvil'deev, E.S. Smirnova, I.M. Makarov, Yu.G. Lopatin, V.I. Kopylov // Metally. 2004. №2. S. 41-55. (In rus.)
23. Kwiecinski J. Kinetics of recovery on grain boundaries in polycrystalline aluminium / J. Kwiecinski, J. Wyrzykowski. // Acta Metallurgica. 1989. V. 37. Iss. 5. P. 1503-1507.
24. Kwiecinski J. Investigation of grain boundary self-diffusion at low temperatures in polycrystalline aluminium means of the dislocation spreading method / J. Kwiecinski, J. Wyrzykowski. // Acta Metallurgica. 1991. V. 39. Iss. 8. P. 1953-1958.
25. Swiatnicki W.A. Investigation of grain boundary diffusion in polycrystals by means of extrinsic grain boundary dislocations spreading rate / W.A. Swiatnicki, W. Lojkowski, M.W. Grabski // Acta Metallurgica. 1986. V. 34. Iss. 4. P. 599-605.
26. Lojkowski W. Kinetics of the spreading of extrinsic grain boundary dislocation of random grain boundaries in metals / W. Lojkowski, M.N. Grabski. // Metals and Materials Science. 1981. V. 1. P. 329-333.
27. Varin R.A. On the relation between temperature and time of the spreading of extrinsic grain boundary. Dislocations and the grain boundary energy in an austenitic steel // Z.Metallkunde. 1982. V. 10. P. 654-658. (In rus.)
28. Amirkhanov N.M. Mekhanicheskie svoistva nanokompozita Cu+0.5%Al₂O₃, poluchennogo intensivnoi plasticheskoi deformatsiei / N.M. Amirkhanov, R.K. Islamgaliev, R.Z. Valiev // Fizika metallov i metallovedenie. 2001. T. 92. №5. S. 99-107. (In rus.)
29. Gorelik S.S. Rentgenograficheskii i elektronograficheskii analiz / S.S. Gorelik, S.P. Rastorguev, Yu.A. Skakov. M.: Metallurgiya, 2002, 576 s. (In rus.)
30. Klemm R. / R. Klemm, E. Thiele, C. Holste, J. Eckert, N. Schell. Thermal stability of grain structure and defects in submicrystalline and nanocrystalline nickel // Scripta Materialia. 2002. V. 46. Iss. 9. P. 685-690.

31. Kolobov Yu.R. Tekhnologii formirovaniya struktury i svoistv titanovykh splavov dlya meditsinskikh implantatov s bioaktivnymi pokrytiyami // Rossiiskie nanotekhnologii. 2009. T. 4. №11-12. S. 69-81. (In rus.)

32. Golosov E.V. Zakonomernosti i mekhanizmy diffuzionno-kontroliruemykh protsessov v nanostrukturirovannykh materialakh na osnove titana i niobiya. 01.04.07. Avtoref. diss. k.f.-m.n. Belgorod: BGU, 2009, 24 s. (In rus.)

УДК 539.4; 669.3

**Теоретический анализ процессов возврата диффузионных свойств
неравновесных границ зерен при отжиге
ультрамелкозернистых металлов и сплавов**

¹ Владимир Николаевич Чувильдеев

² Владимир Ильич Копылов

³ Алексей Владимирович Нохрин

⁴ Ольга Эдуардовна Пирожникова

^{1, 3, 4} Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Россия
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 3

Доктор физико-математических наук, профессор

E-mail: chuvildeev@nifti.unn.ru

² Физико-технический институт Национальной Академии Наук Беларуси, Беларусь
220141, г. Минск, ул. Купревича, 10

E-mail: kopylov.ecap@gmail.com

³ Кандидат физико-математических наук

E-mail: nokhrin@nifti.unn.ru

⁴ Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

E-mail: opiro@mail.ru

Аннотация. В работе проведен теоретический анализ особенной процесса возврата диффузионных свойств при отжиге ультрамелкозернистых (УМЗ) материалов, полученных методами интенсивного пластического деформирования (ИПД). Показано, что энергия активации и коэффициент зернограницной диффузии УМЗ материалов зависят от плотности накопленных в границах дефектов, попавших в границы зерен при ИПД. Во время отжига происходит диффузионное перераспределение дефектов в границах зерен УМЗ материалов, что приводит к изменению их диффузионных свойств. Показано, что интенсивность возврата диффузионных свойств границ зерен зависит от размера зерна и в УМЗ материалах она оказывается гораздо выше, чем в более крупнозернистых материалах.

Ключевые слова: Ультрамелкозернистые металлы; неравновесные границы зерен; возврат; диффузия.

Biological Sciences**Биологические науки**

UDC 58.01.07

***Saponaria officinalis* Seeds Germination Morphology and Biology**¹ Margaret Yu. Ishmuratova² Helen A. Gavril'kova³ Alexandra Sh. Dodonova⁴ Saltanat U. Tleukenova¹⁻⁴ Karaganda State University named on E.A.Buketov, Kazakhstan¹ PhD (Biology)

E-mail: margarita.ishmur@mail.ru

² Senior Lecturer³ PhD (Biology)⁴ PhD (Biology)

Abstract. This work deals with the study of influence of terms and storage conditions on *Saponaria officinalis* seed quality, stored in different containers (paper, plastic, fabric and glass), in the different temperature conditions, under light or darkness. The morphology, biology of *Saponaria officinalis* seeds was described. Basing in the obtained results, we recommend to store *Saponaria officinalis* seeds within 3 months in paper container at the temperature of - 18 °C.

Keywords: *Saponaria officinalis*; seed material; seed germination; germinating energy; seed morphology; biology of germination; storage; temperature; growth phases.

Введение. Выращивание лекарственных растений имеет важное практическое значение для обеспечения растительным сырьем фармацевтической промышленности Казахстана.

При введении дикорастущих растений в культуру важным моментом является изучение биологических особенностей семян при их прорастании, оценка оптимальных сроков и условий хранения, разработка способов повышения семенной всхожести в лабораторных условиях. Практически отсутствуют исследования по биологии прорастания семенного материала мыльнянки лекарственной.

Мыльнянка лекарственная (*Saponaria officinalis* L., сем. *Caryophyllaceae*) – многолетнее травянистое растение, является ценным лекарственным растением. В отечественной и зарубежной литературе [1] описаны следующие фармакологические свойства мыльнянки лекарственной: отхаркивающие, противокашлевые, желчегонные, мочегонные, потогонные, слабительные, бактерицидные, антимикробные, ранозаживляющие, противоревматические, гомеопатические. В качестве лекарственного сырья используют корни и корневища, в народной медицине используют листья во время цветения.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся семенной материал мыльнянки лекарственной. Исследование всхожести и энергии прорастания семян осуществляли по методическим указаниям М.С. Зориной и С.П. Кабанова [2], М.В. Мальцевой [3].

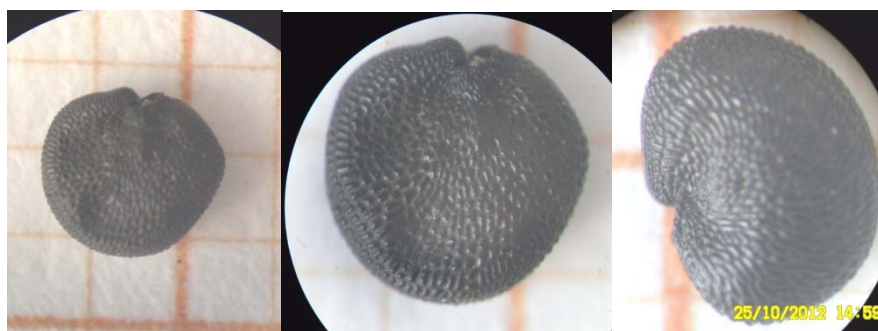
При изучении прорастания семян учитывались следующие фазы: наклевывание, появление зародышевого корня, выход и удлинение гипокотила, вынос семядольных листьев и их развертывание, появление первой пары настоящих листьев и их раскрытие.

В лабораторных условиях семена проращивали в чашках Петри в 4-кратной повторности на 2-х слоях фильтровальной бумаги, смоченной дистиллированной водой. Для определения влияния отдельных факторов на прорастание семенного материала чашки Петри помещали в климакамеру и темный шкаф. Холодная стратификация осуществлялась в течение 30-90 суток.

Для оценки влияния света на прорастание, семенной материал проращивали на свету и в темноте. Определение веса 1000 штук семян проводили в соответствии с методикой С.С. Лищук [4]. Морфологию семян и проростков исследовали на бинокулярном микроскопе МБС-1 при увеличении 32–56 раз. Описание семенного материала и проростков осуществляли согласно публикаций В.Н. Вехова, Л.И. Лотовой, В.Р. Филин [5], З.Т. Артюшенко [6]. Статистическую обработку результатов вели по методике Н.Л. Удольской [7].

Обсуждение. Исследование особенностей морфологии и весовых показателей семян *Saponaria officinalis* – Мыльнянки лекарственной из сем. *Caryophyllaceae* – Гвоздичные проводили на семенах, собранных в 2010 г.

Семена мелкие, почковидной формы, мелкобугорчатые, твердые. На брюшной стороне находится выемка – след от прикрепления семени. Длина семени составляет 2–2,5 мм, ширина 2 мм. Цвет от светло-коричневого до черного. Вес 1000 штук – 2,07 г. (рис. 1).



увеличение 32^x

увеличение 56^x

Рис. 1. Семена мыльнянки лекарственной – *Saponaria officinalis*

Нами была изучена биология прорастания *Saponaria officinalis* на свету. Семена, обработанные $KMnO_4$, проростков не дали. Семена были подвержены термической (3-кратное ошпариванием) и химической скарификации (конц. H_2SO_4). Прорастание семенного материала наблюдали после химической обработки в течение 5 минут.

Начало прорастания семян наблюдали на 2 день, причем, у некоторых семян прорастание началось с появления корешка, у других с выхода гипокотилия, у третьих – с появления семядольных листьев. Проросток проходил все стадии развития. Обычно первым появлялся белый зародышевый корешок, 1,1 мм длиной и 0,4 мм шириной, с выраженным корневым чехликом. При этом длина гипокотилия составила 2,3 мм, ширина - до 0,5 мм, цвет светло-зеленый. После гипокотиль удлинялся, вытягивался, делал изгиб и выносил сложенные вместе семядольные листья (обычно на 3-и сутки). Их раскрытие отмечали через 1-2 дня. Семядольные листья ланцетовидной формы, зеленого цвета, хорошо выражена центральная жилка, длина 6,2 мм, ширина 1 мм. В этот период корешок удлинялся до 9,2 мм, длина гипокотилия 9,5 мм. На 11 день прорастания появляются зачатки 1 пары настоящих листьев, раскрытие которых происходит через 2-3 дня. Настоящие листья продолговато-овальной формы, цельно-крайние, зеленого цвета, 4 мм длиной и 1 мм шириной. Через 2 недели после начала прорастания проросток имел следующие размеры: высота 41,8 мм, диаметр 0,5 мм, длина корешка – 22 мм, длина гипокотилия – 19,8 мм, ширина – 0,5 мм, длина семядольных листьев – 6,6 мм, ширина 1 мм, настоящих листьев 4 и 1 мм соответственно (рис. 2).

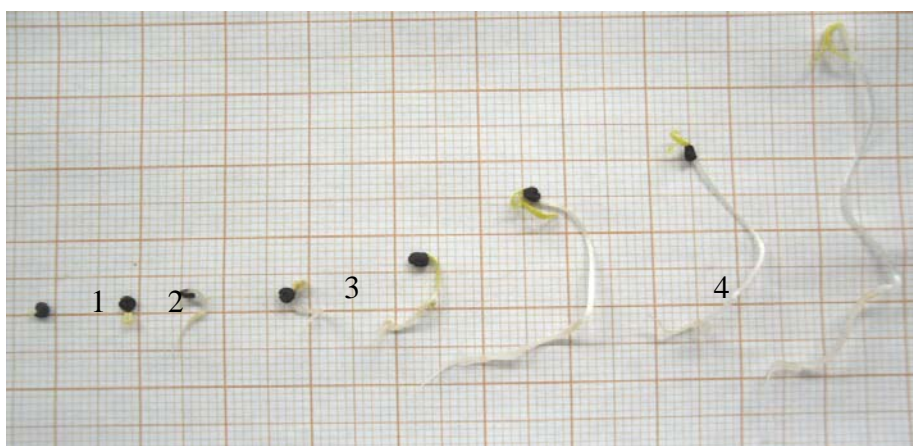


1 – наклеивание семени, 2 – появление зародышего корня, 3 – появление гипокотилия,
4 – удлинение гипокотилия, 5 – вынос наружу и развертывание семядольных листьев,
6 – появление и развертывание 1 пары настоящих листьев

Рис. 2. Биология прорастания *Saponaria officinalis*

В качестве сравнения исследованы особенности прорастания в темноте. Этапы прорастания проходили аналогично, как при опыте с освещением, отличия заключались в размерах и цвете отдельных органов.

Так, на 2 день появлялся гипокотиль светло-желтого цвета. Вынос семядольных листьев пришелся на 4-е сутки от начала прорастания. Семядольные листья ланцетовидной формы, желтого цвета, 4 мм длиной и 1 мм шириной. Проросток этиолированный. На 12-е сутки прорастания параметры проростка следующие: высота – 44,9 мм, диаметр – 0,5 мм; длина корешка – 19,8 мм, ширина корешка – 1 мм; длина гипокотилия – 24,8 мм, ширина – 0,5 мм, длина семядольных листьев – 4 мм, ширина 1 мм (рис. 3).



1 – наклеивание семени и появление зародышего корня, 2 – появление гипокотилия,
3 – удлинение гипокотилия, вынос наружу семядольных листьев,
4 – развертывание семядольных листьев

Рис. 3. Биология прорастания *Saponaria officinalis*

Для изучения влияния сроков и условий хранения семенной материал испытуемого вида был помещен в различные тары (бумажную, пластиковую, тканевую, стеклянную), в разные температурные условия.

Анализ энергии прорастания и энергии всхожести семенного материала мыльнянки лекарственной, хранимого в течение 1, 3 месяцев в различных тарах при комнатной температуре показал, что:

- лучшие показатели энергии прорастания наблюдался у семян, хранимых в течение месяца в стеклянной таре, при проращивании на свету; в темноте в пластиковой таре; хранимых в течение 3 месяцев в стеклянной таре, при проращивании на свету, хранившихся в бумажной таре в темноте (рис. 4, таблица 1);

- лучшие показатели всхожести семенного материала наблюдался у семян, хранимых в течение 1 месяца в стеклянной таре при проращивании на свету; хранимых в бумажной таре

при проращивании в темноте; хранимых в течение 3 месяцев в стеклянной таре при проращивании на свету; хранимых в пластиковой таре при проращивании в темноте (рис. 5, таблица 1);

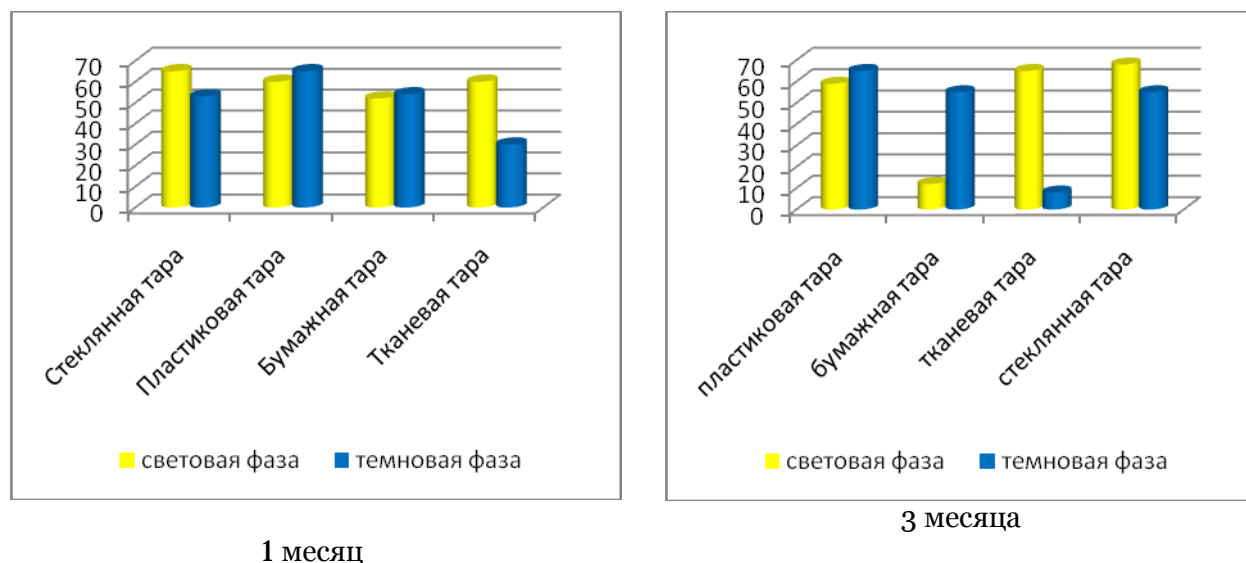


Рис. 4. Энергия прорастания *Saponaria officinalis* после 1 месяца и 3 месяцев хранения при температуре 20–22 °С

Таблица 1
Энергия всхожести и энергия прорастания семенного материала *Saponaria officinalis* при температуре хранения +20+22 °С

Тара	Световая фаза				Темновая фаза			
	Энергия прорастания, %		Семенная всхожесть, %		Энергия прорастания, %		Семенная всхожесть, %	
	1мес	3 мес	1мес	3 мес	1мес	3 мес	1мес	3 мес
Стекланная	65±0,7 %	68±0,6 %	63±0,7 %	61,1±0,5%	53±0,6 %	55±0,7%	47,2±1,6 %	48,6±0,7%
Пластиковая	60±0,5 %	59±0,7 %	54±0,9 %	55,7±0,8%	65±0,5 %	65±0,7%	45,6±1,9 %	49,4±0,6%
Бумажная	52±0,5 %	12±0,7 %	48,3±0,5 %	14,4±0,7%	54±0,7 %	55±0,8%	48±0,5%	47,6±0,8%
Тканевая	60±0,8 %	65±0,8 %	53±1,8%	58,7±0,3%	30±0,8 %	8±0,9%	29,2±0,5 %	5,3±0,4%

Энергия прорастания семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого на свету, уменьшилась в среднем на 33 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц. У семян, хранившихся в стеклянной таре, энергия прорастания увеличилась на 3 %; в пластиковой таре – уменьшилась на 1 %; в бумажной таре – уменьшилась на 40 %; в тканевой таре – увеличилась на 5 %. Энергия прорастания семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого в темноте, уменьшилась в среднем на 19 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц. У семян, хранившихся в стеклянной таре, энергия прорастания увеличилась на 2 %; в пластиковой таре осталась без изменений; в бумажной таре увеличилась на 1 %; в тканевой таре уменьшилась на 22 % (рис. 4, таблица 1).

Показатели всхожести семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого на свету, уменьшилась в среднем на 28,4 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц. У семян, хранившихся в стеклянной таре, всхожесть снизилась на 1,9 %; в пластиковой таре – увеличилась на 1,7 %; в бумажной таре уменьшилась на 33,9 %; в тканевой таре увеличилась на 5,7 %.

Всхожесть семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого в темноте, уменьшилась в среднем на 19,1 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц.

У семян из стеклянной тары, всхожесть увеличилась на 1,4 %; из пластиковой тары увеличилась на 3,8 %; из бумажной тары уменьшилась на 0,4 %; из тканевой тары уменьшилась на 23,9 % (рис. 5, таблица 1).

Анализ энергии прорастания и энергии всхожести семенного материала мьльнянки лекарственной, хранимого в течение 1 и 3 месяцев в различных тарах при температуре +4С показал, что:

- наилучшие показатели энергии прорастания семенного материала наблюдался у семян, хранимых в течение месяца, в бумажной таре при проращивании на свету и в темноте; хранимых в течение 3 месяцев в тканевой таре при проращивании на свету; в пластиковой таре при проращивании в темноте (рис. 6, таблица 2);

- лучшие показатели всхожести семенного материала наблюдался у семян, хранимых в течение 1 месяца в бумажной таре при проращивании на свету и в темноте; хранимых в течение 3 месяцев в тканевой таре при проращивании на свету; в пластиковой таре при проращивании в темноте (рис. 7).

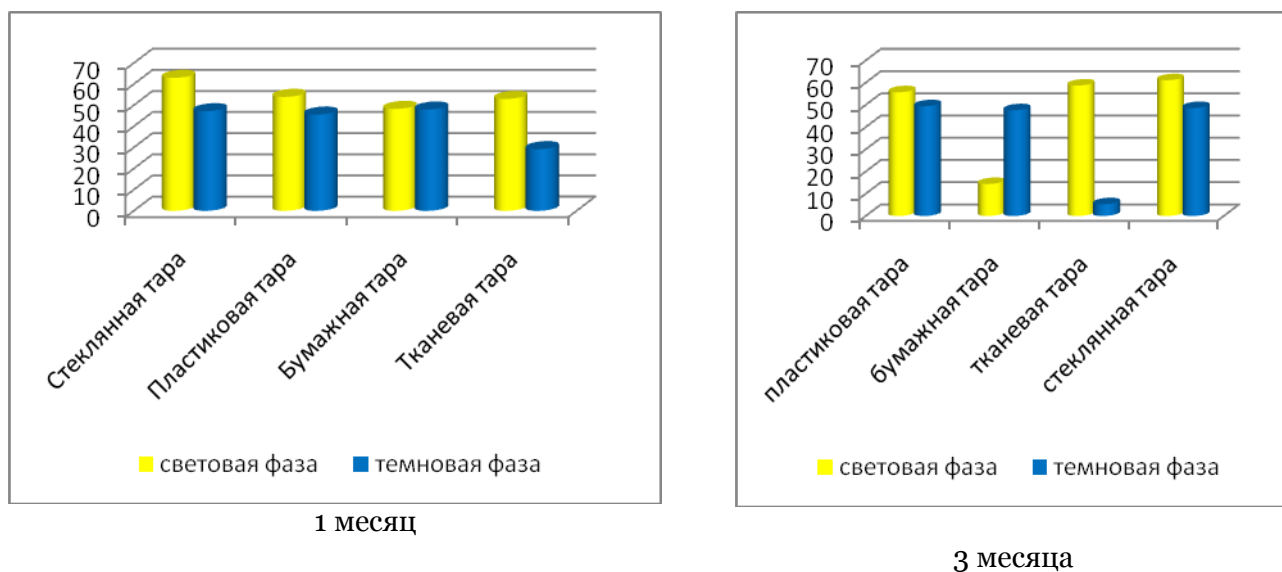


Рис. 5. Энергия всхожести *Saponaria officinalis* после 1 месяца и 3 месяцев хранения при температуре +20 °С +22 °С

Таблица 2. Энергия всхожести и энергия прорастания семенного материала *Saponaria officinalis*, хранимого в холодильнике при температуре +4 °С

Тара	Световая фаза				Темновая фаза			
	Энергия прорастания, %		Семенная всхожесть, %		Энергия прорастания, %		Семенная всхожесть, %	
	1 мес.	3 мес.	1 мес.	3 мес.	1 мес.	3 мес.	1 мес.	3 мес.
Стеклоанная	53±0,9%	53±0,9%	52,6±1%	50,9±0,7%	73±0,4%	62±0,9%	65,5±1,1%	56±0,7%
Пластиковая	26±0,7%	53±0,9%	25,2±0,9%	51±0,6%	47±0,9%	83±0,7%	42,3±0,6%	74,7±0,4%
Бумажная	80±0,7%	45±0,9%	79,2±0,8%	42,6±0,4%	86±0,3%	55±0,6%	76,3±0,6%	52,7±0,2%
Тканевая	40±0,8%	58±0,7%	36,6±1,1%	53,5±0,7%	73±1,1%	75±0,9%	68,4±0,3%	72,4±0,4%

Энергия прорастания семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого на свету, увеличилась в среднем на 10 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц. У семян из стеклянной тары, энергия прорастания не изменилась; из пластиковой тары

увеличилась на 27 %; из бумажной тары уменьшилась на 35 %; из тканевой тары увеличилась на 18 %.

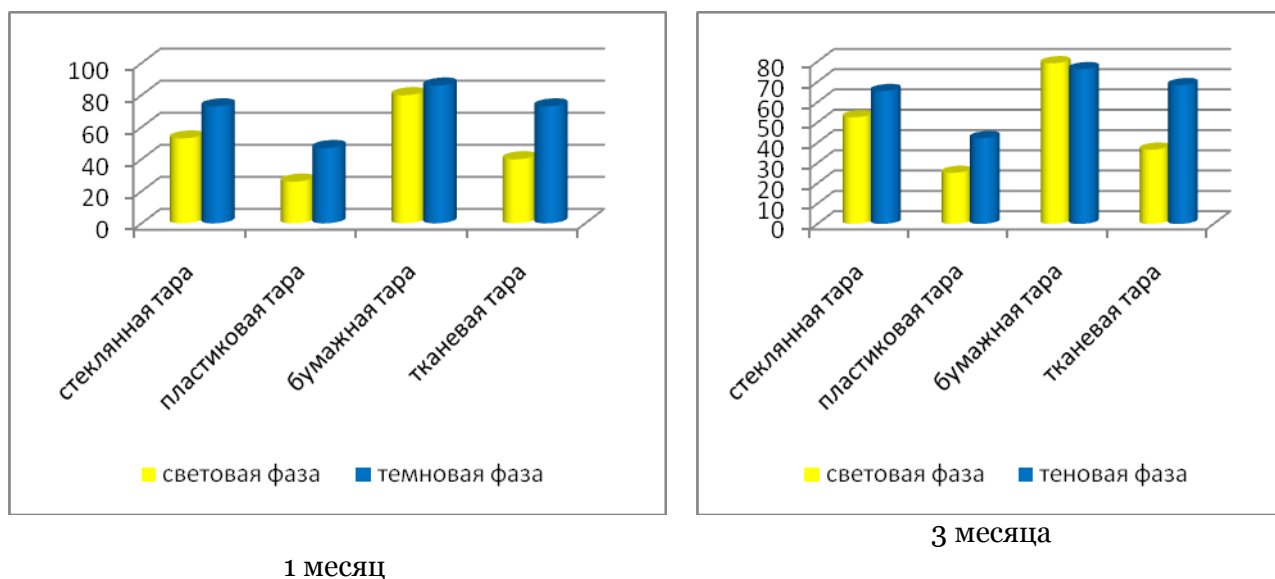


Рис. 6. Энергия прорастания *Saponaria officinalis* после 1 месяца и 3 месяцев хранения при температуре +4 °С

Энергия прорастания семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого в темноте, уменьшилась в среднем на 4 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц. У семян из стеклянной тары, энергия прорастания уменьшилась на 1,7 %; из пластиковой тары увеличилась на 25,8 %; из бумажной тары уменьшилась на 36,6 %; из тканевой тары увеличилась на 16,9 % (таблица 2).

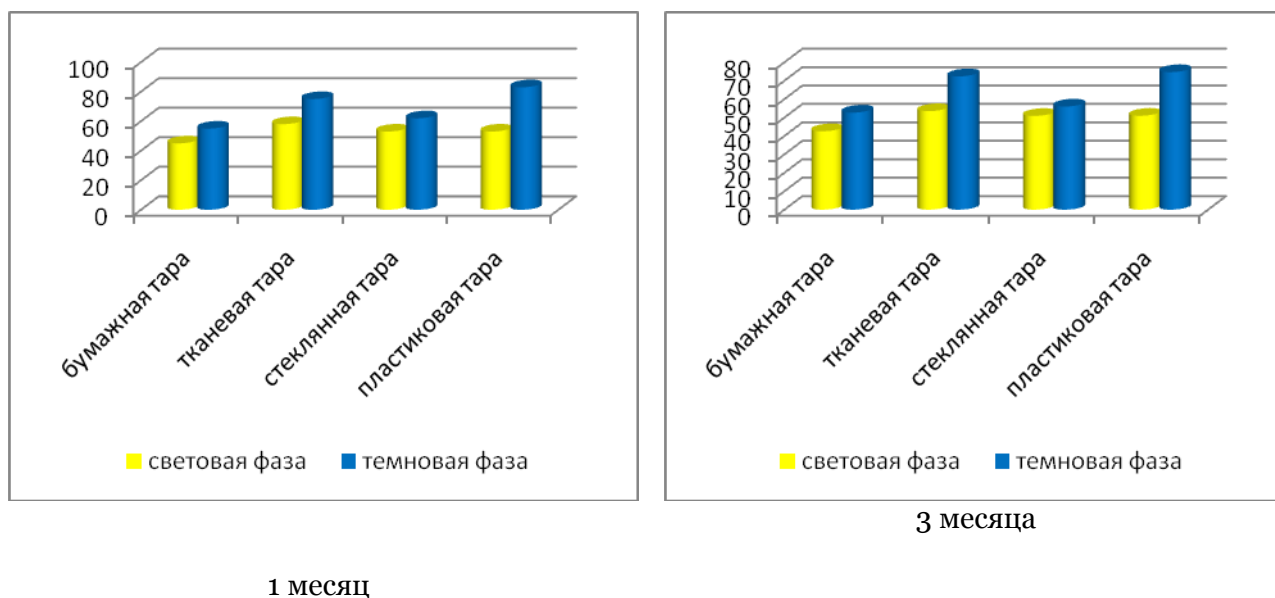


Рис. 7. Энергия всхожести *Saponaria officinalis* после 1 месяца и 3 месяцев хранения при температуре +4 °С

Всхожесть семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого на свету, увеличилась в среднем на 4,4 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц. У семян, хранимых в стеклянной таре, всхожесть уменьшилась на 1,7 %; в пластиковой таре

увеличилась на 25,8 %; в бумажной таре уменьшилась на 36,6 %; в тканевой таре увеличилась на 16,9 %.

Всхожесть семенного материала, хранимого 3 месяца и проращиваемого в темноте, увеличилась в среднем на 3,3 % по сравнению с семенами сроком хранения 1 месяц. У семян, хранимых в стеклянной таре, всхожесть уменьшилась на 9,5 %; в пластиковой таре увеличилась на 32,4 %; в бумажной таре уменьшилась на 23,6 %; в тканевой таре увеличилась на 4 %.

Анализ динамики энергии прорастания и энергии всхожести стратифицированных семян мьльнянки лекарственной показал, что:

- энергия прорастания семенного материала, хранимого в течение 3-х месяцев, в среднем увеличилась на 38 %, по сравнению с семенами месячного хранения;
- всхожесть семенного материала, хранимого в течение 3-х месяцев, в среднем увеличилась на 40 %, по сравнению с семенами месячного хранения (рис. 8, 9, таблица 3).

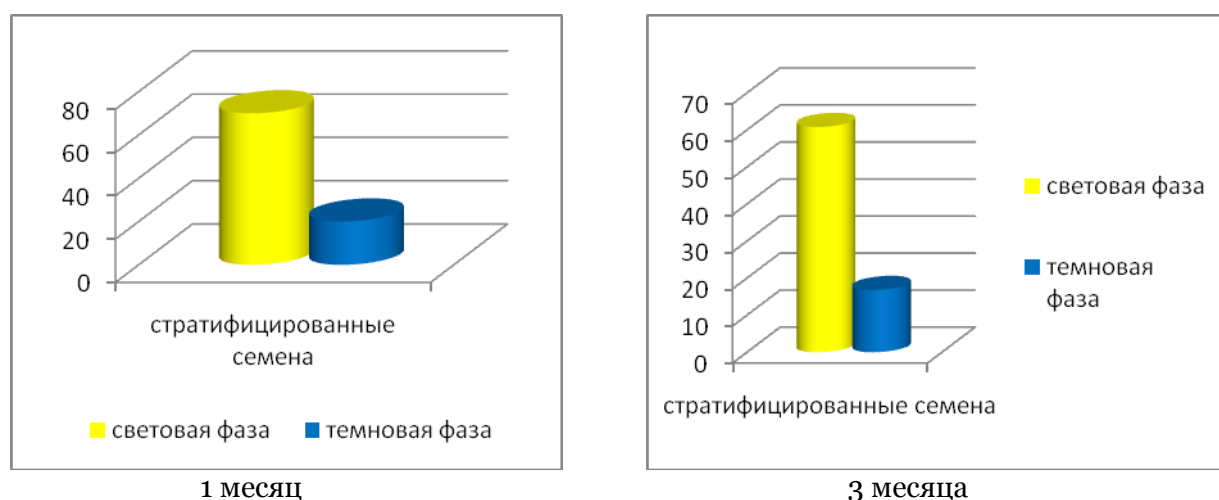


Рис. 8. Энергия прорастания стратифицированных в течение 1 месяца и 3 месяцев семян *Saponaria officinalis*

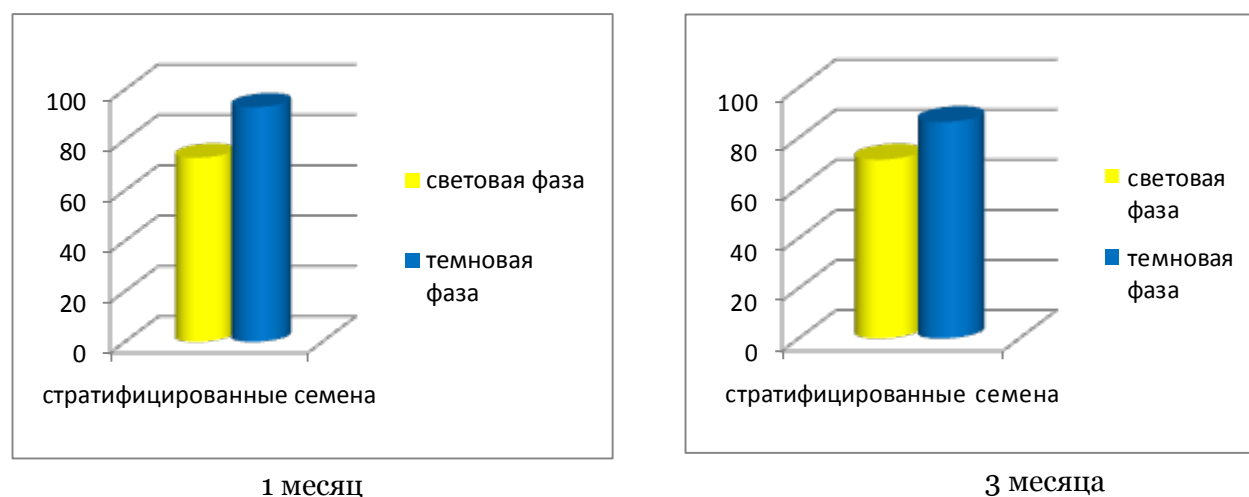


Рис. 9. Энергия всхожести стратифицированных в течение 1 и 3 месяцев семян *Saponaria officinalis*

Таблица 3.

Показатели энергии прорастания и всхожести семян *Saponaria officinalis* при различных сроках стратификации

Тара	Световая фаза				Темновая фаза			
	Энергия прорастания, %		Всхожесть, %		Энергия прорастания, %		Всхожесть, %	
	1 мес	3 мес	1 мес	3 мес	1 мес	3 мес	1 мес	3 мес
Бумажная	70±0,5%	73±0,4%	60,8±0,6%	71,3±0,3%	20±0,4%	93±0,7%	16,8±0,8%	86,3±0,5%

Энергия прорастания семенного материала мыльнянки лекарственной при проращивании на свету увеличилась на 3 %, при проращивании в темноте увеличилась на 73 %; всхожесть увеличилась на 10,5 % при проращивании на свету, в темноте увеличилась на 69,5 %.

Результаты. На основании проведенных экспериментов сделаны следующие рекомендации: семенной материал мыльнянки лекарственной следует хранить в течение 3 месяцев в холодильнике при температуре -18°C в бумажной таре, проращивать в темноте, то есть с заделкой в грунт. При этих условиях удастся достигнуть наибольших показателей энергии прорастания и всхожести, 86,3 и 93 % соответственно.

Примечания:

1. Соколов С.Я. Фитотерапия и фитотерапевтика: Руководство для врачей. М.: Медицинское информационное агентство, 2000. 976 с.
2. Зорина М.С., Кабанов С.П. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов // Методики интродукционных исследований в Казахстане / Сб. науч. тр. Алма-Ата: Наука, 1976. С. 75-85.
3. Мальцева М.В. Пособие по определению посевных качеств семян лекарственных растений. М., 1950. 56 с.
4. Лищук С.С. Методика определения массы семян // Ботанический журнал. 1991. Т. 76, № 11. С. 1623-1624.
5. Вехов В.Н., Лотова Л.И., Филин В.Р. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 196 с.
6. Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: Семя. Л.: Наука, 1990. 204 с.
7. Удольская Н.Л. Методика биометрических расчетов. Алма-Ата: Наука, 1976. 45 с.

References:

1. Sokolov S.Ya. Fitoterapiya i fitofarmakologiya: Rukovodstvo dlya vrachei. M.: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2000. 976 s. (In rus.)
2. Zorina M.S., Kabanov S.P. Opredelenie semennoi produktivnosti i kachestva semyan introdutsentov // Metodiki introdutsionnykh issledovaniy v Kazakhstane / Sb. nauch. tr. Alma-Ata: Nauka, 1976. S. 75-85. (In rus.)
3. Mal'tseva M.V. Posobie po opredeleniyu posevnykh kachestv semyan lekarstvennykh rastenii. M., 1950. 56 s. (In rus.)
4. Lishchuk S.S. Methods of determining the weight of the seeds // Botanicheskii zhurnal. 1991. T. 76, № 11. S. 1623-1624. (In rus.)
5. Vekhov V.N., Lotova L.I., Filin V.R. Praktikum po anatomii i morfologii vysshikh rastenii. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1980. 196 s. (In rus.)
6. Artyushenko Z.T. Atlas po opisatel'noi morfologii vysshikh rastenii: Semya. L.: Nauka, 1990. 204 s. (In rus.)
7. Udol'skaya N.L. Metodika biometricheskikh raschetov. Alma-Ata: Nauka, 1976. 45 s. (In rus.)

УДК 58.01/.07

**Исследование морфологии и биологии прорастания семенного материала
*saponaria officinalis***

¹Маргарита Юлаевна Ишмуратова

²Елена Анатольевна Гаврилькова

³Александра Шавкатовна Додонова

⁴Салтанат Ушкемпировна Тлеукунова

¹⁻⁴ Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова, Казахстан
100028, Карагандинская область, г. Караганда, ул. Университетская 28

¹ Кандидат биологических наук, доцент

margarita.ishmur@mail.ru

² Старший преподаватель

³ Кандидат биологических наук, доцент

⁴ Кандидат биологических наук, доцент

Аннотация. Данная работа посвящена изучению влияния сроков и условий хранения на качество семенного материала *Saponaria officinalis*, помещенного в различные тары (бумажную, пластиковую, тканевую, стеклянную), в разные температурные условия, проращиваемых на свету и в темноте. Описана морфология, биология семян мыльнянки лекарственной. На основании проведенных исследований рекомендуем семенной материал *Saponaria officinalis* хранить в течение 3 месяцев при температуре -18°C в бумажной таре.

Ключевые слова: *Saponaria officinalis*; семенной материал; всхожесть; энергия прорастания; морфология семян; биология прорастания; хранение; температура; фазы роста.

UDC 612

Adaptation of Regulatory Systems in Schoolchildren, Residing in Industrial Area

- ¹ Aiman E. Konkabaeva
² Gulmira M. Tykezhanova
³ Rakhat T. Bodeeva
⁴ Akerke J. Sadykova
⁵ Sultan A. Kusherbaev

¹⁻⁵ Karaganda State University named on E.A.Buketov, Kazakhstan
28, Universitetskaya street, Karaganda city, 100000

¹ Dr. (Medicine), Professor

E-mail: aiman54@mail.ru

² PhD (Biology), Assistant Professor

³ PhD (Biology), Assistant Professor

⁴ Research associate, bachelor

⁵ PhD student

E-mail: kusherbaev_sultan@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the study of heart rate variability (HRT) in apparently healthy volunteers of both sexes without bad habits, aged 16-18, residing in industrial region (Temirtau) and the ones, studying under innovative technologies. HRT was registered with the help of computer-controlled devices "Varikard" (Russia). The changes of HRT spectral indexes towards integral impact of vegetative regulation mechanisms and parasympathetic activity decrease and regulatory systems overexertion, demanding correction methods implementation.

Keywords: heart rate variability; orthostatic test; response factor; schoolchildren.

Введение. Обеспечение адаптационных процессов в организме происходит, в первую очередь, нервным путём. Характер и уровень активности вегетативной нервной системы играет большую роль в процессах адаптации. При этом главной адаптивной системой, лимитирующей умственную и физическую работоспособность, является сердечно-сосудистая система (ССС) [1]. Наибольшие негативные изменения в функциональном состоянии организма школьников отмечены к концу учебного года, в большей степени феномены утомления проявляются в условиях инновационных систем обучения [2, 3]. Изучение индивидуальных и возрастно-половых особенностей механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма по данным анализа вариабельности сердечного ритма является одним из путей к управлению здоровьем человека [4, 5], который позволяет не только качественно и количественно оценить дисфункцию ВНС, но и определить степень напряжения регуляторных систем [6]. Особое внимание привлекает школьный возраст, поскольку за период обучения в школе в 4-5 раз снижается доля здоровых детей. Одной из важных тем является изучение проблем адаптации школьников к интенсивным учебным нагрузкам. В связи с этим, целью нашего исследования было изучение физиологических механизмов адаптации ССС у школьников с интенсивными учебными и экологическими нагрузками.

Материалы и методы. Нами обследованы школьники – добровольцы, которые родились и проживают в промышленном регионе, где функционирует металлургический комбинат (г.Темиртау). Контингент обследованных составили 60 практически здоровых юношей и девушек в возрасте от 16 до 18 года, идентичных по социальному статусу и обучающихся в школах нового типа (гимназия). Контрольная группа сформирована из гимназистов (20 чел.), проживавших в юго-восточном районе г. Караганды, где нет промышленных объектов. В связи с повышенной нагрузкой на регуляторные системы, школьники старших классов являются группой риска по срыву адаптации в учебном процессе. В соответствии с задачами эксперимента проводилась оценка вегетативного статуса школьников и параметров их кардиореспираторной системы. Анализ

вариабельности сердечного ритма проводился по методике Р.М. Баевского . Запись и анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) проводились на компьютеризированном комплексе «Варикард» («Рамена», Рязань) с учетом рекомендаций стандартов измерения, физиологической интерпретации и клинического использования вариабельности СР международного сообщества кардиологов. Исследование ВРС у каждого школьника выполнялось в положении лежа в покое (фоновая проба) и затем в вертикальном положении (активная ортостатическая проба). Параметры ВРС регистрировали в течение 5 мин и рассчитывали на компьютере по специальной программе. Для характеристики ортопробы вычислялся показатель К30:15 и коэффициент реакции. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007.

Результаты исследований и их обсуждение.

При спектральном анализе ВРС установлено, что показатель общей мощности спектра (TP) у девушек из 10 и 11 классов по сравнению с нормативными величинами не имел достоверных различий и составил $3424,1 \pm 257,7$ и $3773,7 \pm 191,1$ соответственно (табл. 1). У юношей из 10 класса этот показатель был значительно выше, чем у 11-классников ($P \leq 0,001$). В целом, TP находился в пределах нормативных величин.

Относительное значение HF, отражающего фоновую парасимпатическую активность, у школьников 10 класса из г. Темиртау соответствовало нормативным величинам, однако в группе из 11 класса HF составил у девушек $23,23 \pm 9,18\%$ ($1239,1 \pm 118,3$), у юношей – $16,22 \pm 8,74\%$ ($2591,9 \pm 183,0$), что является свидетельством снижения активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Показатель низкочастотной составляющей спектра нейрогуморальной регуляции (LF) у девушек и юношей из 11 класса составлял: $51,18 \pm 9,81\%$ и $56,75 \pm 11,81\%$ соответственно. Показатель очень низких частот спектра находился в пределах нормы. Полученные результаты отражают фоновое снижение интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции на синусовый ритм с преобладанием симпатической активности. Доминирование LF-диапазона указывает на состояние мобилизации резервов организма при адаптации к нагрузкам ценой больших энергозатрат, что подтверждается показателями индекса напряжения регуляторных систем (стресс-индекс). Так, у девушек и юношей 10 класса средние значения SI составили $321 \pm 85,53$ у.е. и $287,5 \pm 60$ соответственно. Результаты значительно превышают диапазон нормальных значений (30 – 120 у.е.) и контроль ($P \leq 0,001$), который составлял $84,6 \pm 25,7$ у юношей и $78,6 \pm 17,8$ у девушек.

Таблица 1

Средние значения показателей спектрального анализа вариабельности ритма сердца у школьников 10-11 классов

Показатели	10 класс (n=20)		11 класс (n=20)	
	Девушки	Юноши	Девушки	Юноши
TP	$3424,1 \pm 257,71$	$8480,7 \pm 645,30^*$	$3773,7 \pm 191,10$	$3069,3 \pm 144,18$
VLF	$474,58 \pm 99,90$	$1855,1 \pm 162,82$	$828,28 \pm 217,81$	$712,4 \pm 118,93$
LF	$1561,8 \pm 131,21$	$3517,9 \pm 314,21$	$1727,3 \pm 553,50$	$1669,7 \pm 438,93$
HF	$1239,1 \pm 118,30$	$2591,9 \pm 183,0$	$1093,5 \pm 307,20$	$438,57 \pm 141,65$
LF\HF	$2,10 \pm 0,90$	$1,40 \pm 0,46$	$3,3 \pm 1,74^*$	$5,94 \pm 2,83^*$
VLF%	$24,35 \pm 9,28$	$23,44 \pm 13,47$	$25,61 \pm 9,86$	$27,04 \pm 12,14$
LF%	$46,15 \pm 7,28$	$41,62 \pm 11,17$	$51,18 \pm 9,81^*$	$56,75 \pm 11,81^*$
HF%	$29,51 \pm 10,46$	$34,93 \pm 9,32$	$23,23 \pm 9,18^*$	$16,22 \pm 8,74^*$
SI	$321 \pm 85,53^*$	$287,5 \pm 60,11^*$	$160,9 \pm 68,8^*$	$205 \pm 54,6^*$

При определении индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) было выявлено значительное возрастание соотношения у юношей и девушек, обучающихся в 11 классе, которое составило $5,94 \pm 2,83$ и $3,3 \pm 1,74$ соответственно. Эти изменения также подтверждают более выраженную степень повышения тонуса симпатoadренальной системы.

При проведении активной ортостатической пробы (AoП) анализировались коэффициент К30:15 и коэффициент реакции. В группе школьников из 10 класса

нормальный показатель и условная норма были зафиксированы у 37,5 %, недостаточная реактивность отмечалась у 25 % девушек (Рис. 1). У 25 % юношей был выявлен нормальный показатель и в 37,5 % случаев условная норма и недостаточная реактивность вегетативной нервной системы. В группе школьников из 11 класса показатель был значительно ниже у девушек, так нормальный показатель К_{30:15} не обнаружен у девушек, у юношей он наблюдался в 37,5 % случаев. Недостаточная реактивность отмечена у 25 % юношей и девушек (Рис. 2). Результаты анализа переходного периода АоП отражают уменьшение реактивности парасимпатического отдела ВНС у всех обследованных девушек из 11 класса и у большинства учеников обоего пола как из 11, так и из 10 класса. Это свидетельствует о большей выраженности активности симпатического отдела ВНС при активной ортостатической пробе и снижении суммарного воздействия симпатических и парасимпатических влияний на автоматизм синусового узла.

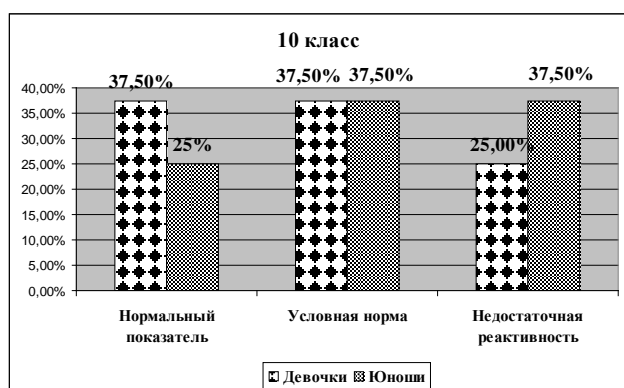


Рис. 1. Результаты переходного периода активной ортостатической пробы (К_{30:15}) у школьников 10 класса

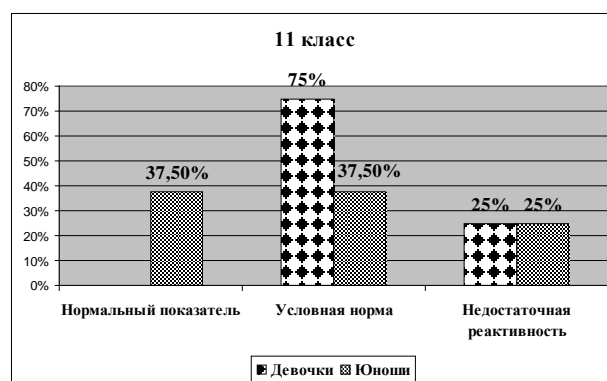


Рис. 2. Результаты переходного периода активной ортостатической пробы (К_{30:15}) у школьников 11 класса

При определении коэффициента реакции выявлена сниженная реакция у 68,7 % школьников десятого и 87,5 % 11 классов. Более того, у школьников из 11 класса отмечена парадоксальная реакция в 12,5 % случаев, а нормальная реакция вообще отсутствовала (Рис. 3).

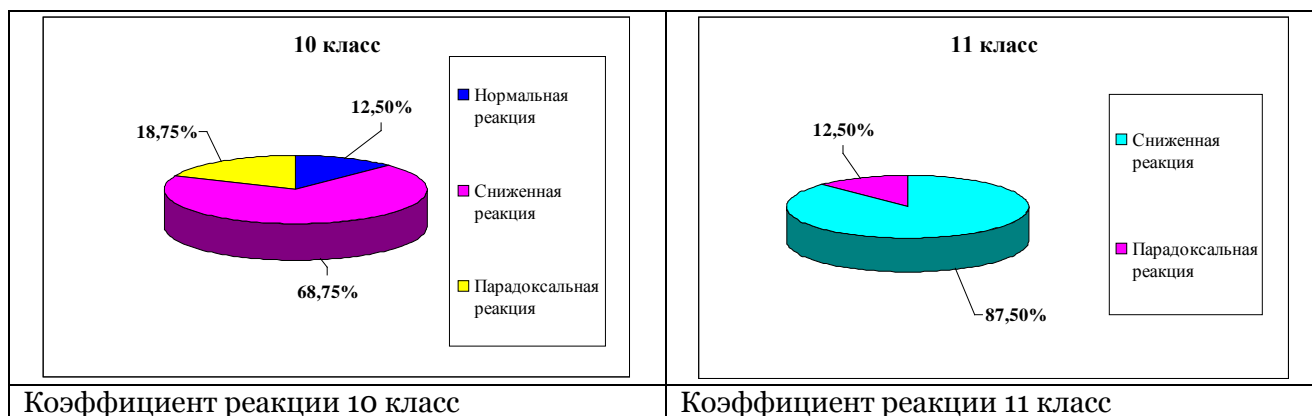


Рис. 3. Коэффициент реакции у школьников 10 и 11 классов

Определение показателя активности регуляторных систем (ПАРС) позволило выявить выраженное напряжение регуляции ССС (25 % обследованных) и перенапряжение (25 %), истощение – у 13 % обследованных 10-классников. В группе 11 класса состояние выраженного напряжения было отмечено у 31 % и перенапряжения – у 13 % обследованных.

Заключение. Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать следующее заключение: интенсивные учебные нагрузки у школьников 10 и 11 классов гимназии на фоне неблагоприятной экологической ситуации обусловили развитие

компенсированного дистресса, когда адаптация к физическим или умственным нагрузкам сопровождается ценой больших энергозатрат и истощением жизненных сил. Снижение интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции ССС и дисбаланс в сторону симпатической активности ведут к выраженному напряжению и перенапряжению регуляторных механизмов адаптации ССС, которые обнаружены у большинства обследуемых школьников и расцениваются как преморбидное состояние, требующее применения корректирующих мероприятий.

Примечания:

1. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. М.: Медицина, 2000. 295 с.
2. Алексеева А.Е. Оценка качества жизни и образа жизни Псковских старшеклассников / Актуальные проблемы здоровья детей и подростков и пути их решения / Материалы 3-го всероссийского конгресса. М.: Изд-во научного центра здоровья детей, РАМН, 2012. С.49-51.
3. Силантьев М.Н. Особенности адаптации детей и подростков к инновационным образовательным технологиям // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. №4. С. 168-175.
4. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Г.Г.Иванов, Л.В. Чирейкин // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С.69-85.
5. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удмуртский университет, 2009. 255 с.
6. Галеев А.Р. Использование показателей сердечного ритма для оценки функционального состояния школьников с учётом их возрастных особенностей и уровня двигательной активности: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Новосибирск, 1999. 20 с.

References:

1. Baevskii R.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma: teoreticheskie aspekty i vozmozhnosti klinicheskogo primeneniya. M.: Meditsina, 2000. 295 s. (In rus.)
2. Alekseeva A.E. Otsenka kachestva zhizni i obraza zhizni Pskovskikh starsheklassnikov / Aktual'nye problemy zdorov'ya detei i podrostkov i puti ikh resheniya / Materialy 3-go vserossiiskogo kongressa. M.: Izd-vo nauchnogo tsentra zdorov'ya detei, RAMN, 2012. S.49-51. (In rus.)
3. Silant'ev M.N. Features adaptation of children and adolescents to innovative educational technologies // Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. 2007. №4. S. 168-175. (In rus.)
4. Baevskii R.M. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems / G.G.Ivanov, L.V. Chireikin // Vestnik aritmologii. 2001. № 24. S.69-85. (In rus.)
5. Shlyk N.I. Serdechnyi ritm i tip regul'yatsii u detei, podrostkov i sportsmenov. Izhevsk: Udmurtskii universitet, 2009. 255 s. (In rus.)
6. Galeev A.R. Ispol'zovanie pokazatelei serdechnogo ritma dlya otsenki funktsional'nogo sostoyaniya shkol'nikov s uchetom ikh vozrastnykh osobennostei i urovnya dvigatel'noi aktivnosti: Avtoref. diss. kand. biol. nauk. Novosibirsk, 1999. 20 s. (In rus.)

УДК 612

Адаптация регуляторных систем организма у школьников, проживающих в промышленном регионе

¹ Айман Ереженовна Конкабаева

² Рахат Тулеовна Бодеева

³ Гульмира Менгалиевна Тыкежанова

⁴ Акерке Жумабайкызы Садыкова

⁵ Султан Асанбаевич Кушербаев

¹⁻⁵ Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова, Казахстан
100000, г. Караганда, ул. Университетская, 28

¹ Доктор медицинских наук, профессор

E-mail: aiman54@mail.ru

² Кандидат биологических наук, доцент

³ Кандидат биологических наук, доцент

⁴ Научный сотрудник, бакалавр

E-mail: akerke_sadykova@mail.ru

⁵ Магистрант

E-mail: kusherbaev_sultan@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования variability сердечного ритма (BPC) у практически здоровых добровольцев обоего пола в возрасте 16-18 лет, без вредных привычек, проживающих в индустриальном регионе (г.Темиртау) и обучающихся по инновационным технологиям. BPC регистрировалась с помощью компьютеризированного комплекса «Варикард» (Россия). Были выявлены изменения спектральных показателей BPC в сторону снижения интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции и парасимпатической активности, а также перенапряжение механизмов функционирования регуляторных систем, требующих внедрения корректирующих мероприятий.

Ключевые слова: variability сердечного ритма; активная ортостатическая проба; коэффициент реакции; школьники.

UDC 612

Assessment of Respiratory Function in Students, Residing in Different Industrial Areas

- ¹ Aiman E. Konkabaeva
² Baglan M. Bakysheva
³ Zauresh T. Kystaubaeva
⁴ Gulmira M. Tykezhanova
⁵ Ergali T. Seitov

¹⁻⁵ Academician E.A.Buketov Karaganda State University, Kazakhstan
28, Universitetskaya street, Karaganda city, 100000

¹Dr. (Medicine), Professor

E-mail: aiman54@mail.ru

² PhD (Biology), Assistant Professor

³ PhD (Biology), Assistant Professor

⁴ PhD (Biology), Assistant Professor

⁵ PhD student

Abstract. The article considers the results of the examination of three groups of apparently healthy volunteer students of one social group, both men and women, without bad habits, aged 19-22. Students live in three different industrial areas of Central Kazakhstan, containing ironworks (Temirtau) and non-ferrous smelters (Balkhash, Zhezkazgan). It determined the necessity of respiratory function examination, using automated lung tester. The examination of respiratory function determined the decrease of the following parameters: lung vital capacity, maximal expiratory flow volume, forced expiratory volume 1, peak expiratory flow rate, cardiac minute output 25-50 if compared to proper parameters. The examination enabled us to make the conclusion that respiratory function is restricted due to high respiratory load, caused by air pollution. Changes intensity is different and can indicate the pollution in the examined areas.

Keywords: spirometry; respiratory function; industrial region; students.

Введение. Предприятия металлургической отрасли оказывают существенное влияние на формирование экологической обстановки в районах их расположения, а в ряде случаев ее определяют [1, 2]. Города Темиртау, Балхаш и Жезказган являются одними из самых загрязненных промышленных регионов Республики Казахстан. Наличие в городах промышленных предприятий черной и цветной металлургии ведет к интенсивному загрязнению окружающей среды этих городов, население которых живет в зоне непосредственного влияния вредных производственных факторов. Промышленные предприятия, исследуемых городов, не имеют санитарно-защитных зон нормативных размеров, что неблагоприятно влияет на здоровье населения. В выбросах промышленных предприятий содержится 36 веществ, загрязняющих атмосферный воздух, из них 17 веществ 1-2 класса опасности (фенолы, бензол, цианиды, сероводород, диоксид азота, двуокись марганца и т.д.). В результате во внешней среде катастрофически нарастает концентрация некоторых токсичных тяжелых металлов, прежде всего свинца, сурьмы и кадмия, а вклад человека в накопление которых исчисляется десятками процентов от природного содержания [3]. Накоплено достаточно доказательств прямых связей между загрязнением окружающей среды и увеличением частоты случаев аллергии, бронхолегочной патологии, поражения желудочно-кишечного тракта, угнетения ферментативной деятельности, нарушений нервно-психического и физического развития среди лиц молодого возраста [4]. Здоровье молодых людей, проживающих в экологически ухудшенных условиях становится все более актуальной проблемой, однако вопрос этот слабо изучен, что определило направление настоящих исследований: изучить функциональное состояние системы внешнего дыхания и структуру возможных вентиляционных нарушений у студентов, проживающих в промышленных регионах, где функционируют предприятия тяжелой индустрии.

Материалы и методы исследования. Нами обследованы студенты из промышленных регионов Карагандинской области Центрального Казахстана: г.Темиртау, г.Балхаша и г.Жезказгана. Контингент обследованных составил 60 практически здоровых людей в возрасте от 19 до 22 года (30 юношей, 30 девушек) без вредных привычек, социально-однородных групп. В качестве контрольной группы были взяты студенты, проживающие в юго-восточном регионе города Караганды, где нет промышленных объектов. Все студенты были добровольцами. У студентов измерялись антропометрические показатели, весо-ростовой индекс Кетле, работоспособность исследовалась по Руфье. Исследование функции внешнего дыхания (ФВД) проводилось на портативном автоматическом микропроцессорном спирографе NSC – 21/01 – «R – D» (Россия) с компьютерной обработкой результатов. Все легочные объемы, как должные (расчетные), так и фактические (измеренные у данного пациента), приводились для условий, соответствующих их значениям при температуре тела 37°C и полном насыщении водяными парами (система ВТРС – Body Temperature, Pressure, Saturated). Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2007. О достоверности результатов судили по критерию Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. У студентов из г. Темиртау, где источником загрязнения окружающей среды являются сталелитейное производство, цементный завод, гидротеплоэлектростация и другие объекты, обнаружено снижение большинства основных параметров по сравнению с должными величинами и контрольными. Так, величина ЖЕЛ у юношей составила 66 % от должной, и 76 % от контрольной величины. Фактический показатель ЖЕЛ у девушек Темиртау составил 59 % от должной величины и 82 % от контрольного значения (таблица 1).

Таблица 1.

Спирометрические показатели студентов из г. Темиртау

Показатели	Юноши			Девушки		
	должный	фактический	% факт./долж.	должный	фактический	% факт./долж.
ЖЕЛ	4,62 ± 0,27*	3,05 ± 0,26*	66	3,55 ± 0,15*	2,1 ± 0,38*	59
ФЖЕЛ	4,48 ± 0,26*	3,31 ± 0,4*	74	3,49 ± 0,15*	2,45 ± 0,41*	70
ОФВ ₁	3,93 ± 0,21*	2,24 ± 0,57*	57	3,09 ± 0,12	2,4 ± 0,27	78
ПОС	8,6 ± 0,42*	4,51 ± 1,38*	52	6,74 ± 0,19*	4,8 ± 0,99*	71
МОС ₂₅	7,69 ± 0,39*	4,11 ± 1,25*	53	6,18 ± 0,17*	4,54 ± 0,99*	73
МОС ₅₀	5,42 ± 0,24*	3,78 ± 0,99*	70	4,6 ± 0,14	3,69 ± 0,74	80
МОС ₇₅	2,67 ± 0,09	2,59 ± 0,68	97	2,45 ± 0,05	1,89 ± 0,47	77
СОС ₂₅₋₇₅	4,7 ± 0,19*	3,57 ± 0,95*	76	3,95 ± 0,12	3,33 ± 0,62	84
Индекс Тиффно	88,% ± 9,02	68% ± 6.03	77	88% ± 9,04	98% ± 15,05	111

Примечание: * различия между должными и фактическими показателями достоверны (p<0,05)

При определении ФЖЕЛ было обнаружено, что у юношей фактическая величина ФЖЕЛ составила 74 % должной и 80 % от контроля. У девушек этот показатель составил 70 % от должного и 93 % от контроля. Как известно, снижение ЖЕЛ и ФЖЕЛ уменьшает возможности приспособления организма к выполнению физической нагрузки и отражает резервные способности организма. Так как данные тесты не дают полной картины о функции внешнего дыхания мы анализировали более ценный этап исследования функции

внешнего дыхания – измерение потоков и объемов при выполнении форсированных вентиляционных маневров. Использование пробы с форсированным выдохом позволило контролировать трахеобронхиальную проходимость. Результат форсированного выдоха определяется комплексом анатомо-физиологических свойств легких. В норме не менее 70 % форсировано выдохнутого воздуха приходится на первую секунду выдоха. По мере спадения легких и бронхов в процессе выдоха положительная разница между внутригрудным и атмосферным давлением к концу выдоха снижается, а сопротивление бронхов воздушному потоку значительно возрастает. В связи с этим, при полном выдохе после максимально глубокого вдоха, т.е. выдыхая объем своей жизненной емкости легких (ЖЕЛ), здоровый человек способен произвольным напряжением дыхательных мышц создать высокую скорость воздушного потока (форсированный выдох) лишь для некоторой части ЖЕЛ в начале выдоха. Для стандартизации исследований Тиффно (R. Tiffeneau, 1949) предложил измерять односекундную ФЖЕЛ (ОФВ₁), т.е. объем, выдыхаемый за первую секунду форсированного выдоха. ОФВ₁ у юношей г. Темиртау составил 57 % от должной величины и 61,5 % от контроля, что свидетельствует о значительном снижении данного показателя. У девушек величина от должной ОФВ₁ составила 77,6 %, от контроля – 99 %. У юношей обнаружено уменьшение индекса Тиффно (ОФВ₁/ФЖЕЛ), который составил 68 %, что обусловлено достоверным уменьшением ОФВ₁.

Пиковая объемная скорость (ПОС) и максимальная объемная скорость потока воздуха на уровне 25–50 % от ФЖЕЛ (МОС 25–50 %) были достоверно меньше должных величин, а МОС 75 % потока воздуха только у девушек имела достоверные различия (р<0,05) по сравнению с должными величинами. Несмотря на снижение показателей пиковой объемной скорости и максимальной объемной скорости воздушных потоков у обследованных студентов как в начале, так и в конце форсированного выдоха, сделать заключение о наличии обструктивного синдрома сложно ввиду отсутствия клинических признаков. На ранних стадиях развития обструктивного синдрома снижается расчетный показатель средней объемной скорости на уровне 25–75 % от ФЖЕЛ (СОС 25–75 %). Он является наиболее ранним и чувствительным спирографическим показателем, указывающим на повышение сопротивления воздухоносных путей. У юношей из г. Темиртау СОС 25–75 % составил 76 % от должной величины, а у девушек – 84 %.

Вторую группу составили студенты-добровольцы из промышленного г. Балхаш, где функционирует медеплавильный комбинат непрерывного производства. У юношей г. Балхаш выявлены значительные отклонения в сторону снижения показателей ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФВ₁, ПОС, МОС₂₅ и МОС₅₀ по сравнению с должными величинами и контролем (р<0,05) (таблица 2), что свидетельствует о снижении резервных возможностей внешнего дыхания и несоответствие их возрастным нормативам. У студенток из г. Балхаш выявлены достоверные различия по сравнению с должными величинами по показателям ЖЕЛ, ФЖЕЛ, значительное снижение показателей ОФВ₁, ПОС, МОС 25–50 %, СОС 25–75%. Полученные результаты свидетельствуют о низкой скорости воздушных потоков и снижении их объемов у студентов из г. Балхаш, при этом показатели хуже у девушек.

Таблица 2.

Спирометрические показатели студентов из г. Балхаш

Показатели	Юноши			Девушки		
	должный	фактический	%факт./до лж.	должный	фактический	%факт./до лж.
ЖЕЛ	4,7 ± 0,38*	3,04 ± 0,34*	65	3,61 ± 0,12*	2,12 ± 0,29*	59
ФЖЕЛ	4,56 ± 0,37*	3,74 ± 0,60*	82	3,55 ± 0,12*	2,3 ± 0,21*	65
ОФВ ₁	3,99 ± 0,28*	2,77 ± 0,62*	69	3,14 ± 0,09*	1,53 ± 0,26*	49
ПОС	8,65 ± 0,60*	5,31 ± 1,09*	61	6,81 ± 0,15*	3,44 ± 1,11*	50
МОС ₂₅	7,77 ± 0,56*	4,83 ± 1,05*	62	6,25 ± 0,14*	3,06 ± 1,07*	49
МОС ₅₀	5,47 ± 0,36*	4,24 ± 0,93*	77	4,66 ± 0,11*	2,87 ± 0,99*	61

МОС75	2,71 ± 0,15	2,96 ± 0,74	109	2,47 ± 0,04	2,13 ± 0,66	86
СОС25-75	4,75 ± 0,28	4,03 ± 0,87	85	4 ± 0,09*	2,7 ± 0,95*	68
Индекс Тиффно	87% ± 6,02	74% ± 9,02	85	88% ± 9,04	66% ± 10,05	75

Примечание: * различия между должными и фактическими показателями достоверны (p<0,05)

Третья группа обследуемых студентов-добровольцев проживала в промышленном регионе – г.Жезказган. При проведении спирографических исследований ФВД у студентов мужского пола было выявлено достоверное снижение по сравнению с должными ЖЕЛ, ФЖЕЛ и ПОС (таблица 3).

Таблица 3.

Спирометрические показатели студентов из г. Жезказган

Показатели	Юноши			Девушки		
	должный	фактический	% факт./долж.	должный	фактический	% факт./долж.
ЖЕЛ	4,49 ± 0,24	2,83 ± 0,36	63	3,55 ± 0,10	1,99 ± 0,32	56
ФЖЕЛ	4,34 ± 0,24	3,44 ± 0,61	79	3,48 ± 0,12	2,22 ± 0,39	68
ОФВ1	3,86 ± 0,17	2,91 ± 0,4	75	3,12 ± 0,08	2,36 ± 0,18	76
ПОС	8,25 ± 0,51	5,86 ± 0,84	71	6,56 ± 0,35	5,11 ± 0,39	78
МОС25	7,43 ± 0,39	6,02 ± 0,53	81	6,11 ± 0,20	4,76 ± 0,53	78
МОС50	5,2 ± 0,27	4,39 ± 0,68	84	4,51 ± 0,21	3,64 ± 0,55	87
МОС75	2,7 ± 0,09	2,5 ± 0,51	92	2,44 ± 0,09	1,98 ± 0,51	81
СОС25-75	4,58 ± 0,21	3,64 ± 0,91	79	3,92 ± 0,12	2,92 ± 0,78	74
Индекс Тиффно	89% ± 10,01	85% ± 9,03	95	90% ± 7,07	106% ± 14,08	117

Примечание: * различия между должными и фактическими показателями достоверны (p<0,05)

По данным различных авторов формирование дыхательной системы в условиях промышленного города сопровождается высокой инспираторной нагрузкой и повышенной воздушностью дыхательных путей [5], что приводит к ухудшению показателей ФВД. Фактический уровень ведущих показателей внешнего дыхания у лиц обоего пола из промышленных регионов ниже должных величин, также как и скоростные характеристики воздушных потоков, что обусловлено, по-видимому, воздействием загрязняющих атмосферный воздух веществ. Эпителий дыхательных путей, является ключом к развитию воспаления дыхательных путей и ремоделинга, так как представляет первый барьер на пути вдыхаемых частиц и аллергенов. Повреждение эпителия во время аллергического или иного воспаления дыхательных путей играет ключевую роль и способствует рефлекторным механизмам, приводящим к повышенному высвобождению ацетилхолина [6]. Ацетилхолин нейронного происхождения, в эпителии дыхательных путей, может вызывать клеточные реакции, связанные с реконструкцией стенки дыхательных путей, в том числе, утолщение стенки гладкой мускулатуры [7]. В частности, была выяснена связь между толщиной ретикулярной базальной мембраны и объемом форсированного выдоха за первую секунду, чем тоньше мембрана, тем ниже ОФВ1 [8].

Таким образом, на основании спирометрических данных ФВД можно предположить, что уровень загрязнения атмосферного воздуха и окружающей среды наиболее высокий в г. Темиртау, где резервные возможности организма, о которых можно судить по результатам наших исследований наихудшие. Проведенные в работе функциональные исследования организма позволяют не только выявить уровень напряжения функциональных систем организма и его резервные возможности, но и являются эффективным методом в

мониторинге окружающей среды и могут использоваться в качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха.

Примечания:

1. Линченко С.Н., Хан В.В., Грушко Г.В., Горина И.И. Влияние неблагоприятных экологических факторов на здоровье человека и проблемы его коррекции // Успехи современного естествознания. 2010. №4. С. 76-77.
2. Кучма В.Р. Оценка риска влияния факторов окружающей среды на здоровье детей и подростков. // Гигиена и санитария. 2002. № 6. с.51-52.
3. Скачкова М.А. Эпидемиологические особенности бронхолегочной заболеваемости у детей промышленного города // Гигиена и санитария. 2002. №5. С. 61-62.
4. Стамова Л.Г., Чеснокова Е.А. Загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на заболеваемость органов дыхания у детей // Гигиена и санитария. 2005. № 5. С. 28.
5. Мальцева Е.А. Особенности внешнего дыхания и состояния сердечно-сосудистой системы у здоровых лиц юношеского возраста: Автореф. дис. канд. мед. наук. Чита, 2011. 138 с.
6. GJ Dekkers, H. Maarsingh, H. Meurs, and R. Gosens. Airway structural components drive airway smooth muscle remodeling in asthma. Proceedings of the American Thoracic Society. 2009. vol. 6. no. 8. P. 683-692.
7. J. Metzen, F. Bittinger, CJ Kirkpatrick, H. Kilbinger, I. Wessler. Proliferative effect of acetylcholine on rat trachea epithelial cells is mediated by nicotinic receptors and muscarinic receptors of the M1-subtype. // Life Sciences. 2003. vol. 72. no.18-19. P. 2075-2080.
8. Kasahara K. Correlation between the bronchial subepithelial layer and whole airway wall thickness in patients with asthma / K.Kasahara, K.Shiba, T.Ozawa et al. // Thorax. 2002. Vol.57. N3. P.242-246.

References:

1. Linchenko S.N., Khan V.V., Grushko G.V., Gorina I.I. Adverse influence of environmental factors on human health and the problem of its correction // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2010. №4. S. 76-77.
2. Kuchma V.R. Risk assessment of the influence of environmental factors on the health of children and adolescents // Gigiena i sanitariya. 2002. № 6. s.51-52.
3. Skachkova M.A. Epidemiological features of bronchopulmonary disease in children of the industrial city // Gigiena i sanitariya. 2002. №5. S. 61-62.
4. Stamova L.G., Chesnokova E.A. Z Air pollution and its effects on respiratory morbidity in children // Gigiena i sanitariya. 2005. № 5. S. 28.
5. Mal'tseva E.A. Osobennosti vneshnego dykhaniya i sostoyaniya serdechno-sosudistoi sistemy u zdorovykh lits yunosheskogo vozrasta: Avtoref. dis. kand. med. nauk. Chita, 2011. 138 s.
6. GJ Dekkers, H. Maarsingh, H. Meurs, and R. Gosens. Airway structural components drive airway smooth muscle remodeling in asthma. Proceedings of the American Thoracic Society. 2009. vol. 6. no. 8. P. 683-692.
7. J. Metzen, F. Bittinger, CJ Kirkpatrick, H. Kilbinger, I. Wessler. Proliferative effect of acetylcholine on rat trachea epithelial cells is mediated by nicotinic receptors and muscarinic receptors of the M1-subtype. // Life Sciences. 2003. vol. 72. no.18-19. P. 2075-2080.
8. Kasahara K. Correlation between the bronchial subepithelial layer and whole airway wall thickness in patients with asthma / K.Kasahara, K.Shiba, T.Ozawa et al. // Thorax. 2002. Vol.57. N3. P.242-246. (In rus.)

УДК 612

Оценка функции внешнего дыхания у студентов, проживающих в различных промышленных регионах

¹ Айман Ереженовна Конкабаева

² Гульмира Менгалиевна Тыкежановна

³ Баглан Мукашевна Бакишева
⁴ Зауреш Темкешевна Кистаубаева
⁵ Ергали Сеитов

¹⁻⁵ Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова, Казахстан
100000, г. Караганда, ул. Университетская, 28

¹ Доктор медицинских наук, профессор

E-mail: aiman54@mail.ru

² Кандидат биологических наук, доцент

³ Кандидат биологических наук, доцент

⁴ Карагандинский государственный университет им. Академика Е.А.Букетова, Казахстан

⁵ Магистрант

Аннотация. В статье рассматриваются результаты обследования трех групп практически здоровых студентов добровольцев, юношей и девушек, в возрасте 19–22 лет, без вредных привычек, из одной социальной группы. Студенты проживают в трех различных промышленных регионах Центрального Казахстана, в которых находятся предприятия черной металлургии (г. Темиртау) и цветной металлургии (г. Балхаш, г. Жезказган). Это обусловило необходимость изучения функции внешнего дыхания с использованием автоматизированного спирометра. Исследование респираторной функции выявило снижение параметров: ЖЕЛ, ФЖЕЛ, ОФV₁, ПОС, МОС₂₅₋₅₀ по сравнению с должными значениями. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о низких резервных возможностях дыхательной функции, вследствие высокой респираторной нагрузки, вызванной загрязнением воздуха промышленными выбросами. Выраженность изменений различна и может служить индикатором загрязнения в обследованных регионах.

Ключевые слова: спирометрия; функция внешнего дыхания; промышленный регион; студенты.

UDC 612.014.32.001.8

Mental Fatigue Evaluation

Valery V. Rozhentsov

Volga State University of Technology, Russian Federation

Dr. (Technical), Professor

E-mail: VRozhentsov@mail.ru

Abstract. The article offers the method for evaluation of mental fatigue, based on the method of paired light pulses. Ten pre-trained test men with normal vision, aged 18–20 participated in the experiment. Testees were showed subsequent paired light pulses at a 200 ms interval, divided by initial interpulse interval of 70 ms, recurring at the fixed time interval of 1 s. Testees determined the threshold interpulse interval, at which the two pulses in a pair merged into one, three times, using the method of successive approximation. Then testees solved algebraic equations with several unknowns for two hours. The threshold interpulse interval was determined three times every 20 minutes in the course of equations solving. The degree of mental fatigue DMF was calculated, using the formula: $DMF_i = (TPI_i - TPI_0) 100\% / TPI_i$; $i = 1, 2, \dots, n$, where DMF_i is the degree of mental fatigue at the i -th measurement; TPI_i is average arithmetic duration of threshold interpulse interval at the i -th measurement; TPI_0 is average arithmetic duration of threshold interpulse interval before algebraic equations solving; n is the dimension of threshold interpulse interval measurement in the course of algebraic equations solving. After 20 minutes of work, the degree of mental fatigue of one of the testees was 9.5 %, rose to 21 % by the end of the first hour and exceeded 39 % by the end of the second hour. Similar dynamics of mental fatigue was observed in all testees, but its development and the degree of fatigue are individual. To prevent fatigue and ensure high level of efficiency one should set the individual schedule and rest pauses duration during mental activity.

Keywords: mental fatigue; evaluation; paired light pulses.

Введение. Проблема контроля утомления как определенного функционального состояния человека, имеет более чем полуторавековую историю. Ее решению посвящены труды известных специалистов в области физиологии, таких как М.И. Сеченов (1863–1907), В.М. Бехтерев (1914–1920), И.П. Павлов (1927), К.Д. Ушинский (1950), П.К. Анохин (1975, 1978–1980) и др.

Как отмечают В.П. Загрядский и З.К. Сулимо-Самуйло [1], при исследовании феномена утомления многими авторами подчеркивается, что динамика его развития при физической и умственной работе принципиально не отличается. Утомление при умственной работе может быть обнаружено по тем же функциональным сдвигам в вегетативной сфере, которые характеризуют утомление при мышечной деятельности. Поэтому исследователи обращают больше внимания на общие черты, чем на специфические различия в механизмах утомления от физической и умственной работы.

Однако, по мнению А.В. Карпенко [2], проблема количественной оценки уровня умственного утомления на основании физиологических показателей является одной из наиболее сложных. Необходимость учета малых сдвигов таких показателей породила стремление искать чувствительные корреляты умственной работоспособности путем одновременной регистрации многих показателей физиологического состояния организма. Такой подход, учитывающий активность многих физиологических систем, представляет большие возможности для интерпретации данных, однако его методическая реализация достаточно сложна и во многих случаях остается доступной только при экспериментальных исследованиях.

Ряд исследователей отмечает, что в отношении умственной работоспособности значительно информативнее регуляторные системы. Данные об активности симпатoadrenalовой, гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной систем в процессе умственной деятельности позволяют считать их перспективным источником информации для оценки умственной работоспособности. Однако исследованиям активности регуляторных систем

организма ввиду их малой доступности в процессе любой деятельности посвящена небольшая часть работ по физиологии труда [3].

Согласно классификации трудовой деятельности, умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующие преимущественного напряжения сенсорного аппарата и активизации психических процессов [4]. Поэтому при утомлении, связанном с умственной деятельностью, более выраженные и четкие функциональные сдвиги наблюдаются в центральной нервной системе, высшей нервной деятельности, анализаторах и психической деятельности [1].

В качестве возможных индикаторов умственного утомления рассматриваются самые различные параметры показателей функционирования нервной системы: электроэнцефалограмма, электрокардиограмма, кожногальваническая реакция, вызванные потенциалы, плетизмограмма, реограмма и т.д. [5] Главное достоинство этих методов – объективность и возможность количественного выражения данных. В то же время для оценки функционального состояния человека при умственной деятельности широкое распространение получили методы, основанные на определении способности человека перерабатывать информацию: бланковые тесты, компенсаторное слежение, хронорефлексометрия, счет в различных вариантах и т.д. К числу их достоинств относятся доступность и чувствительность к изменениям умственной работоспособности. Однако в ряде случаев даже существенные изменения функционального состояния не приводят к изменению умственной продуктивности. Поэтому справедливо замечание о том, что такого рода тесты не отражают физиологическое обеспечение умственной деятельности [6].

Длительная интенсивная умственная деятельность приводит к чрезмерному психофизиологическому напряжению с последующим формированием неблагоприятных функциональных состояний и профессионального стресса. Последний способствует росту общесоматической патологии, среди которых: сердечно-сосудистая заболеваемость, хронические заболевания репродуктивной системы, метаболический синдром, выраженный в абдоминальном ожирении, синдром нервно-эмоционального перенапряжения и др. [7]. Поэтому поиск методов контроля умственного утомления остается важной и актуальной задачей.

Цель исследования. Разработка метода оценки умственного утомления с использованием парных световых импульсов.

Материалы и методы исследования. В эксперименте приняли участие 10 предварительно обученных испытуемых, мужчин в возрасте от 18 до 20 лет с нормальным зрением. Испытуемым предъявляли последовательность парных световых импульсов длительностью 200 мс, разделенных начальным межимпульсным интервалом, равным 70 мс, повторяющихся через постоянный временной интервал, равный 1 с [8]. Излучателем служил светодиод желтого цвета диаметром 5 мм с силой света 3 мкд, размещаемый в районе ближайшей точки ясного видения. Измерения выполняли бинокулярно в помещении, оборудованном в соответствии с требованиями СНиП [9] в первой половине дня с 9 до 12 часов с использованием устройства предъявления световых импульсов, управляемого компьютером. Временные диаграммы таких импульсов и их ощущений описаны ранее [10].

Методом последовательного приближения [11] испытуемые трижды определяли пороговый межимпульсный интервал, при котором два импульса в паре сливались в один. Далее испытуемые в течение двух часов выполняли решение систем алгебраических уравнений с несколькими неизвестными. В процессе решения уравнений периодически, через каждые 20 минут работы, трижды определяли пороговый межимпульсный интервал. Степень умственного утомления СУУ вычисляли по формуле:

$$\text{СУУ}_i = (\text{ПМИ}_i - \text{ПМИ}_0)100\% / \text{ПМИ}_i; i = 1, 2, \dots, n,$$

где СУУ_i - степень умственного утомления при i -м измерении; ПМИ_i - среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала при i -м измерении; ПМИ_0 – среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала до начала решения систем алгебраических уравнений; n – число измерений порогового межимпульсного интервала во время решения систем алгебраических уравнений.

Результаты исследования и их обсуждение. Данные вычисленных среднеарифметических значений порогового межимпульсного интервала и значений степени зрительного утомления с указанием времени измерения для одного из испытуемых представлены в таблице.

Таблица.

Результаты вычислений порогового межимпульсного интервала и степени зрительного утомления

Время измерения, час., мин	9.00	9.20	9.40	10.00
Среднеарифметическое значение ПМИ, мс	6,7	7,4	7,8	8,5
Степень умственного утомления, %	-	9,5	14,1	21,2
Время измерения, час., мин	10.20	10.40	11.00	-
Среднеарифметическое значение ПМИ, мс	8,9	9,8	11,1	-
Степень умственного утомления, %	24,7	31,6	39,6	-

На рис. 1 представлен график динамики порогового межимпульсного интервала в процессе решения уравнений, на рис. 2 – степени зрительного утомления.

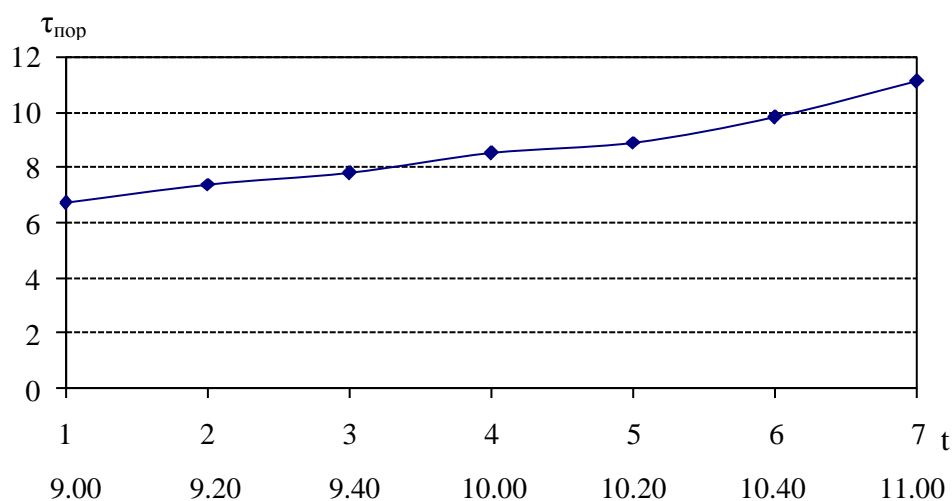


Рис 1. Усредненные значения порогового межимпульсного интервала испытуемого. По горизонтальной оси – время измерения, час, мин; по вертикальной оси – пороговый межимпульсный интервал, мс.

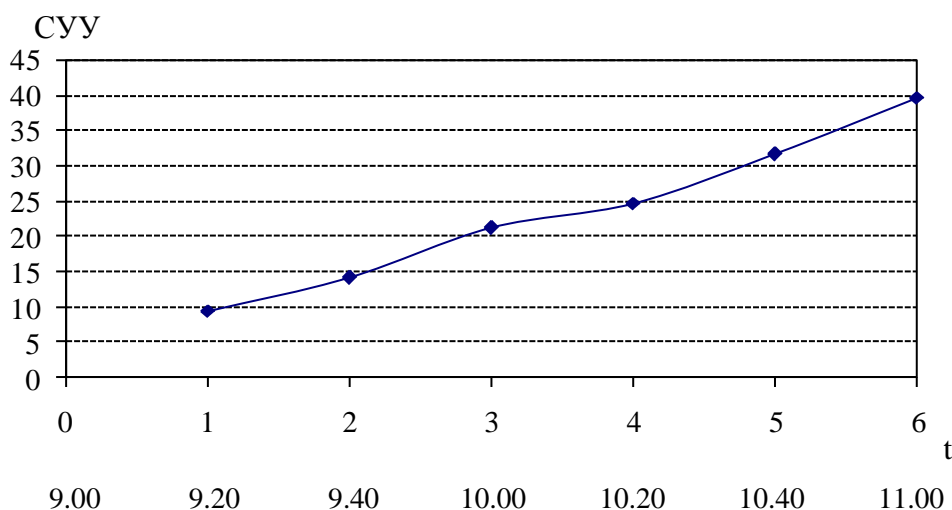


Рис. 2. Динамика зрительного утомления испытуемого. По горизонтальной оси – время измерения, час, мин; по вертикальной оси – степень зрительного утомления, %

Физиологами неоднократно производилась попытка найти надежный физиологический показатель умственного утомления. При этом оказалось, что показатели обмена веществ не отражают состояния умственной работоспособности, а критерии, основанные на средних уровнях физиологических показателей, не являются надежными и воспроизводимыми и непригодны для использования в практических целях [6, 12]. Однако Т.С. Копосова и соавт. [13] отмечают, что даже при такой, казалось бы, легкой умственной деятельности, как чтение про себя, обмен веществ в организме ребенка повышается на 16 %, а при чтении вслух – на 46 %. Умственная работа, связанная с нервно-эмоциональным напряжением (например, ответ с места, ответ у доски или на экзамене, выполнение контрольной работы и т.п.), вызывает у ребенка увеличение количества глюкозы в крови на 30–40 %. У лиц, занимающихся интенсивным умственным трудом, изменяется состояние вегетативной нервной системы, оцениваемое по индексу Кердо [14].

По данным исследований ряда авторов напряженная умственная работа вызывает изменения состояния организма, отражающиеся на показателях сердечной деятельности и артериального давления [15]. При усвоении нового материала у школьников повышается частота сердечных сокращений на 6–18%, увеличивается длительность сердечных циклов [16]. Решение трудных арифметических задач вызывает продолжительное повышение артериального давления и существенное изменение сердечной деятельности вплоть до нарушений ритма. Умственная работа, связанная с нервно-эмоциональным напряжением, вызывает у ребенка учащение пульса на 14–30 ударов, повышение систолического давления крови на 20–30 мм рт. ст. [13].

В результате анализа периодических составляющих сердечного ритма при напряженной умственной работе Р.М. Баевский (1975, 1984) выявил удлинение периодов в диапазоне 0,5-2,0 мин, А.О. Навакатикян и соавт. (1979, 1984) – аналогичную тенденцию в диапазоне 1,5-2 часа. В.И. Кудрявцева и В.А. Сычев (1976) обнаружили, что индикатором проявления раннего утомления может служить сдвиг пиков спектра сердечного ритма в низкочастотную область [17]. Однако, по мнению С.А. Косилова и Л.А. Леоновой, реакции сердечно-сосудистой системы на умственный труд недостаточно определены, хотя более типично для умственного труда увеличение ЧСС и уровня АД. Так учащение пульса в начальном периоде работы наблюдается у режиссеров телевидения и переводчиков при синхронном переводе. В то же время имеются данные об урежении пульса через несколько часов однообразной умственной работы, например, у диспетчеров и инженеров-экономистов [12].

По данным Т.М. Сенициной и Р.П. Чекурды при умственном напряжении одновременно с учащением сердцебиений наблюдается увеличение частоты дыхания [18]. З.М. Юлдашев и Ю.И. Сенкевич [19] отмечают, что умственное утомление может проявляться нарушением ритма дыхания, которое характеризуется возникновением частых вставочных вдохов, укорочении дыхательных периодов, частой сменой характера дыхания.

Однако при утомлении, связанном с умственной деятельностью, более выраженные и четкие функциональные сдвиги наблюдаются в центральной нервной системе [1]. Тестируя утомление, оценивают состояние кратковременной памяти, используя методики: определение времени реакции, поиск сигнала в шуме, опознание цифр, определение отсутствующей цифры и др. [5] Для изучения особенностей внимания и репродуктивного мышления используют бланковую методику «сложение и вычитание» [20]. По данным И.В. Бухтиярова и соавт., выполнивших комплекс физиологических и психологических исследований, именно компьютерные программы психологического тестирования заслуживают особого внимания [21].

При этом установлено, что дети с низкой подвижностью нервных процессов существенно уступают по умственной работоспособности детям с высокой подвижностью. Эти различия являются достоверными на протяжении всего учебного года и в разные периоды учебной недели и учебного дня [22]. Изменения параметров функционального состояния центральной нервной системы под действием интенсивной умственной нагрузки проявляется не одинаково у носителей разных вариантов генов DAT1, DRD2 и COMT [23].

Для анализа развития умственного утомления, как отмечают С.А. Косилов и Л.А. Леонова, эффективным считается метод определения критической частоты световых мельканий, который успешно применялся многими авторами (М.А. Грицевский, 1959;

З.М. Золина, 1968; Simonson, 1947; Grandjean, 1947, 1959; А.И. Киколов, 1960, 1967 и др.) [12]. Однако изменения значения КЧСМ обычно невелики по абсолютной величине, что приводит к необходимости повышения точности измерений. Методы, методики и технические решения, предложенные для повышения точности измерения критической частоты световых мельканий, рассмотрены ранее [24-27].

В то же время более точные результаты исследований, по сравнению с методом КЧСМ, можно получить методом парных световых импульсов [28, 29]. Вопросы использования метода рассмотрены в работах [30-33].

Использование метода парных световых импульсов позволило установить, что уже через 20 минут решения систем алгебраических уравнений с несколькими неизвестными степень умственного утомления испытуемого достигает 9,5 %, возрастая к концу первого часа до 21 % и к концу второго часа – более 39 %. Аналогичная динамика умственного утомления наблюдалась у всех испытуемых, однако его развитие и степень утомления индивидуальны. Это позволяет, с целью профилактики утомления и обеспечения высокого уровня работоспособности, установить индивидуальный график и длительность необходимых перерывов для отдыха в процессе умственной деятельности.

Заключение. Предложен способ оценки умственного утомления, позволяющий дать количественную оценку его степени. Анализ динамики степени утомления позволяет, с целью его профилактики и обеспечения высокого уровня работоспособности, установить индивидуальный график и длительность перерывов в процессе умственной деятельности.

Примечания:

1. Загрядский В.П. Методы исследования в физиологии труда / В.П. Загрядский, З.К. Сулимо-Самуйло. Л.: Наука, 1976. 93 с.

2. Карпенко А.В. Использование статистических характеристик сердечного ритма для оценки умственной работоспособности / А.В. Карпенко // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 3. С. 426-431.

3. Карпенко А.В. Колебательная структура психофизиологических показателей как источник информации о продуктивности умственной деятельности / А.В. Карпенко // Физиология человека. 1988. Т. 14, № 5. С. 730-738.

4. Раздьяконова Е.А. Безопасность жизнедеятельности и умственный труд / Е.А. Раздьяконова // Вологодские чтения. 2004. № 47. С. 30-31.

5. Зинченко В.П. Психометрика утомления / В.П. Зинченко, А.Б. Леонова, Ю.К. Стрелков. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 109 с.

6. Буров А.Ю. Оценка функционального состояния операторов по показателям умственной работоспособности / А.Ю. Буров // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 2. С. 281-288.

7. Байгужин П.А. Способы оптимизации напряженности умственного труда как фактора профессионального стресса (обзор) / П.А. Байгужин // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2012. № 3. С. 378-396.

8. Патент РФ №2008142353/14; 20.04.2010. Роженцов В.В. Способ определения степени умственного утомления // Патент России № 2386385. 2008. Бюл. № 11.

9. СНиП 23–05–95. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила Российской Федерации. М.: Изд-во стандартов, 1995. 30 с.

10. Роженцов В.В. Способ повышения достоверности определения времени восстановления зрительной системы / В.В. Роженцов // Рефракционная хирургия и офтальмология. 2010. Т. 10, № 3. С. 47-50.

11. Роженцов В.В. Исследование критической частоты слияния мельканий методом последовательных приближений / В.В. Роженцов, Т.А. Корнюшина, А.А. Фейгин // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 5. С. 52-55.

12. Косилов С.А. Работоспособность человека и пути ее повышения / С.А. Косилов, Л.А. Леонова. М.: Медицина, 1974. 240 с.

13. Копосова Т.С. Вариабельность сердечного ритма при умственной нагрузке у городских и сельских школьников / Т. С. Копосова, С. Ф. Лукина, И. А. Савенкова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2008. № 1. С. 24-30.

14. Стоянов А.Н. Значение оптико-вегетативной системы для клинической нейровегетологии / А. Н. Стоянов, А. С. Сон // Международный неврологический журнал. 2010. № 5. С. 24–26.

15. Влияние напряженной умственной работы в стрессорных условиях на сердечную деятельность, гемодинамику и кровообращение головного мозга / Б. М. Федоров, Е. Н. Стрельцова, Т.В. Себекина и др. // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 1. С. 65-71.

16. Дьячкова Г.И. Сердечный ритм при эмоциональном напряжении у детей / Г.И. Дьячкова // Педиатрия. 1999. № 8. С. 25–28.
17. Навакатилян А.О. Физиология и гигиена умственного труда / А.О. Навакатилян, В.В. Крыжановская, В. В. Кальниш. К.: Здоров'я, 1987. 148 с.
18. Синицина Т.М. Частота сердечных сокращений и дыхания при различной успешности выполнения умственной работы / Т. М. Синицина, Р. П. Чекурда // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 2. С. 199-203.
19. Юлдашев З.М. Автоматизация систем дистанционного контроля утомляемости учащихся и преподавателей / З.М. Юлдашев, Ю.И. Сенкевич // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 4. С. 62-68.
20. Методика оценивания умственной работоспособности и надежности профессиональной деятельности специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С.В. Кирий, Ю.А. Кукушкин, А.В. Богомолов и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 1-2. С. 50-56.
21. Бухтияров И.В. Валидизация оценки профессионального стресса у работников офисов / И.В. Бухтияров, М.Ю. Рубцов, П.В. Чесалин // Экология человека. 2012. № 11. С. 20-26.
22. Аюрова Э.Б. Умственная работоспособность детей с различной подвижностью основных нервных процессов / Э.Б. Аюрова // Физиология человека. 1986. Т. 12, № 1. С. 146-150.
23. Влияние генетических вариаций в дофаминергической системе на утомление человека: гендерные аспекты / Н.В. Малюченко, Ю.В. Щеголькова, М.А. Куликова и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2010. № 2. С. 187-193.
24. Роженцов В.В. Точность измерения критической частоты световых мельканий / В.В. Роженцов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2003. № 4 (32). С. 17-20.;
25. Роженцов В.В. Исследование влияния длительности импульсов на точность определения критической частоты световых мельканий / В.В. Роженцов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2003. № 10. С. 479-480.
26. Роженцов В.В. Методика измерений и точность определения критической частоты слияния световых мельканий / В. В. Роженцов // Вестник офтальмологии. 2004. Т. 120, № 5. С. 29-31.;
27. Роженцов В.В. Обеспечение точности измерений критической частоты световых мельканий / В. В. Роженцов // Медицинская техника. 2008. № 1. С. 8-10.
28. Петухов И.В. Точность оценки критической частоты световых мельканий и времени восстановления зрительного анализатора / И.В. Петухов, В.В. Роженцов // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 5. С. 24-28.;
29. Sysoev I.I. The Possibility of Using Physiological Parameters Boxers in Preparation / I.I. Sysoev, M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 26, № 8-1. P. 1153-1158.
30. Роженцов В.В. Оценка скорости возбудительных процессов нервной системы спортсмена / В. В. Роженцов, М. М. Полевщиков // Спортивный психолог. 2010. № 2(20). С. 74-77.
31. Полевщиков М.М. О возможности количественной оценки времени вработывания и развития выносливости / М.М. Полевщиков, В.В. Роженцов // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 3. С. 40-41.
32. Rozhentsov V.V. Accuracy of Vision Time Evaluation / V.V. Rozhentsov, M.M. Polevshchikov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 33, № 11-1. P. 1911-1914.
33. Полевщиков М.М. Функциональная диагностика методом анализа скорости нервных процессов / М.М. Полевщиков, В.В. Роженцов, В.Е. Афоньшин // Спортивная медицина: наука и практика. Научно-практический журнал. 2013. № 1(10). С. 222-223.

References:

1. Zagryadskii V.P. Metody issledovaniya v fiziologii truda / V.P. Zagryadskii, Z.K. Sulimo-Samuilo. L.: Nauka, 1976. 93 s. (In rus.)
2. Karpenko A.V. Using statistical characteristics of heart rate to assess mental capacity // Fiziologiya cheloveka. 1986. Т. 12, № 3. S. 426-431. (In rus.)
3. Karpenko A.V. The vibrational structure of psychophysiological indicators as a source of information on the productivity of mental activity / A.V. Karpenko // Fiziologiya cheloveka. 1988. Т. 14, № 5. S. 730-738. (In rus.)
4. Razd'yakonova E.A. Life safety and mental work / E.A. Razd'yakonova // Vologdinskie chteniya. 2004. № 47. S. 30-31. (In rus.)
5. Zinchenko V.P. Psikhometrika utomleniya / V.P. Zinchenko, A.B. Leonova, Yu.K. Strelkov. M.: Izdvo Mosk. un-ta, 1977. 109 s. (In rus.)
6. Burov A.Yu. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya operatorov po pokazatelyam umstvennoi rabotosposobnosti / A.Yu. Burov // Fiziologiya cheloveka. 1986. Т. 12, № 2. S. 281-288. (In rus.)

7. Baiguzhin P.A. Spособы optimizatsii napryazhennosti umstvennogo truda kak faktora professional'nogo stressa (obzor) / P.A. Baiguzhin // Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2012. № 3. S. 378-396. (In rus.)
8. Patent RF №2008142353/14; 20.04.2010. Rozhentsov V.V. Spособ opredeleniya stepeni umstvennogo utomleniya // Patent Rossii № 2386385. 2008. Byul. № 11. (In rus.)
9. SNiP 23–05–95. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie. Stroitel'nye normy i pravila Rossiiskoi Federatsii. M.: Izd-vo standartov, 1995. 30 s. (In rus.)
10. Rozhentsov V.V. Spособ povysheniya dostovernosti opredeleniya vremeni vosstanovleniya zritel'noi sistemy / V.V. Rozhentsov // Refraktsionnaya khirurgiya i oftal'mologiya. 2010. T. 10, № 3. S. 47-50. (In rus.)
11. Rozhentsov V.V. Issledovanie kriticheskoi chastoty sliyaniya mel'kaniy metodom posledovatel'nykh priblizhenii / V.V. Rozhentsov, T.A. Korniyushina, A.A. Feigin // Fiziologiya cheloveka. 2006. T. 32, № 5. S. 52-55. (In rus.)
12. Kosilov S.A. Rabotosposobnost' cheloveka i puti ee povysheniya / S.A. Kosilov, L.A. Leonova. M.: Meditsina, 1974. 240 s. (In rus.)
13. Kuposova T.S. Variabel'nost' serdechnogo ritma pri umstvennoi nagruzke u gorodskikh i sel'skikh shkol'nikov / T. S. Kuposova, S. F. Lukina, I. A. Savenkova // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2008. № 1. S. 24-30. (In rus.)
14. Stoyanov A.N. Znachenie optiko-vegetativnoi sistemy dlya klinicheskoi neirovegetologii / A.N. Stoyanov, A. S. Son // Mezhdunarodnyi nevrologicheskii zhurnal. 2010. № 5. S. 24–26. (In rus.)
15. Vliyanie napryazhennoi umstvennoi raboty v stressornykh usloviyakh na serdechnuyu deyatel'nost', gemodinamiku i krovoobrashchenie golovnogo mozga / B.M. Fedorov, E.N. Strel'tsova, T.V. Sebekina i dr. // Fiziologiya cheloveka. 1986. T. 12, № 1. S. 65-71. (In rus.)
16. D'yachkova G.I. Serdechnyi ritm pri emotsional'nom napryazhenii u detei / G.I. D'yachkova // Pediatriya. 1999. № 8. S. 25–28. (In rus.)
17. Navakatikyan A.O. Fiziologiya i gigiena umstvennogo truda / A.O. Navakatikyan, V.V. Kryzhanovskaya, V.V. Kal'nish. K.: Zdorov'ya, 1987. 148 s. (In rus.)
18. Sinitsina T.M. Chastota serdechnykh sokrashchenii i dykhaniya pri razlichnoi uspezhnosti vypolneniya umstvennoi raboty / T. M. Sinitsina, R. P. Chekurda // Fiziologiya cheloveka. 1986. T.12, № 2. S. 199-203. (In rus.)
19. Yuldashev Z.M. Avtomatizatsiya sistem distantsionnogo kontrolya utomlyaemosti uchashchikhsya i prepodavatelei / Z.M. Yuldashev, Yu.I. Senkevich // Biomeditsinskaya radioelektronika. 2010. № 4. S. 62-68. (In rus.)
20. Metodika otsenivaniya umstvennoi rabotosposobnosti i nadezhnosti professional'noi deyatel'nosti spetsialistov, podvergayushchikhsya vozdeistviyu avitsionnogo shuma / S.V. Kirii, Yu.A. Kukushkin, A.V. Bogomolov i dr. // Biomeditsinskaya radioelektronika. 2008. № 1-2. S. 50-56. (In rus.)
21. Bukhtiyarov I.V. Validizatsiya otsenki professional'nogo stressa u rabotnikov ofisov / I.V. Bukhtiyarov, M.Yu. Rubtsov, P.V. Chesalin // Ekologiya cheloveka. 2012. № 11. S. 20-26. (In rus.)
22. Ayurova E.B. Umstvennaya rabotosposobnost' detei s razlichnoi podvizhnost'yu osnovnykh nervnykh protsessov / E.B. Ayurova // Fiziologiya cheloveka. 1986. T. 12, № 1. S. 146-150. (In rus.)
23. Vliyanie geneticheskikh variatsii v dofaminergicheskoi sisteme na utomlenie cheloveka: gendernye aspekty / N.V. Malyuchenko, Yu.V. Shchegol'kova, M.A. Kulikova i dr. // Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny. 2010. № 2. S. 187-193. (In rus.)
24. Rozhentsov V.V. Tochnost' izmereniya kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy / V.V. Rozhentsov // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva. 2003. № 4 (32). S. 17-20. (In rus.)
25. Rozhentsov V.V. Issledovanie vliyaniya dlitel'nosti impul'sov na tochnost' opredeleniya kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy / V.V. Rozhentsov // Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny. 2003. № 10. S. 479-480. (In rus.)
26. Rozhentsov V.V. Metodika izmerenii i tochnost' opredeleniya kriticheskoi chastoty sliyaniya svetovykh mel'kaniy / V. V. Rozhentsov // Vestnik oftal'mologii. 2004. T. 120, № 5. S. 29-31. (In rus.)
27. Rozhentsov V.V. Obespechenie tochnosti izmerenii kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy / V. V. Rozhentsov // Meditsinskaya tekhnika. 2008. № 1. S. 8-10. (In rus.)
28. Petukhov I.V. Tochnost' otsenki kriticheskoi chastoty svetovykh mel'kaniy i vremeni vosstanovleniya zritel'nogo analizatora / I.V. Petukhov, V.V. Rozhentsov // Biomeditsinskaya radioelektronika. 2008. № 5. S. 24-28. (In rus.)
29. Sysoev I.I. The Possibility of Using Physiological Parameters Boxers in Preparation / I.I. Sysoev, M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 26, № 8-1. P. 1153-1158.
30. Rozhentsov V.V. Otsenka skorosti vzbuditel'nykh protsessov nervnoi sistemy sportsmena / V.V. Rozhentsov, M. M. Polevshchikov // Sportivnyi psikholog. 2010. № 2(20). S. 74-77. (In rus.)

31. Polevshchikov M.M. O vozmozhnosti kolichestvennoi otsenki vremeni vrabatyvaniya i razvitiya vynoslivosti / M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov // Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. 2010. № 3. S. 40-41. (In rus.)

32. Rozhentsov V.V. Accuracy of Vision Time Evaluation / V.V. Rozhentsov, M.M. Polevshchikov // European Researcher. International Multidisciplinary Journal. 2012. V. 33, № 11-1. P. 1911-1914.

33. Polevshchikov M.M. Funktsional'naya diagnostika metodom analiza skorosti nervnykh protsessov / M.M. Polevshchikov, V.V. Rozhentsov, V.E. Afon'shin // Sportivnaya meditsina: nauka i praktika. Nauchno-prakticheskii zhurnal. 2013. № 1(10). S. 222-223. (In rus.)

УДК 612.014.32.001.8

Оценка умственного утомления

Валерий Витальевич Роженцов

Поволжский государственный технологический университет, Россия
424000, г. Йошкар-Ола, Россия, пл. Ленина, 3
424031, г. Йошкар-Ола, Россия, ул. Пролетарская, д. 53, кв. 18
Доктор технических наук, профессор
E-mail: VRozhentsov@mail.ru

Аннотация. Предложен способ оценки степени умственного утомления, основанный на методе парных световых импульсов. В эксперименте приняли участие 10 предварительно обученных испытуемых, мужчин в возрасте от 18 до 20 лет с нормальным зрением. Испытуемым предъявляли последовательность парных световых импульсов длительностью 200 мс, разделенных начальным межимпульсным интервалом, равным 70 мс, повторяющихся через постоянный временной интервал, равный 1 с. Методом последовательного приближения испытуемые трижды определяли пороговый межимпульсный интервал, при котором два импульса в паре сливались в один. Далее испытуемые в течение двух часов выполняли решение систем алгебраических уравнений с несколькими неизвестными. В процессе решения уравнений периодически, через каждые 20 минут работы, трижды определяли пороговый межимпульсный интервал. Степень умственного утомления СУУ вычисляли по формуле: $СУУ_i = (ПМИ_i - ПМИ_0)100\% / ПМИ_i$; $i = 1, 2, \dots, n$, где $СУУ_i$ - степень умственного утомления при i -м измерении; $ПМИ_i$ - среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала при i -м измерении; $ПМИ_0$ - среднеарифметическая длительность порогового межимпульсного интервала до начала решения систем алгебраических уравнений; n - число измерений порогового межимпульсного интервала во время решения систем алгебраических уравнений. После 20 минут работы степень умственного утомления одного из испытуемых достигла 9,5 %, возросла к концу первого часа до 21 % и к концу второго часа превысила 39 %. Аналогичная динамика умственного утомления наблюдалась у всех испытуемых, однако его развитие и степень утомления индивидуальны. Это позволяет, с целью профилактики утомления и обеспечения высокого уровня работоспособности, установить индивидуальный график и длительность необходимых перерывов для отдыха в процессе умственной деятельности.

Ключевые слова: утомление умственное; оценка; парные световые импульсы.

UDC 612

Oxidative Metabolism State and Immunity in Industrial Rubber Production Workers

¹ Sabit S. Shorin² Anar M. Rahmetova³ Naila Sh. Ahmetova⁴ Karlygash S. Tebenova⁵ Klara M. Tuganbekova⁶ Gulnazia K. Alshynbekova⁷ Gulmira A. Tusupbekova¹ Karaganda State University named after E.A. Buketov, Kazakhstan

100028, Karaganda, Universitetskaya street, 28

PhD (Biology), Associate Professor

E-mail: s_s_bgf@list.ru

^{2, 3, 7} PhD (Medicinal), Associate Professor⁴ Dr. (Medicinal), Professor⁵ PhD (Pedagogy), Associate Professor⁶ PhD (Biology), Associate Professor

Abstract. The research of immunity and oxidative metabolism state in workers of rubber production industry is characterized by efficient activation of antioxidant protection, as indicated by the absence of significant cumulation of secondary products of lipid peroxidation and the presence of moderate sensitization.

Keywords: immune parameters; lipid peroxidation; sensitization; antioxidant; average age; harmful factors.

Актуальность. Территория Центрального Казахстана в силу своих климатических и экологических условий (многолетняя эксплуатация крупных промышленных предприятий на ограниченной территории, отсутствие гигиенического мониторинга) имеют свои особенности [1,2]. Подобные особенности могут существенно изменять традиционные представления о значимости химических соединений и дает основание к пересмотру общепринятых подходов в оценке их гигиенической безопасности. Для территорий, подверженных длительному химическому загрязнению, до сих пор не существует единого концептуального подхода к решению и трактовки термина «гигиенический медико-биологический мониторинг». Современный этап эффективной стратегии мировой гигиенической науки по снижению риска влияния неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье человека, делает необходимым установление более надежных и безопасных уровней гигиенических нормативов и, прежде всего разработки региональных уровней минимального риска в процессе осуществления профилактических и оздоровительных мероприятий [3, 4].

Развитие новых направлений в профилактической медицине требует создание новых теоретических основ профилактической деятельности на базе медико-экологических и биологических воззрений, обеспечивающих объяснение причинно-следственных связей механизмов в формировании здоровья человека в зависимости от среды обитания [5, 6].

В связи с вышеизложенным, а также в соответствии с действующими законодательными актами, как закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 29.11.1999 г. № 408-1, «Концепция экологической безопасности» на 2004 – 2015 гг. от 3 декабря 2003 г. №1241 приоритетным направлением научной и практической деятельности в области профилактической медицины становится изучение, анализ, прогнозирование состояния здоровья населения в зависимости от качества окружающей среды и определение риска возникновения неблагоприятных биоэффектов [7, 8].

Методология таких работ должна иметь объективную информационную базу для обоснования количественной оценки реальной допустимой химической нагрузки, определения факторов и контингентов риска [9, 10].

Распространенность химических элементов в различных объектах окружающей среды при современном промышленном потенциале городов возрастает настолько, что становится в ряд с природными геохимическими факторами [11, 12, 13]. Вследствие этого требуется дальнейшее совершенствование и унификация методик оценки гигиенического неблагополучия с учетом региональных аспектов в определении критериев риска на селитебных территориях. В областных и городских СЭС накоплен большой фактический материал о загрязнении окружающей среды и показателях здоровья населения. Вместе с тем, полученные материалы не в полном объеме оценивают качество среды обитания, и сама методическая основа сбора материала устарела и не отвечает современным представлениям о методологии оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения. Решение сложных задач гигиены в охране здоровья населения требует системного подхода и новых теорий, среди которых теория риска занимает ведущее положение [14, 15, 16]. Методология оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека является новым, относительно молодым, интенсивно развиваемым во всем мире междисциплинарным научным направлением [17, 18]. Современное состояние вопроса о критериях патогенности по химическому составу и гигиенической регламентации для многих сложных соединений, в том числе и для городской пыли, не может рассматриваться как решенная проблема. Согласно ранее проведенным исследованиям [19, 20, 21, 22] имеются более сложные причинно-следственные связи между составом пыли, ее свойствами и ответной реакцией организма. Они требуют дальнейших исследований, так как в окружающей среде невозможно выделить и проследить влияние только пыли. Для подобных исследований, необходимо создание новых экспериментальных моделей и методов анализа для изучения ответной реакции организма при воздействии пыли, в состав которой входит комплекс микроконцентраций металлов [23, 24, 25]. В этом плане особый интерес представляет «оценка величины мутационного риска», которая сопряжена с проявлением отдаленных эффектов, в том числе с процессами канцерогенеза, когда повреждаются гены соматических клеток и возможно возрастание частоты опухолевых процессов.

Сложившаяся во многих регионах Казахстана экологическая обстановка заставляет с особым вниманием рассматривать медицинские аспекты в оценке изменении условий проживания населения. Одними, из которых являются гигиенические исследования, определяющие необходимость углубленного изучения роли антропогенных факторов окружающей среды в формировании уровня здоровья человека для предупреждения негативных тенденций.

В задачи нашего исследования входили: выявление и оценка специфичности возможного влияния пыли и токсическими вулканизационными газами города Сарань на здоровья рабочих завода резинотехнических изделий.

Специфичными для резинотехнического производства является загрязнение воздушной среды пылью сложного химического состава (сажа, сера, тиурам, тальк и др.) и токсическими вулканизационными газами (окись азота, окись углерода, гомологи бензола, стирол, аммиак и т.д.), неблагоприятный микроклимат, что обуславливает высокий вес заболеваний органов дыхания у работающих [26, 27].

Материалы и методы. Средний возраст обследованных рабочих I группы составил $40,55 \pm 1,54$ лет, средний трудовой стаж в контакте с вредными факторами РТП–16, $01 \pm 1,38$ лет. При физикальном обследовании практически здоровых лиц патологии не выявлено. Средний возраст 43 обследованных лиц с ПБ (II группа) составил $41,88 \pm 1,3$ года, стаж работы на РТП–19, $01 \pm 1,07$ года. Анамнестически обследованные жалоб не предъявляли. Физикальное исследование рабочих с ПБ изменения формы грудной клетки, тембра перкуторного звука не выявило. При аускультации легких жесткое дыхание выслушивалось у 27,9% обследованных, в остальных случаях дыхание было везикулярным. Средний возраст рабочих с ХБ (III группа) составил $43,92 \pm 1,25$. Средний стаж работы на данном производстве – $18,31 \pm 1,26$ лет. По результатам исследования у 27 (69,2 %) обследованных из 39 выявлен

необструктивный бронхит (ХНБ), у 12 (30,8%) – обструктивный (ХОБ). По анамнестическим данным начало хронического бронхита относилось у 71,8% обследованных к стажу от 10 до 15 лет. Остальные рабочие затруднялись судить о начале заболевания. Данные свидетельствуют, что у практически здоровых рабочих РТП уровень вторичных продуктов ПОЛ составил $2,33 \pm 0,09$ нмоль/мл и достоверно не отличался от показателей в контрольной группе.

Активность одного из основных антиоксидантных ферментов - каталазы недостоверно повышается до $23,18 \pm 0,31$ мккат/л в сравнении с контрольными величинами. Содержание церулоплазмينا составило $325,60 \pm 3,79$ мг/л при контроле – $336,05 \pm 6,15$ мг/л, что также недостоверно. На этапе ПБ (II группа) на фоне незначимого повышения МДА на 15% ($2,39 \pm 0,13$ нмоль/л при контроле – $2,04 \pm 0,12$ нмоль/л) происходит достоверное ($p < 0,001$) повышение содержания каталазы на 12% и достигает $25,13 \pm 0,31$ мккат/л (в контроле $22,40 \pm 0,42$ мккат/л). Активность ЦП снижается до $320,16 \pm 4,35$ мг/л, но недостоверно в сравнении с контрольными показателями. При сравнении показателей ПОЛ и АОЗ во II группе с данными I группы достоверных различий не было отмечено. При развитии бронхолегочной патологии (III группа) отмечается достоверное повышение ($p < 0,001$) количества МДА на 45% в сравнении с контрольной группой и на 23% в сравнении с группой предболезни ($p < 0,05$). Повышение токсических продуктов ПОЛ связано не только усилением процессов пероксидации липидов под влиянием неблагоприятных факторов РТП, но и недостаточностью антиоксидантной защиты, что проявляется снижением каталазы на 24%, что достоверно отличается в сравнении с группой контроля ($p < 0,001$) и с группой предболезни ($p < 0,05$). Содержание церулоплазмينا в этой группе составило $313,28 \pm 4,47$ мг/л, что достоверно ниже на 7% в сравнении с показателями в контрольной группе ($p < 0,05$), где содержание церулоплазмينا составляет $336,05 \pm 6,15$ мг/л. Исходя из того, что рабочие РТП имеют контакт с химическими веществами, обладающими токсическим, раздражающим, сенсibiliзирующим действием, а также, учитывая патологию органов дыхания с возможным развитием аутоиммунных нарушений, изучалось состояние показателей иммунного статуса.

В группе практически здоровых высокостажированных рабочих (I группа) выявлено повышение адгезионной активности НЛ на 5% при $p < 0,05$. В гемограмме отмечается незначительное повышение (на 4%) сегментоядерных нейтрофилов и увеличение количество эозинофильных лейкоцитов на 22% ($p < 0,05$). У лиц с ПБ отмечается достоверное снижение как относительного так и абсолютного содержания Т-лимфоцитов на 23% и 45% в сравнении с контрольной группой ($p < 0,001$). При этом отмечается снижение количества Т-супрессоров на 77%, Т-хелперов на 9% в сравнении с контрольной группой ($p < 0,05$). Выявлено увеличение количества О-лимфоцитов на 32%. В лейкограмме снижение лимфоцитов происходит на 23%, моноцитов – в 2,2 раза ($p < 0,001$). Отмечается дальнейшее нарастание числа сегментоядерных нейтрофилов на 18% ($p < 0,001$), эозинофилов – на 63% ($p < 0,01$). У рабочих, страдающих ХБ происходят еще более выраженные изменения со стороны иммунологических показателей. Так, относительное содержание Т-лимфоцитов снижается на 27% и составляет $37,95 \pm 1,25$ % (в контрольной группе - $51,95 \pm 1,26$ %), абсолютное количество Т-лимфоцитов снижается на 40% ($p < 0,001$). При этом содержание субпопуляции Т-хелперов снижается на 16% ($p < 0,01$), Т-супрессоров – на 69% ($p < 0,05$). Выявлено выраженное повышение функционально несостоятельных иммунокомпетентных клеток (на 47%), что несомненно способствует прогрессированию патологического процесса в легких. У лиц III группы отмечается выраженное снижение процентного и абсолютного содержания фагоцитирующих нейтрофилов на 15–17% ($p < 0,05$).

Обсуждение. Со стороны показателей гуморального звена иммунитета отмечаются у лиц с ПБ выявлено увеличение количества IgA на 33%, IgG – на 37%. При развитии ХБ выявлено повышение количества IgG на 41%. Наши данные в совпадают с данными [28], который у работников РТП выявил снижение показателей Т-клеточного звена иммунитета и повышение всех классов иммуноглобулинов. Вслед за автором, выявленные изменения в клеточном и гуморальном звеньях иммунитета у обследованных, мы связываем с воздействием токсических химических веществ РТП на организм, выступающих в роли

гаптена, антигена. В связи с вышесказанным, для изучения сенсibilизирующего действия химических компонентов резиновой смеси были проведены специфические иммунологические тесты с фталевым ангидридом, тиазоном и тиурамом. Известно, что данные вещества относятся к умеренно опасным (2-й класс) промышленным аллергенам [29]. К этому классу относятся вещества и соединения, которые вызывают развитие сенсibilизации при всех способах воздействия и у большинства животных. Аллергические проявления компонентов резиновой смеси у практически здоровых рабочих РТП возникают уже на ранних стадиях контакта с ними и выявляются в виде невыраженной сенсibilизации [26]. У здоровых рабочих показатели РСАЛ достоверно ($p < 0,05$) повысились к тиураму на 56 % и составили $1,17 \pm 0,16$ % (в контроле – $0,75 \pm 0,08$ %), что возможно связано с превышением ПДК тиурама в воздухе рабочей зоны. При развитии предбронхита у рабочих РТП отмечается достоверное нарастание ($p < 0,001$) агломерации лейкоцитов на фталевый ангидрид, тиазон и тиурам (в 2,3, в 2,1 и в 2,2 раза) и составило $1,92 \pm 0,18$ %, $1,62 \pm 0,17$ % и $1,67 \pm 0,15$ % соответственно. У рабочих третьей группы можно отметить достоверно высокое количество агломерированных лейкоцитов по сравнению с контрольной группой ($p < 0,001$), что говорит о высокой степени сенсibilизации. При этом увеличение РСАЛ на фталевый ангидрид составило $2,91 \pm 0,31$ %, на тиазон – $2,26 \pm 0,30$ %, на тиурам – $2,25 \pm 0,30$ %, что в 3,5 раза, в 2,9 раз и в 3 раза выше контрольных величин. Исходя из того, что возможность применения одновременно нескольких аллергологических методов *in vitro* без ущерба для здоровья обследуемого позволяет взаимно контролировать полученные результаты и тем самым уменьшить число диагностических ошибок, мы провели РСЛЛ с фталевым ангидридом, тиазоном и тиурамом). При проведении РСЛЛ с фталевым ангидридом, тиазоном у здоровых рабочих отмечается недостоверное повышение показателей на 31 %, 42 % по сравнению с контрольными величинами и составило $6,86 \pm 0,79$ %; $5,96 \pm 0,82$ % соответственно. На тиурам количество агломерированных лейкоцитов достоверно ($p < 0,001$) возросло на 38% и $6,58 \pm 0,27$ % соответственно и 38 %. У обследованных рабочих второй группы также отмечается повышение коэффициента РСЛЛ с данными гаптенами и составило на фталевый ангидрид – $9,07 \pm 0,28$ %; на тиазон – $8,52 \pm 0,24$ % и на тиурам – $8,62 \pm 0,17$. Данные показатели достоверно выше на 32 %, 43 % и 31% по сравнению с показателями в первой группе и в 1,7- 2 раза выше величин в контрольной группе ($p < 0,001$). У лиц третьей группы процент лизированных лейкоцитов в реакции с фталевым ангидридом составил $12,14 \pm 0,35$ %, с тиазоном – $11,51 \pm 0,27$ %, с тиурамом – $11,68 \pm 0,23$ %, что на 34–36 % больше процента во второй группе ($p < 0,001$) и в 2,3–2,7 раз больше по сравнению с показателями в контрольной группе ($p < 0,001$). Этап предболезни у рабочих производства резиновых изделий характеризуется эффективной активацией антиоксидантной защиты, чему свидетельствует отсутствие значимого накопления вторичных продуктов перекисного окисления липидов, наличием умеренной сенсibilизации к фталевому ангидриду, тиазону, тиураму. При развитии бронхолегочной патологии процессы перекисидации липидов выходят из-под контроля факторов антирадикальной защиты, снижается активность антиоксидантных ферментов, в связи с чем происходит накопление продуктов ПОЛ. Наступают выраженные изменения в клеточном и гуморальном звене иммунитета, характеризующиеся угнетением клеточного звена на фоне нерезко выраженной активации В-системы иммунитета.

Заключение. Таким образом, у здоровых рабочих воздействие вредных факторов резинотехнического производства приводит к развитию скрытой сенсibilизации к тиураму при сохраненных показателях общего иммунитета и процессов перекисидации липидов. На этапе предбронхита накопление вторичных продуктов перекисного окисления липидов сдерживает активация процессов антирадикальной защиты, снижение показателей клеточного звена общего иммунитета сопровождается явлениями умеренной сенсibilизации к химическим веществам резинотехнического производства.

Примечания:

1. Кулкыбаев Г.А., Намазбаева З.И. Эколого-гигиенический мониторинг – как одна из основ управления качеством окружающей среды в промышленном регионе // Биотехнология. Теория и практика. 2002. №1. С. 108-112.
2. Белоног А.А. Модифицированный метод оценки рисков для ранжирования значимости гигиенических проблем // ЗН и СО. 2004. №2 (131). С.41-43.
3. Белоног А.А. Разработка критериев мониторинга воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения Республики Казахстан // ЗН и СО. 2004. №1 (130). С. 1-4.
4. Шандала М.Г. Профилактическая токсикология и профилактическая медицина // Гигиена и санитария. 2007. №1. С.7–9.
5. Кулкыбаев Г.А. Проблема охраны здоровья работающего населения Республики Казахстан // Гигиена труда и медицинская экология. 2003. №1. С.1-11.
6. Козицын А.Н., Рудой Г.Н. Опыт и перспективы решения вопросов охраны здоровья рабочих и населения, проживающих на территориях размещения промышленных предприятий // Медицина труда и промышленная экология. 2007. №3. С. 5-8.
7. Закон Республики Казахстан от 8.06.1984 г., №110-ХІІІ. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 29.11.1999г. - № 408-І. Астана. 2000. 34 с.
8. Государственный доклад «Концепция экологической безопасности РК на 2004–2015 годы». Астана. 2003. 63 с.
9. Рахманин Ю.А., Румянцев Г.И., Новиков С.М., и др. Интегрирующая роль медицины окружающей среды в профилактике, ранней диагностике и лечении нарушения здоровья, связанных с воздействием факторов среды обитания человека // Гигиена и санитария. 2005. №6. С. 3-6.
10. Боев В.М. Региональные особенности канцерогенного риска в агропромышленном регионе Южного Урала // Гигиена и санитария. 2002. №6. С. 62-63.
11. Тлеубекова Б.Т., Сулейменов Б.К., Жаркинов Е.Ж., Калимолдин М.М. Динамика изменений качества окружающей среды под воздействием антропогенной деятельности человека и его влияние на формирование здоровья населения // Здоровье и болезнь. 2005. №1(38). С. 13-18.
12. Герасимова С.А., Решетина Т.В. Проблемы обращения с экологически опасными почвами и грунтами, загрязненными бенз(а)пиреном, при строительстве на территории Москвы // Гигиена и санитария. 2007. №2. С. 28-30.
13. Андрианов Д.Л., Двинских С.А., Красных С.В. и др. Модели экологической безопасности градопромышленных агломераций. География (Программа «Университеты России»). М., 1993. С. 108-113.
14. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Иванов С.И. Современные научные проблемы совершенствования методологии оценки риска здоровью населения // Гигиена и санитария. 2005. №2. С. 7-10.
15. Онищенко Г.Г. Актуальные проблемы методологии оценки риска и ее роль в совершенствовании системы социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2005. №2. С. 3-7.
16. Киреева И.С., Черниченко И.А., Литвиченко О.Н. Гигиеническая оценка риска загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Украины для здоровья населения // Гигиена и санитария. 2007. №1. С. 17-21.
17. US EPA. IRIS. Background Document 2. EPA Approach for Assessment the Risk Associated with Chronic Exposures to Carcinogens. – Cincinnati, 1988.
18. Онищенко Г.Г. Концепция риска и ее место в системе социально-гигиенического мониторинга (проблемы и пути решения) // Вестник РАМН. 2005. №11. С. 27-33.
19. Шорин С.С., Мукашева М.А., Ракишев Е.К. Экологическая безопасность окружающей среды как фактор защиты здоровья человека / Теория и практика оздоровления населения России: Материалы II национальной научно-практической конференции с международным участием. Ижевск, 2005. С. 179-180.
20. Будькова Л.А. Роль антропогенной нагрузки в формировании сердечно-сосудистой патологии // Сб.: Актуальные вопросы профессиональной патологии в Казахстане. Караганда. 2003. С. 248-250.

21. Намазбаева З.И. Медико-биологические исследования на современном этапе развития профессиональной патологии // Сб.: Актуальные вопросы профессиональной патологии в Казахстане. Караганда. 2003. С. 325-329.

22. Большаков А.М., Крутько В.Н. Интегральные индикаторы здоровья и компьютерные системы для их оценки // Гигиена и санитария. 2005. №6. С. 51–53.

23. Русаков Н.В., Мухамбетова Л.Х., Крятов И.А. и др. Оценка степени опасности химических веществ, загрязняющих почву, при воздействии на организм экспериментальных животных // Гигиена и санитария. 2007. №2. С. 68-70.

24. Протасова О.В., Максимова И.А., Ботвин М.А. и др. Исследование взаимосвязи между дисбалансом содержания макро- и микроэлементов в организме и развитием морфологических дезинтеграций в биологических жидкостях и тканях // Физиология человека. 2007. Т. 33, №2. С. 104-110.

25. Шорин С.С., Тусупбекова Г.А. Влияние пыли атмосферного воздуха г. Темиртау на морфофункциональное состояние легких, печени и почек и коррекция пищевой добавкой в эксперименте // Журнал научных и прикладных исследований, 2013. № 1-2. С. 41-48.

26. Алтынбеков Б.Е., Сембаев Ж.Х. Особенности трудового процесса и оценка функционального состояния организма рабочих АО «Карагандарезинотехника» // Вестник Южно-Казахстанской медицинской академии, 2000. №3. С. 107-112.

27. Каримова Л.К., Терегулова З.С., Кулакова Л.Д. Профессиональная заболеваемость работающих в производстве резиновых технических изделий и обоснование системы профилактики // Здравоохранение Башкортостана. 2009. №5. С. 3-5.

28. Ткач. А.Ф. Состояние вопроса патологии органов желудочно-кишечного тракта и гепатобилиарной системы при воздействии ксенобиотиков. 2006.

29. Заугольников С.Д., Качалов М.И., Ллойд А.О. Экспрессные методы определения токсичности и опасности химических веществ. М., 1978. 184 с.

References:

1. Kulkybaev G.A., Namazbaeva Z.I. Ekologo-gigienicheskii monitoring – kak odna iz osnov upravleniya kachestvom okruzhayushchei sredy v promyshlennom regione // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. 2002. №1. S. 108-112. (In rus.)

2. Belonog A.A. Modifitsirovannyi metod otsenki riskov dlya ranzhirovaniya znachimosti gigienicheskikh problem // ZN i SO. 2004. №2 (131). S.41-43. (In rus.)

3. Belonog A.A. Razrabotka kriteriev monitoringa vozdeistviya faktorov okruzhayushchei sredy na zdorov'e naseleniya Respubliki Kazakhstan // ZN i SO. 2004. №1 (130). S. 1-4. (In rus.)

4. Shandala M.G. Profilakticheskaya toksikologiya i profilakticheskaya meditsina // Gigena i sanitariya. 2007. №1. S.7–9. (In rus.)

5. Kulkybaev G.A. Problema okhrany zdorov'ya rabotayushchego naseleniya Respubliki Kazakhstan // Gigena truda i meditsinskaya ekologiya. 2003. №1. S. 1-11. (In rus.)

6. Kozitsyn A.N., Rudoi G.N. Opyt i perspektivy resheniya voprosov okhrany zdorov'ya rabochikh i naseleniya, prozhivayushchikh na territoriyakh razmeshcheniya promyshlennykh predpriyatii // Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. 2007. №3. S. 5-8. (In rus.)

7. Zakon Respubliki Kazakhstan ot 8.06.1984 g., №110-KhIII. «O sanitarno-epidemiologicheskom blagopoluchii naseleniya» ot 29.11.1999g. - № 408-1. Astana. 2000. 34 s. (In rus.)

8. Gosudarstvennyi doklad «Kontsepsiya ekologicheskoi bezopasnosti RK na 2004–2015 gody». Astana. 2003. 63 s. (In rus.)

9. Rakhmanin Yu.A., Rumyantsev G.I., Novikov S.M., i dr. Integrirovannaya rol' meditsiny okruzhayushchei sredy v profilaktike, rannei diagnostike i lechenii narusheniya zdorov'ya, svyazannykh s vozdeistviem faktorov sredy obitaniya cheloveka // Gigena i sanitariya. 2005. №6. S. 3-6. (In rus.)

10. Boev V.M. Regional'nye osobennosti kantserogenogo riska v agropromyshlennom regione Yuzhnogo Urala // Gigena i sanitariya. 2002. №6. S. 62-63. (In rus.)

11. Tleubekova B.T., Suleimenov B.K., Zharkinov E.Zh., Kalimoldin M.M. Dinamika izmenenii kachestva okruzhayushchei sredy pod vozdeistviem antropogennoi deyatelnosti cheloveka i ego vliyanie na formirovanie zdorov'ya naseleniya // Zdorov'e i bolezni. 2005. №1(38). S. 13-18. (In rus.)

12. Gerasimova S.A., Reshetina T.V. Problemy obrashcheniya s ekologicheski opasnymi pochvami i gruntami, zagryaznennymi benz(a)pirenom, pri stroitel'stve na territorii Moskvyy // *Gigiena i sanitariya*. 2007. №2. S. 28-30. (In rus.)
13. Andrianov D.L., Dvinskikh S.A., Krasnykh S.V. i dr. Modeli ekologicheskoi bezopasnosti gradopromyshlennykh aglomeratsii. *Geografiya (Programma «Universitety Rossii»)*. M., 1993. S. 108-113. (In rus.)
14. Rakhmanin Yu.A., Novikov S.M., Ivanov S.I. Sovremennye nauchnye problemy sovershenstvovaniya metodologii otsenki riska zdorov'yu naseleniya // *Gigiena i sanitariya*. 2005. №2. S. 7-10. (In rus.)
15. Onishchenko G.G. Aktual'nye problemy metodologii otsenki riska i ee rol' v sovershenstvovanii sistemy sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa // *Gigiena i sanitariya*. 2005. №2. S. 3-7. (In rus.)
16. Kireeva I.S., Chernichenko I.A., Litvichenko O.N. Gigienicheskaya otsenka riska zagryazneniya atmosfernogo vozdukh promyshlennykh gorodov Ukrainy dlya zdorov'ya naseleniya // *Gigiena i sanitariya*. 2007. №1. S. 17-21. (In rus.)
17. US EPA. IRIS. Background Document 2. EPA Approach for Assessment the Risk Associated with Chronic Exposures to Carcinogens. – Cincinnati, 1988.
18. Onishchenko G.G. Kontsepsiya riska i ee mesto v sisteme sotsial'no-gigienicheskogo monitoringa (problemy i puti resheniya) // *Vestnik RAMN*. 2005. №11. S. 27-33. (In rus.)
19. Shorin S.S., Mukasheva M.A., Rakishev E.K. Ekologicheskaya bezopasnost' okruzhayushchei sredy kak faktor zashchity zdorov'ya cheloveka / *Teoriya i praktika ozdorovleniya naseleniya Rossii: Materialy II natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Izhevsk, 2005. S. 179-180. (In rus.)
20. Bud'kova L.A. Rol' antropogennoi nagruzki v formirovanii serdechno-sosudistoi patologii // *Sb.: Aktual'nye voprosy professional'noi patologii v Kazakhstane*. Karaganda. 2003. S. 248-250.
21. Namazbaeva Z.I. Mediko-biologicheskie issledovaniya na sovremennom etape razvitiya professional'noi patologii // *Sb.: Aktual'nye voprosy professional'noi patologii v Kazakhstane*. Karaganda. 2003. S. 325-329. (In rus.)
22. Bol'shakov A.M., Krut'ko V.N. Integral'nye indikatory zdorov'ya i komp'yuternye sistemy dlya ikh otsenki // *Gigiena i sanitariya*. 2005. №6. S. 51–53. (In rus.)
23. Rusakov N.V., Mukhambetova L.Kh., Kryatov I.A. i dr. Hazard assessment of chemicals that pollute the soil, when subjected to laboratory animals // *Gigiena i sanitariya*. 2007. №2. S. 68-70. (In rus.)
24. Protasova O.V., Maksimova I.A., Botvin M.A. i dr. Issledovanie vzaimosvyazi mezhdou disbalansom sodержaniya makro- i mikroelementov v organizme i razvitiem morfologicheskikh dezintegratsii v biologicheskikh zhidkostyakh i tkanyakh // *Fiziologiya cheloveka*. 2007. T. 33, №2. S. 104-110. (In rus.)
25. Shorin S.S., Tusupbekova G.A. Vliyanie pyli atmosfernogo vozdukh g. Temirtau na morfofunktional'noe sostoyanie legkikh, pecheni i pochet i korrektsiya pishchevoi dobavki v eksperimente // *Zhurnal nauchnykh i prikladnykh issledovaniy*, 2013. № 1-2. S. 41-48. (In rus.)
26. Altynbekov B.E., Sembayev Zh.Kh. Osobennosti trudovogo protsessa i otsenka funkcional'nogo sostoyaniya organizma rabochikh AO «Karagandarezinotekhnika» // *Vestnik Yuzhno-Kazakhstanskoi meditsinskoi akademii*, 2000. №3. S. 107-112. (In rus.)
27. Karimova L.K., Teregulova Z.S., Kulakova L.D. Professional'naya zaboлеваemost' rabotayushchikh v proizvodstve rezinovykh tekhnicheskikh izdelii i obosnovanie sistemy profilaktiki // *Zdravookhranenie Bashkorstana*. 2009. №5. S. 3-5. (In rus.)
28. Tkach. A.F. Sostoyanie voprosa patologii organov zheludochno-kishechnogo trakta i gepatobiliarnoi sistemy pri vozdeistvii ksenobiotikov. 2006. (In rus.)
29. Zaugol'nikov S.D., Kachalov M.I., Lloid A.O. Ekspressnye metody opredeleniya toksichnosti i opasnosti khimicheskikh veshchestv. M., 1978. 184 s. (In rus.)

УДК 612

Состояние окислительного метаболизма и иммунитета у рабочих резинотехнического производства

¹ Сабит Шорин

² Анар Муратовна Рахметова

³ Найля Шамильевна Ахметова

⁴ Карлыгаш Сакеновна Тебенова

⁵ Клара Медиевна Туганбекова

⁶ Гульназия Канагатовна Алшынбекова

⁷ Гульмира Аблаевна Тусупбекова

¹⁻⁷ Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Казахстан 100028, Карагандинская обл. г. Караганда, ул. Университетская 28, корпус 3.

¹ Кандидат биологических наук, доцент

E-mail: S_S_Bgf@list.ru

^{2, 3, 7} Кандидаты медицинских наук, доценты

⁴ Доктор медицинских наук, профессор

⁵ Кандидат педагогических наук, доцент

⁶ Кандидат биологических наук, доцент

Аннотация. Проведенный комплекс исследований состояния иммунитета и окислительного метаболизма у рабочих РТИ. характеризуется эффективной активацией антиоксидантной защиты, чему свидетельствует отсутствие значимого накопления вторичных продуктов перекисного окисления липидов, наличием умеренной сенсibilизации.

Ключевые слова: иммунологические показатели; перекисное окисление липидов; сенсibilизация; вредные факторы; средний возраст.

UDC 615.47:621+612.79–7

Vibroacoustic Skin Diagnostics Modeling

Svetlana M. Yatsun

Kursk State University, Russian Federation
305000, Kursk, Radishchev st., 33
Dr. (Medical), Professor
E-mail: mbd155@mail.ru

Abstract. The article deals with the mathematical modeling of biological diagnosis of complex heterogeneous structure (skin), using non-destructive control method. The mathematical model, describing interaction of the material with electrodynamic vibration generator and sensor system, controlling the propagation of small disturbances was developed. The influence of material model parameters on the spectrum in the course of the propagation of the surface disturbance.

Keywords: non-invasive diagnosis; skin; indenter; viscoelastic properties; mathematical modeling.

Введение. Вибрационная диагностика широко применяется для определения вязкоэластичных свойств композиционных материалов [1, 2]. Особенностью таких материалов является наличие явно выраженных слоев, обладающих в общем случае различными свойствами и геометрическими параметрами. По механическим свойствам кожный покров является нелинейным реологическим материалом, допускающим большие деформации. Деформирование кожи с последующими разгрузками позволяет выявить наличие упругих, вязких и необратимых составляющих деформации, зависящих от времени и истории механического нагружения [3].

Наличие в коже многих слоев (наружного – эпидермиса, основного или собственно дермы и подкожной жировой клетчатки), обладающих своими особенными характеристиками, определяет гетерогенность ее механических свойств. Анизотропия некоторых механических характеристик обуславливает различное поглощение механической энергии в каждом из слоев, что проявляется в особенностях распространения механических волн на границе раздела этих слоев, обладающих разными упруго-вязкими свойствами [4]. Все это затрудняет интерпретацию результатов при исследовании свойств кожи.

В настоящее время разработаны различные способы идентификации параметров и диагностики состояния таких сложных гетерогенных объектов. Наиболее приемлемым, а в некоторых случаях и единственными, являются неразрушающие методы контроля, которые позволяют, не повреждая тестируемый материал, проводить необходимые исследования и измерения. Достаточно эффективным и перспективным методом в таких случаях является вибрационная диагностика. Исходя из анализа существующих подходов к измерению объективных характеристик состояния кожного покрова, в работе выбран класс динамических вибрационных устройств, в которых исследуется реакция кожи на кратковременное механическое воздействие [5].

Материал и методы. Сегодня в медицине актуальной является проблема объективного инструментального мониторинга. К сожалению, достаточно часто основными методами, традиционно используемыми врачами–дерматологами, являются внешний осмотр, оценка эластичности и упругости кожи путем пальпации. Однако, в ряде случаев при решении задач диагностики дерматологических заболеваний, традиционно применяемые, субъективные методы оценки состояния кожи являются малоинформативными.

Важной задачей является получение объективной количественной информации о состоянии кожного покрова человека, как в норме, так и при различных заболеваниях. Методы исследования вязкоэластических свойств кожи человека *in vitro* далеки от достоверности, а исследования *in vivo*, проводимые в физиологических условиях, создают ряд неудобств для обследуемых [6, 7].

В настоящее время при подобных исследованиях, в основном, применяется экспериментальный подход. Однако точное математическое описание вязкоэластических свойств кожи затруднено сложностью ее морфологического строения.

Целью данной работы является исследование возможности неинвазивной диагностики состояния кожного покрова путем математического моделирования с применением методов вычислительного эксперимента. Для использования этого способа и выявления диагностических признаков создана математическая модель, описывающая взаимодействие исследуемого материала с электродинамическим генератором колебаний и системой датчиков, контролирующей процесс распространения малых возмущений, что позволяет моделировать исследования упруго-диссипативных свойств тестируемого материала (рис. 1).

Материал описывается несколькими приведенными массами, соединенными между собой упруго-вязкими связями. На схеме приняты следующие обозначения:

m_1 – масса корпуса, c_1 – коэффициент упругости держателя корпуса,

b_1 – коэффициент вязкого сопротивления держателя;

m_2 – масса индентора (контактного элемента);

c_2 – коэффициент упругости, характеризующий упругие свойства подвеса индентора;

b_1 – коэффициент вязкого сопротивления, характеризующий диссипативные свойства подвеса индентора;

m_3, m_4, m_5 – массы характеризующие инерционные свойства участков кожного покрова, участвующих в колебательном процессе;

$c_3, c_4, c_{41}, c_5, c_{51}$ – коэффициенты упругости, характеризующие упругие свойства соответствующих участков кожного покрова;

$b_3, b_4, b_{41}, b_5, b_{51}$ – коэффициенты вязкого сопротивления, характеризующие диссипативные свойства соответствующих участков кожного покрова;

c_s, b_s – коэффициенты упругости и вязкости подвеса датчика.

На схеме показаны датчики и соединения с ЭВМ: 1, 2 – акселерометры; 3 – усилия.

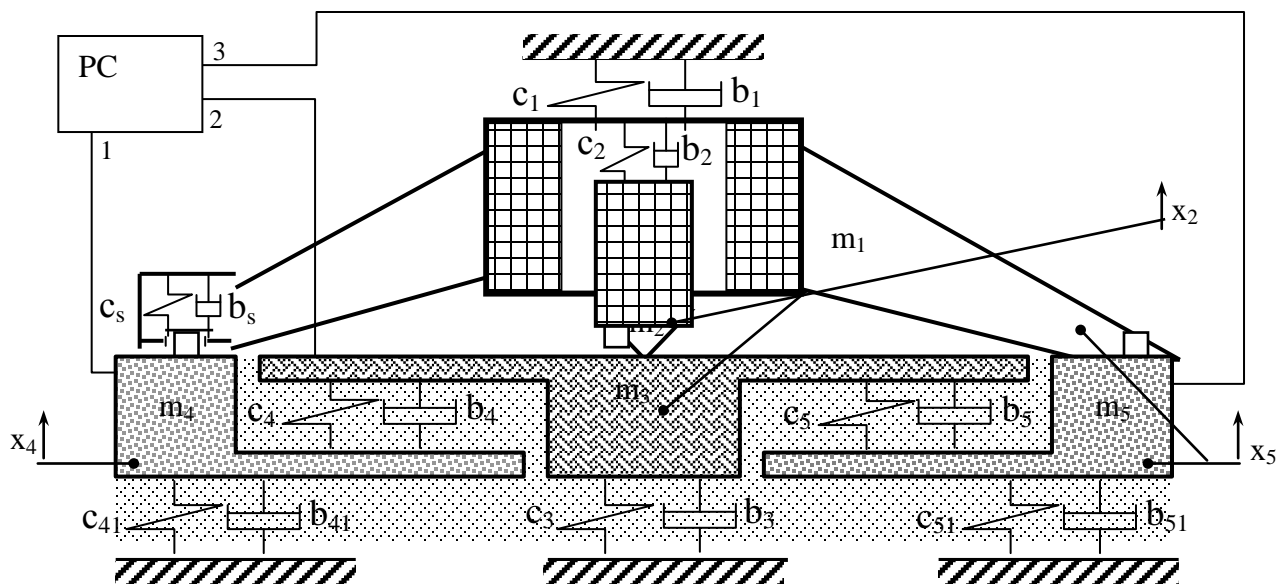


Рис. 1. Схема модели экспериментальной установки

Для описания движения рассматриваемой системы составим дифференциальные уравнения, учитывая, что в процессе исследования корпус m_1 находится в прижатом состоянии к материалу поэтому массы m_5 и m_1 объединяются, а так же исходя из безотрывного режима диагностики – массы m_2 и m_3 объединяются, и их движение описывается одной обобщенной координатой.

С учетом этих предположений, система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} (m_2 + m_3)\ddot{x}_2 = -c_2(x_2 - x_5) - b_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_5) - c_3x_2 - b_3\dot{x}_2 - c_4(x_2 - x_4) - b_4(\dot{x}_2 - \dot{x}_4) - \\ - c_5(x_2 - x_5) - b_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_5) + A\cos(\omega \cdot t) \\ m_4\ddot{x}_4 = -c_{41}x_4 - b_{41}\dot{x}_4 - c_4(x_4 - x_2) - b_4(\dot{x}_4 - \dot{x}_2) + c_5(x_4 - x_5) - b_5(\dot{x}_4 - \dot{x}_5) \quad (1). \\ (m_1 + m_5)\ddot{x}_5 = -c_5(x_5 - x_2) - b_5(\dot{x}_5 - \dot{x}_2) - c_{51}x_5 - b_{51}\dot{x}_5 - c_2(x_5 - x_2) - b_2(\dot{x}_5 - \dot{x}_2) - \\ - c_5(x_5 - x_4) - b_5(\dot{x}_5 - \dot{x}_4) - c_1x_5 - b_1\dot{x}_5 - A\cos(\omega \cdot t) \end{array} \right.$$

Решение этой системы уравнений выполнено численными методами. Параметры модели отражают реальные свойства вязкоупругих материалов.

Решение нелинейных уравнений, описывающих взаимодействие кожи и индентора, проводилось в специальной программе с помощью пакета MathCad. Один из примеров расчета в виде временных зависимостей виброперемещений индентора и слоев кожи, участвующих во взаимодействии, приведен на Рис. 2.

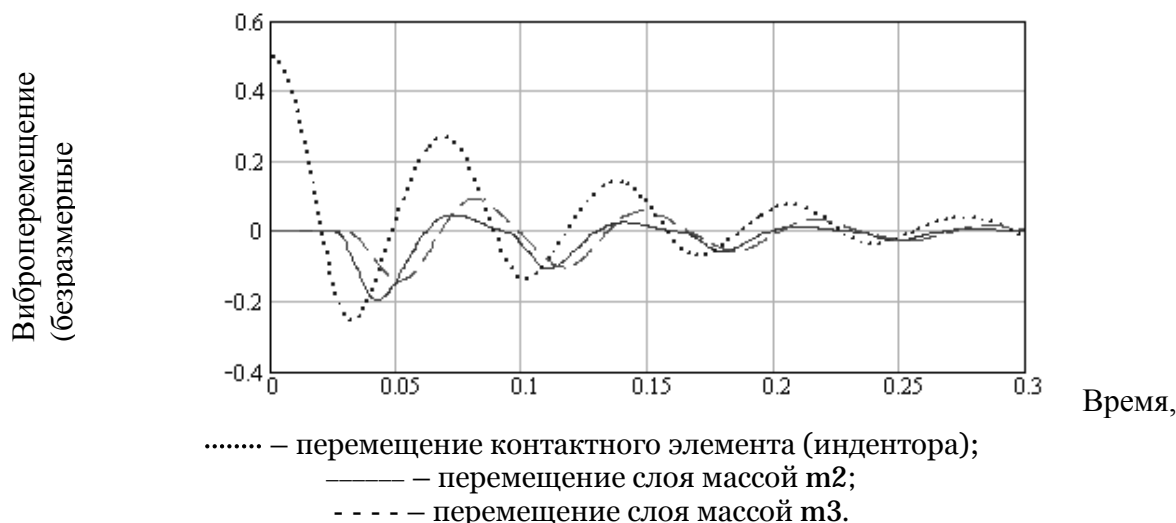


Рис. 2. Виброграммы перемещений

Анализ поведения системы выполняется в несколько этапов:

Исследование зависимости изменения спектра от параметров системы при установившихся колебаниях на фиксированной частоте.

Исследование свободных затухающих колебаний.

Исследование вынужденных установившихся колебаний при гармоническом возбуждении при сканировании сигнала по частоте.

Исследование вязких свойств материала по сдвигу фаз между воздействием и принимаемым сигналом.

Сравнение теоретических исследований с экспериментальными данными.

Обсуждение результатов. Анализ полученных виброграмм показывает, что развитие возмущений в коже происходит с запаздыванием, т.е. сначала индентор деформирует поверхностный слой кожи, далее возмущение распространяется в нижележащие слои. Установлено, что размеры (масса) индентора влияет на глубину проникновения ударного импульса в кожу. Расчеты показали, что предварительное поджатие индентора к коже позволяет обеспечить идентичное движение индентора и верхнего слоя кожи. Это открывает возможность, установив датчик на инденторе, судить о

колебаниях, возникающих в коже. Тогда по характеру движений индентора с высокой степенью точности можно судить о перемещении внутренних слоев кожного покрова.

По результатам расчетов было установлено, что перемещение бойка индентора может быть приближенно описано экспоненциальным законом:

$$X(t) = A_0 \cdot \exp(-\beta t) \cdot \cos(\omega t), \quad (2).$$

где β – параметр, определяющий диссипативные свойства,

ω – параметр, определяющий упругие свойства кожи,

A_0 – величина, определяемая начальными настройками упругой подвески индентора.

Идентификация коэффициентов β и ω по экспериментально полученным данным позволяет количественно оценить упруго-диссипативные свойства кожного покрова.

Заключение. Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- разработана математическая модель процесса диагностики вязкоупругих материалов с использованием экспериментальной установки;

- проведен ряд тестовых задач, которые подтверждают адекватность математической модели;

- исследованы различные режимы поведения процесса вибрационного воздействия на исследуемый гетерогенный по структуре материал, которые могут быть использованы при идентификации и в диагностике;

- выявлены качественные зависимости изменения поведения индентора при изменении динамических параметров диагностируемого материала, что позволило сформулировать обобщенные критерии состояния изучаемого объекта по данным виброакустического зондирования.

Примечания:

1. Методы определения характеристик демпфирования колебаний упругих систем / Г.С. Писаренко, В.В. Матвеев, А.П. Яковлев. Киев: Наукова думка, 1976. 86 с.

2. Безухов Н.И. Основы теории упругости и пластичности. М.: Высшая школа, 1961, 329 с.

3. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1972. 415 с.

4. Pereira J.M., Mansour J.M., Davis B.R. Dynamic measurement of the viscoelastic properties of skin // J. Biomech. 1991; 24(2). P. 157-162.

5. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1972. 415 с.

6. Tosti A., Compagno G. / A ballistometer for the study of the plasto-elastic properties of skin // J. Of Investigative Dermatology, 1977, Vol. 69. P. 315-317.

7. Голийски П., Димитров Д, Стоянов П. и др. Количественное исследование вязкоэластических свойств человеческой кожи *in vivo* // Вестник венерологии и дерматологии, 1988. №8. С. 14-18.

References:

1. Metody opredeleniya kharakteristik dempfirovaniya kolebanii uprugikh sistem / G.S. Pisarenko, V.V. Matveev, A.P. Yakovlev. Kiev: Naukova dumka, 1976. 86 s. (In rus.)

2. Bezukhov N.I. Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti. M.: Vysshaya shkola, 1961, 329 s. (In rus.)

3. Biderman V.L. Prikladnaya teoriya mekhanicheskikh kolebanii. M.: Vysshaya shkola, 1972. 415 s. (In rus.)

4. Pereira J.M., Mansour J.M., Davis B.R. Dynamic measurement of the viscoelastic properties of skin // J. Biomech. 1991; 24(2). P. 157-162.

5. Biderman V.L. Prikladnaya teoriya mekhanicheskikh kolebanii. M.: Vysshaya shkola, 1972. 415 s. (In rus.)

6. Tosti A., Compagno G. / A ballistometer for the study of the plasto-elastic properties of skin // J. Of Investigative Dermatology, 1977, Vol. 69. P. 315-317.

7. Goliiski P., Dimitrov D, Stoyanov P. i dr. A quantitative study of viscoelastic properties of human skin in vivo // Vestnik venerologii i dermatologii, 1988. №8. S. 14-18. (In rus.)

UDC 615.47:621+612.79–7

Моделирование системы виброакустической диагностики кожи

Светлана Михайловна Яцун

Курский государственный университет, Россия

305000, Курск, ул. Радищева, 33

Доктор медицинских наук, профессор

E-mail: mbd155@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования системы диагностики сложной гетерогенной биологической структуры (кожный покров) при помощи неразрушающего метода контроля. Создана математическая модель, описывающая взаимодействие исследуемого материала с электродинамическим генератором колебаний и системой датчиков, контролирующих процесс распространения малых возмущений. Исследуется влияние параметров модели материала на спектр, при распространении возмущающего воздействия по его поверхности.

Ключевые слова: неинвазивная диагностика; кожный покров; индентор; вязкоэластические свойства; математическое моделирование.

Engineering Sciences

Технические науки

UDC 539.124.6

Ecology and Space – Backbone Directions of Human Civilization Development

Evgenii P. Prokopiev

Institute for Theoretical and Experimental Physics, Russian Federation
25, B. Cheremushkinskaya street, Moscow, 117218
E-mail: eprokopiev@mail.ru

Abstract. The article briefly describes the features and possible ways of space technologies development (special attention is attached to the problematic issues of physics, chemistry and antimatter technology); the problem of positron annihilation in matter (positronium), including positron processes, positron states and annihilation process, which is the component of fundamental and practical important problem of antimatter. The space technologies of the future – the most important problems of antimatter application are considered on the basis of Internet data.

Keywords: antimatter; positron; positronics; space technologies; space; universe; space motors; interstellar travels.

Введение. Развитие исследований в области Экологии и Космоса должны стать ключевыми в силу возможности выживания Человечества в окружающем Мире. Поэтому исследования с применениями современных технологий и нанотехнологий в области экологии важны и необходимы для Человечества в силу необходимости сохранения и поддержания ресурсов Земли для жизни всего Живого (Флоры и Фауны). Исследования в области Космоса должны дать возможность найти Человечеству Пространства для будущего обитания и развития, а также защиту Земли от различных внешних космических воздействий, например, от метеоритной и астероидной опасности.

При этом для Земли необходимы колоссальные средства на такие Программы. Они могут быть найденными при условии переключения средств из военных расходов Человечества на экологические и космические исследования. Это возможно на основе договорных обязательств расходования средств всех стран Земли и прежде всего стран двадцатки и восьмерки в области Экологии и Космоса. Возглавлять такие работы и исследования несомненно должны руководители стран Земли, имеющие доступ к финансово-техническим ресурсам, программам и проектам. Такого рода общемировые Программы и Проекты совместной работы могут стать объединяющим началом мирной жизни для всего Человечества и естественно ослабления враждебности друг к другу. Предстоит долгий и трудный путь в этом направлении. Но этот путь, по-видимому, может дать возможность выжить Человечеству в нашей прекрасной Вселенной (или Вселенных).

В процессе роста численности населения на Земле резко ухудшаются экологические, экономические, социально-политические и другие проблемы созидательного развития человеческой цивилизации. Перспективы этого развития несомненно будут связаны с освоением космического пространства (ближнего и дальнего космоса, межзвездных перелетов, освоение галактик нашей Вселенной и возможно других вселенных), а также установление контактов с внеземными цивилизациями, если таковые имеются. Имеются большое число предлагаемых проектов будущих космических путешествий, основанных на наших знаниях законов природы и мироздания. В настоящее время существует точка зрения о том, что межзвездные путешествия на космических кораблях с применением самых современных физических источников энергии невозможны в силу огромной их длительности и невозможности создания запасов топлива и износа материалов космических аппаратов. Существуют точки зрения о том, что эти перелеты возможны лишь в ближнем и

дальнем космосе и перелеты к ближайшим звездам. Освоение нашей галактики, других галактик нашей Вселенной и возможно других вселенных связывается с проектами возможных полуфантастических машин времени, «деформирующих» пространство-время, проектами квантовой телепортации и т.д. Поэтому перспектива созидательного развития человеческой цивилизации несомненно связана с глубокими изучениями законов мироздания с целью создания на их основе будущих космических технологий развития человеческой цивилизации. Особую роль на первом этапе развития космических технологий несомненно будет играть проблема физики и химии антивещества.

По-видимому, именно эти исследования могут подойти к разгадке вопросов: откуда мы во Вселенной и что мы в ней? Это неразгаданные тайны, стоящие перед человечеством. К ним относятся, пожалуй, в первую очередь поиск разумной жизни и проблема антивещества (первоматерии) во Вселенной (см., например, [1-21] и др.). Рассмотрим вкратце эти вопросы.

О возможных разнообразиях форм Мирового Разума

В рамках квантовополевой теории вселенной и модели минисуперпространства удается показать множественное рождение вселенных, даже, если начало есть ничего (“отсутствует” пространство-время, нет вселенных, в том числе и нашей материнской Вселенной). Таким образом, можно считать рождение вселенных процессом неизбежным и закономерным - следствие теории поля вселенной, в которой суперпотенциал зависит от времени. Это дает возможность нарисовать динамическую картину Вечности (Вечного Мира) как своеобразного газа взаимодействующих вселенных, переход между которыми вероятно возможен через так называемые кротовые норы (см. [3]). Важным вопросом современной науки, способствующей развитию фундаментальных проблем науки и техники, является поэтому поиск разумной жизни и новых жизненных пространств в окружающем нас Мире. Можно сказать, что эти проблемы возможно явятся (сродни) Великим географическим открытиям конца средневековья и начала нового времени в истории человечества, способствовавших невиданному прогрессу в развитии всех сфер его жизни.

Идеи о межзвездных перелетах, по-существу, в первую очередь предполагают поиски разумной жизни во Вселенной, установление контактов с иными цивилизациями. Эти вопросы, как указывается в [21], могут быть решены в рамках концепции Мирового Разума – формы материи, обладающей способностью целенаправленно развиваться и познавать, как свое развитие, так и других форм материи. Один из примеров формы Мирового Разума перед нами существует наяву. Это высшая форма движения живой материи – коллективный человеческий Разум, то есть по-существу то, что мы называем человеческой Цивилизацией, иногда употребляя термин «гуманоидной». В связи с этим возникают следующие неизбежные вопросы 1) существуют ли во Вселенной (помимо нашей) другие гуманоидные Цивилизации, контакт с которыми, по-видимому, можно установить; 2) можем ли мы – носители одного из видов Мирового Разума, т.е. представители человеческой Цивилизации, установить контакты с другими формами Мирового Разума. Эти вопросы имеют сугубо практический характер. Решать их необходимо на высоком научном и техническом уровне с учетом всех знаний о законах развития одной из движущихся форм материи – Мирового Разума (человеческой Цивилизации).

Сумма знаний об окружающем Мире (имеются в виду сумма знаний о законах развития всех видов движущейся материи), накапливаемых различными формами Мирового Разума, как следует из примера развития человеческой Цивилизации, следует примерно по экспоненциальному закону $S(t) = S_0[1 - \exp(-\alpha t)]$. В этой довольно-таки наивной формуле параметр S_0 представляет собой асимптотическое значение «суммы знаний», а параметр $\alpha = 1/\tau$, где τ - среднее время жизни цивилизации. Причем величины параметров S_0 и $\alpha = 1/\tau$ для различных форм Мирового Разума, по-видимому, опять-таки различны. Таким образом, предполагая, что возможность установления контактов между цивилизациями определяются близостью значений параметров S_0 и $\alpha = 1/\tau$ функции $S(t)$, можно придти к весьма пессимистическому выводу о случайном характере установления контактов. Поэтому различные формы Мирового Разума вероятнее всего развиваются и существуют независимо друг от друга. Контакты между ними – явление, скорее всего

случайное, как и воздействия одной формы Мирового Разума на другую. Это один из возможных парадоксов, которые ожидают серьезных исследователей по проблеме разумной жизни во Вселенной и/или вселенных. К сожалению проведенные в последнее время эксперименты по поиску разумной жизни в нашей материнской Вселенной дали пока что отрицательный результат, подтверждающий этот возможный парадокс.

Возможна и другая причина неудач в установлении контактов. Главная их них заключается, по-видимому, в том, что наша цивилизация еще не достигла достаточно высокого уровня развития в научном и техническом отношении с тем, чтобы установить контакты с другими высокоразвитыми цивилизациями. Эти контакты вероятнее всего возможны на основе каких-то неизвестных Человечеству физических форм связи (контактов). Возможно, что окружающий нас Вечный Мир (Вечность) полны информации о других цивилизациях, их законах и особенностях развития. Эта информация в Вечности при взаимодействии со Средой может задавать пути развития других Миров с различными законами. Поэтому нам следует подождать, когда Человечество достигнет более высоких форм развития, чтобы уметь детектировать эту информацию и использовать ее в свое благо.

Имеется большое число предлагаемых проектов будущих космических путешествий, основанных на наших знаниях законов природы и мироздания. Особую роль на первом этапе развития космических технологий несомненно будет играть проблема физики, химии и технологии антивещества [1-21].

О физике, химии и технологии антивещества

Современная проблема физики, химии и технологии антивещества включает в себя исследования особенностей свойств антиматерии и взаимодействия материи и антиматерии, а также исследования вещества с помощью античастиц [22-39]. Особое значение имеют современные достижения в физике, химии и технологии антивещества для решения энергетических проблем человечества (проблема антиводорода, кварковой материи, энергетические проблемы космологии и др.). Поэтому большой интерес представляет возможность получения интенсивных потоков позитронов (возможно и других античастиц) при перестройке физического вакуума в сильных полях (например, вероятно в электрическом поле современных сверхмощных лазерных лучей (<http://infox.ru/science/lab/2008/11/18/antimatter.phtml>)) и на ускорителях. Вероятно речь может возможно пойти о создании космических солнечных фабрик на Луне или астероидах, и т.д. с использованием преобразованной энергии излучения Солнца в электрическую энергию и использования специальных ловушек в космическом вакууме для получения и хранения позитронов. Сущность метода должна заключаться в получении позитронов посредством преобразованной энергии Солнца на ускорителях или любых других методов потоков быстрых позитронов с их последующим их замедлением до температур порядка 0,5 К в некоторой закрытой области космического пространства. Таким образом, могут быть получены значительные количества позитронов. Сбор таких позитронов в магнитных ловушках в условиях космического вакуума мог бы стать довольно эффективным методом накопления антивещества.

Особый интерес представляет проблема получения холодного антиводорода (в специальных ловушках при температуре порядка 0,5 К), разрабатываемого в ЦЕРН [7]. Эти эксперименты предполагают проверку фундаментальных законов мироздания (например, СРТ-симметрии) с помощью изучения свойств синтезируемых атомов антиводорода. Данные результаты ЦЕРН получения, хранения и детектирования антиводорода могут быть использованы в будущем с целью получения антиводорода в достаточных макроколичествах для практического использования в качестве аннигиляционного топлива в различных двигательных установках космических аппаратов. Вероятно, речь пойдет о создании солнечных фабрик с использованием энергии излучения Солнца и космического пространства для производства и хранения антивещества. Суть метода должна заключаться в получении с помощью преобразованной энергии Солнца, например, в электрическую энергию на ускорителях или какими-либо другими методами потоков быстрых антипротонов и позитронов с последующим их замедлением, например, по технологии ЦЕРН [7] до температур порядка 0,5 К в некоторой замкнутой области космического пространства. Последующая рекомбинация этих холодных антипротонов и позитронов в этой области должна приводить к образованию холодного антиводорода.

При этом возможен последующий процесс образования молекул антиводорода и их конденсации в твердые частицы в условиях температуры космического пространства. Конденсация (слипание) этих частиц может привести к получению достаточных количеств холодного антивещества, состоящих из молекул антиводорода. Таким образом, возрастает еще в большей мере значимость проблемы о преобразовании и концентрации энергии солнечного излучения в другие формы энергии, пригодные для получения антивещества. Как видим, этот процесс получения холодного антивещества представляет собой невероятно трудную техническую задачу, можно даже сказать фантастически трудную задачу. Это работа вероятно для многих поколений исследователей всех областей знания и специальностей.

На современном уровне развития технологий о большом количестве полученного антивещества говорить не приходится. К тому же эти процессы получения антивещества очень дороги. Поэтому вероятно можно говорить только о приблизительно десятках или сотнях нанограмм полученного антивещества. Этого количества антивещества, очевидно, было бы достаточно для создания космических транспортных средств (SV) с размерами в nano- или микронном диапазоне (<http://www.centauri-dreams.org/?p=18416>; <http://www.portalus.ru/modules/science/data/files/prokopiev/Antimatter-Positronics-ProjektEngRus.doc>; Positronics Research LLC). Это фантастическое предположение не лишено смысла в контексте современного развития нанотехнологий в Мире. Все размеры устройств и деталей таких SV не должны превысить размеры диапазонов микрона и нанометра.

Положение может измениться, если учесть, что черные дыры как естественного, так, возможно и искусственного происхождения могут стать "фабриками" антивещества (см. <http://ipulsar.net/news/1465-sc.html> (А.Д.Долгов (ИТЭФ) и другие). Тяготение в окрестностях черной дыры является настолько большим, что это никакие объекты (даже фотоны) не могут покинуть ее. Действительно, тяготение черной дыры действует сильнее на протоны, чем на электроны, поскольку их масса значительно меньше. В результате черная дыра получает положительный электрический заряд. Таким образом, если массы черных дыр являются довольно небольшими, то электрическое поле в области горизонта событий может достигнуть критических значений. Это приводит к нестабильности вакуума и генерации электронно-позитронных пар. Поскольку позитроны выбрасываются из области электрического поля черной дыры, а электроны захватываются, то черные дыры можно рассматривать как фабрика антивещества, преобразующие протоны в античастицы.

В связи с этим могут быть рассмотрены возможности использования исследований различных процессов, протекающих в экстремальных условиях, в ядерной физике, астрофизике и космологии, а также других смежных областях науки и техники для создания интенсивных потоков позитронов и возможно других античастиц. Таким образом, могли бы быть получены очень мощные потоки позитронов. Сбор таких позитронов в магнитные ловушки в условиях космического пространства может стать весьма эффективным методом накопления антивещества.

Помимо проблемы производства существует проблема безопасного хранения позитронов. В настоящее время для хранения античастиц используются так называемые ловушки Пеннинга (рис. 1). В них частицы удерживаются от столкновения со стенками ловушки с помощью магнитного поля. Однако поскольку позитроны заряжены одинаково и отталкиваются друг от друга, со временем все они вырываются из магнитного поля и аннигилируют при столкновении с обычной материей.

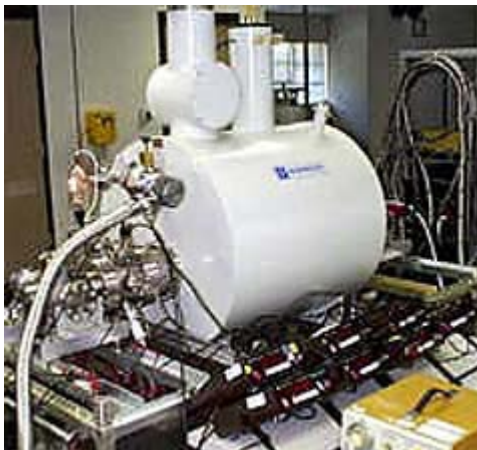


Рис. 1. Ловушка Пеннинга

Проблемой хранения позитронов занимается фирма Positronics Research LLC [8]. В качестве альтернативы ловушкам Пеннинга ученые этой фирмы предлагают использовать также квазистабильные образования – атомы позитрония. Позитроний представляет собой систему из вращающихся друг вокруг друга позитрона и электрона, которые удерживаются от столкновения электромагнитными полями.

Отмечается [16], что двигатель на антивеществе (антипротонах) вполне реален и может работать, например, следующим образом. Сначала создаются два облака из нескольких триллионов антипротонов, которые от соприкосновения с материей удерживает электромагнитная ловушка. Потом между ними вводят частичку топлива весом в 42 нанограмма, представляющую собой капсулу из урана-238, в которую заключена смесь дейтерия и гелия-3 или дейтерия и трития. Антипротоны моментально аннигилируют с ядрами урана и вызывают их распад на фрагменты. Эти фрагменты, вместе с образовавшимися гамма-квантами, так сильно разогревает внутренность капсулы, что там начинается термоядерная реакция. Ее продукты, обладающие огромной энергией, еще сильнее разгоняются магнитным полем и выходят через сопло двигателя, обеспечивая космическому кораблю фантастически большую тягу.

Что же касается полета к Марсу за один месяц, то для него американские физики рекомендуют другую технологию – ядерной деление, катализируемое антипротонами. Тогда на весь полет требуется 140 нанограмм антипротонов, не считая радиоактивного топлива.

2. О роли исследования позитронных и позитрониевых состояний в материи

В силу вышеизложенного исследования позитронной аннигиляции в материи (позитроники, являющейся составной частью проблемы антивещества), включающей в свой состав позитронные процессы, позитронные (позитрониевые) состояния и собственно процесс аннигиляции [12,13], представляет собой фундаментальную и практически важную проблему. Позитронные и позитрониевые состояния в основных четырех состояниях материи (газах, жидкостях, твердых телах и плазме) можно условно классифицировать следующим образом: 1) свободные позитроны и атомы позитрония (Ps) в различных интервалах энергий от термализованных до ультрарелятивистских; 2) соединения (комплексы) Уилера состава $e^+e_2^-$, $e^-e_2^+$; 3) молекулы позитрония $(Ps)_2$, т. е. $e_2^-e_2^+$, и еще более сложные полиэлектронные системы, включающие в свой состав позитроны; 4) связанные состояния позитронов и Ps на многоэлектронных атомах и ионах (в первую очередь на отрицательных ионах); 5) квазипозитронные и квазипозитрониевые состояния в различных конденсированных средах; 6) позитрон (Ps)-экситонная плазма, например, в полупроводниках при температуре жидкого гелия и ниже; 7) связанные позитронные и Ps состояния на точечных и протяженных дефектах (свободных объемах) в кристаллических и аморфных твердых телах и полимерах; 8) связанные позитронные и Ps состояния на поверхности различных веществ. Конечно, наряду с выше перечисленными могут быть и другие типы состояний.

Исследование свойств таких состояний имеет важное значение в современной науке и технике. Поэтому в последние годы наблюдается интенсивное развитие позитроники различных веществ и их состояний. Интерес к изучению позитроники не случаен. Он связан, с одной стороны, с фундаментальными проблемами физики: рождением и эволюцией вселенной и/или вселенных, позитронной астрофизикой, взаимодействием вещества и антивещества, с изучением новых модификаций комплексов Уилера в веществе. С другой стороны, – с поиском новых уникальных методов исследования электронной структуры и некоторых физико-химических характеристик вещества (в том числе и твердых тел) в дополнение к уже существующим методам (оптическим, электрическим, магнитным и др.), а также возможностей построения приборов и устройств, работающих на основе эффектов взаимодействия излучения с веществом. Особую роль представляют исследования в области космической позитроники (позитронной астрофизики) [14,15].

Применение метода позитронной аннигиляции для изучения электронной и дефектной структуры металлов, сплавов, полупроводников, ионных кристаллов, полимеров и других веществ стало возможным благодаря теоретическим и экспериментальным исследованиям процесса аннигиляции в этих материалах [22-38], позволившим выяснить природу позитронных состояний и их последующего аннигиляционного распада. Действительно, с помощью теоретического анализа позитронных процессов и состояний в этих веществах была установлена связь между основными характеристиками аннигиляционных спектров (форма и ширина кривых УРАФ, временные спектры аннигиляции и относительная скорость счета совпадений 3γ -квантов) и константами скоростей образования и распада этих состояний, что дало возможность получить полезную информацию об исследуемых образцах (монокристаллические и поликристаллические образцы).

Как было установлено, наиболее важными вопросами, которые решаются и могут быть решены с помощью метода аннигиляции позитронов, представляющего собой метод неразрушающего контроля, являются: определение концентрации электронов в металлах и сплавах; исследование анизотропии электронной плотности в монокристаллах металлов, полупроводников и ионных кристаллов для различных кристаллографических ориентаций; определение зарядовых состояний атомов в полупроводниковых соединениях и ионных кристаллах; изучение полуметаллов и фазовых переходов металл – полупроводник; определение подвижности позитронов в полупроводниках; изучение природы и плотности дислокаций в полупроводниках; исследование аморфных полупроводников и стекол, а также ионных систем с развитой поверхностью; выявление радиационных и других дефектов в полупроводниках и ионных кристаллах; исследование полупроводников и ионных кристаллов, облученных светом, рентгеновскими лучами, заряженными частицами и нейтронами; анализ состояния поверхности и приповерхностных слоев металлов, сплавов, полупроводников и ионных кристаллов. Особый интерес представляют возможности применений различных позитронных методик для исследований размеров и концентраций нанообъектов в технически важных материалах и наноматериалах [31-39].

Наряду с выше перечисленными, возможны, конечно, и другие применения метода аннигиляции. Например, изучение структуры и природы реликтовых дефектов веществ различных геологических эпох развития Земли и возможно других планет. Очень важным является метод позитронной эмиссионной томографии.

Особое значение имеют исследование процессов взаимодействия вещества и антивещества (атом-антиатом, молекула-антимолекула и т. д.), имеющих важное значение с астрофизической точки зрения и синтеза антиатомов на современных ускорителях элементарных частиц, также для создания двигателей и источников энергии, основанных на аннигиляции вещества и антивещества.

3. Возможные проекты космических двигателей

По данным Интернета с помощью антиматерии можно доставить обитаемый корабль к Марсу за полтора месяца. Утверждается, что космические двигатели на антивеществе куда ближе, чем принято думать. Они могут быть сравнительно недорогими и безопасными. Главной идеей компании Positronics Research [8] считается, что топливом для кораблей будущего должны стать позитроны, а не антипротоны или ядра антигелия, как предлагалось

ранее. Выбор этот обоснован таким образом. При реакции аннигиляции материи и антиматерии рождаются гамма-лучи высокой энергии, что в случае пилотируемого аппарата влечет за собой включение в конструкцию тяжелейшей защиты. От таких лучей не только сложно защищаться, их и использовать для привода корабля затруднительно, т.е. значительная часть энергии будет улетать прочь. Аннигиляция позитронов рождает гамма-излучение с энергией примерно в 400 раз меньшей, что хорошо с самых разных точек зрения. Первый вариант своего двигателя авторы фирмы Positronics Research назвали «Позитронный реактор» (Positron reactor) (рис. 2).

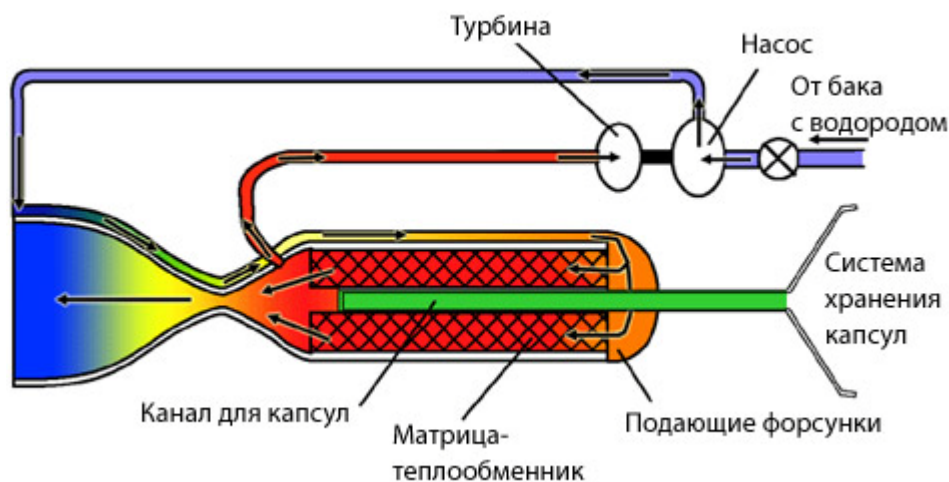


Рис. 2. Схема ракетного двигателя типа «Позитронный реактор»

Предполагается, что определенное количество позитронов (сотые доли грамма) было бы наработано на земных установках и помещено в большое число миниатюрных магнитных капсул-ловушек. Капсулы эти по очереди, но с большой частотой направляют в центр реактора, наполненного специальным теплообменником – матрицей. В центре реактора (рис. 2) ловушку выключают, позитроны взаимодействуют с ее веществом и дают вспышку излучения, нагревающего матрицу. Через матрицу пропускают водород, который разогревается и с большой скоростью истекает из сопла двигателя. Часть горячего водорода отводится для привода насоса, а холодный водород из бака, прежде чем попасть в реактор, проходит через двойные стенки сопла – для его охлаждения. Позитронный реактор мог бы дать удельный импульс в 900 секунд, сообщают исследователи, т.е. на каждый грамм израсходованного за секунду рабочего тела (водорода) он дал бы 900 граммов тяги. Это примерно в два-три раза выше, чем у химических двигателей, что означает аналогичное уменьшение необходимого для полёта, например, к Марсу топлива, снижение общего веса корабля, а значит – снижение необходимой для его разгона силы тяги. Заметим, ионные двигатели дают намного больший удельный импульс, но требуют мощного источника электрической энергии извне или от чудовищно-гигантских солнечных панелей, или энергии от небольшой атомной электростанции на борту. Позитронный же реактор энергетически вполне самодостаточен и технически сравнительно прост. И в этом его колоссальное преимущество перед ионными двигателями. К тому же на данном принципе ничто не мешает создать мощный позитронный привод, способный вывести корабль на околоземную орбиту. А ионные двигатели на это неспособны, они хороши лишь для межпланетных перелетов. Что до гипотетических маленьких капсул с ловушками для позитронов – такими устройствами как раз и занимается сейчас компания Positronics Research [8] из города Санта-Фе в штате Нью-Мексико.

Второй вариант привода назван «Абляционный позитронный двигатель» (Ablative positron engine). Капсулы с магнитными ловушками, в которых хранятся позитроны, здесь стенки еще покрыты слоем свинца. Аннигилируют капсулы в широком сопле двигателя. Свинец же поглощает мощную гамма-радиацию от аннигиляции и переизлучает этот поток энергии в виде рентгеновских лучей. Рентгеновские же лучи, в отличие от гамма-радиации,

очень хорошо поглощаются тончайшим слоем специального покрытия сопла. Эти слои в двигателе постепенно испаряются и дают тягу. Расчетный удельный импульс абляционного позитронного привода составляет пять тысяч секунд. В случае несчастья на старте (если по какой-то немыслимой причине отключатся все капсулы-ловушки) такой корабль не выбросит в атмосферу радиоактивные вещества. Будет лишь короткая гамма-вспышка и взрыв, вполне сравнимый по силе со взрывом обычной химической ракеты. Так что зона безопасности вокруг старта может составлять всего километр. «По грубой оценке, чтобы произвести 10 миллиграммов позитронов, необходимых для пилотируемой марсианской миссии, нужно приблизительно 250 млн дол., с использованием технологии, которая в настоящее время развивается. Другие расчеты, сделанные учеными NASA, работающими в Glenn Research Center в Кливленде, показали, что для получения одного миллиграмма антиматерии сейчас потребовалось бы около ста миллиардов долларов – слишком дорого, чтобы этот проект был интересен с коммерческой точки зрения. Имеется указание, что на современном уровне требуется около 10 трил дол. за 1 г аннигиляционного топлива. Однако, например, по расчетам Nbar Technologies, 17 граммов антиматерии достаточно, чтобы непилотируемый космический аппарат за 40 лет долетел до звезды Альфа Центавра, т. е. преодолел расстояние в 4,3 световых года или $4,068 \times 10^{13}$ км. Для сравнения можно вспомнить, что расстояние от Земли до Солнца составляет $1,496 \times 10^8$ км, что в 272 000 раз меньше» [6, 7, 16]. Это очень заманчиво, но такого рода путешествия очень дороги. Основываясь на опыте ядерной технологии, кажется разумным ожидать, что стоимость производства позитронов со временем снизится благодаря интенсивным исследованиям в области технологии антивещества, и исходя из сравнительной простоты позитронного привода эти цифры означают, что полеты на антиматерии куда ближе к реальности, чем можно предположить.

Примечания:

1. Прокопьев Е.П. О возможности аннигиляционных источников энергии // Оборонный комплекс научно-техническому прогрессу России. 2003. № 2. С. 10–14, 17-19.
2. Власов Н.А. Антивещество. М.: Атомиздат. 1968.
3. Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В. Космология ранней Вселенной. М.: Изд-во МГУ, 1988.
4. Прокопьев Е.П. О проблеме использования антиводорода в космической технике будущего // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2003. № 2. С. 15-16.
5. Прокопьев Е.П. Возможность получения энергии и антивещества при низких энергиях: вероятный физический механизм самоорганизации при ядерном синтезе, трансформации элементов и синтезе антивещества // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2003. № 3. С. 39, 40.
6. Прокопьев Е.П. Возможность получения антивещества в космическом пространстве с использованием энергии Солнца // Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2006. № 2. С. 63-65.
7. Колинз Г. Получение холодного антиводорода // В мире науки. 2005. № 9. С. 52–59.
8. Данные Интернет: см., например, Positronics Research LLC, Vip.lenta.ru.
9. Светлов-Прокопьев Е.П. Проблема физики и химии антивещества и возможности его синтеза // Матер. VIII Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию со дня рождения генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева (11 – 12 нояб. 2004, г. Красноярск). Красноярск: СибГАУ, 2004. С. 302.
10. Светлов-Прокопьев Е.П. Проблема физики и химии антивещества и возможности его синтеза // Тез. докл. 54 Междунар. совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (ЯДРО – 2004) (22 – 26 июня 2004, Россия, Белгород):Изд-во БелгорГУ, 2004. С. 264-265.
11. Прокопьев Е.П. О взаимодействии вещества и антивещества. Системы \bar{p} -H, p- \bar{H} и H- \bar{H} . Приложения в электронике // Микроэлектроника, 1992. Вып. 4, сер. 3. С. 65–68.

12. Прокопьев Е.П. О роли исследования позитронных и позитрониевых состояний в науке и технике // В кн.: «Симпозиум по взаимодействию атомных частиц с поверхностью твердого тела, посвященный памяти академика АН УзССР У.А. Арифова». (Ташкент, 16 – 18 октября 1979 года). Ташкент: ФАН, 1979. С. 113.
13. Прокопьев Е.П., Тимошенко С.П., Графутин В.И. и др. Позитроника ионных кристаллов, полупроводников и металлов. М.: Ред.-изд. отдел МИЭТ (ТУ), 1999. 176 с.
14. Чуразов Е.М., Сюняев Р.А., Сазонов С.Ю. и др. Аннигиляционное излучение центральной зоны Галактики: результаты обсерватории ИНТЕГРАЛ // УФН, 2006. Т. 176. С. 334.
15. Grafutin V., Svetlov-Prokop'ev E. Research of positron state in space plasma // In. book: Abstracts of the 6th INTEGRAL Workshop «The Obscured Universe». 2 – 8 July 2006. M.: Space Research Institute Russian Academy of Sciences. P. 28.
16. Данные Интернет: Антиматерия домчит обитаемый корабль к Марсу за полтора месяца, <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/3999.html>, <http://www.scorcher.ru/art/theory/anty/anty.htm>
17. Суворов А.Л., Светлов-Прокопьев Е.П., Разинкова Т.Л. Получение антивещества для использования в современной науке, технике и микроэлектронике // Петербургский журнал электроники. 2007. № 2. С. 4-16.
18. Светлов-Прокопьев Е.П. Общие принципы взаимодействия вещества и антивещества. Нерелятивистская теория // Вестник КазНУ, серия физическая. 2007. № 1(23). С. 169-177.
19. Светлов-Прокопьев Е.П., Разинкова Т.Л. О проблеме физики, химии и технологии антивещества: возможности исследования свойств, поиска во вселенной, синтеза и применений // 5 Международная конференции "Ядерная и радиационная физика". 26–29 сентября 2005: ICNP'05. Т. 1. Ядерная физика. Алматы: Изд-во ИЯФ НЯЦ РК. 2006. С. 334-346.
20. Суворов А.Л., Светлов-Прокопьев Е.П., Разинкова Т.Л., Графутин В.И., Тимошенко С.П. Получение антивещества в космическом пространстве для использования энергии солнца // Петербургский журнал электроники. 2005. № 4. С. 59-61
21. Светлов-Прокопьев Е.П. О проблеме физики и химии антивещества: возможности исследования свойств, поиска во вселенной, синтеза и применений. В кн.: «Актуальные проблемы современной физики». Материалы Всероссийской дистанционной научно-практической конференции с международным участием. Россия, г. Краснодар, 5 июня 2008 года. Краснодар: Федеральное агентство по образованию Российской Федерации. Кубанский государственный университет. Физико-технический факультет. Кафедра оптоэлектроники, 2008. С.15-30.
22. Арифов П.У., Арутюнов Н.Ю., Прокопьев Е.П. и др. Квантовые свойства атомов и ионов и позитронная диагностика. Ташкент: ФАН, 1975. 242 с.
23. Арефьев К.П., Арифов П.У., Прокопьев Е.П. и др. Позитронсодержащие системы и позитронная диагностика. Ташкент: ФАН, 1978. 192 с.
24. Prokop'ev E.P. Positron annihilation and positron states in galactic medium with low density // Abstracts of 10th International Conference on positron annihilation. Beijing, China, May 23-29, 1994. С.24-27.
25. Светлов-Прокопьев Е.П. Физика, химия и технология антивещества: возможности исследования свойств, синтеза, применений, хранения и поиска во Вселенной // Петербургский журнал электроники. 2009. № 2. С. 41-46.
26. Прокопьев Е.П. О физике, химии и технологии антивещества: возможности исследования свойств, поиска в природе, синтеза и применений. // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2008. №1. С.49-54.
27. Suvorov A.L., Prokopiev E.P., Grafutin V.I., Zakharov A.F., Razinkova T.L., Timoshenkov S.P., Funtikov Yu.V. Positron States in Dusty Space Plasma *Ukr. J. Phys.* 2007, Vol. 52, N 9, p.842-847.
28. Прокопьев Е.П. Возможные космические технологии будущего и проблемы технического прогресса. Материалы Третьего Белорусского космического конгресса. 23-25 октября 2007, г. Минск, Беларусь. Минск: Изд-во Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси, 2007. С.383-389.

29. Прокопьев Е.П., Графутин В.И., Захаров А.Ф., Разинкова Т.Л., Тимошенко С.П. Позитронные состояния в пылевой космической плазме / Материалы Третьего Белорусского космического конгресса, 23-25 октября 2007, г. Минск, Беларусь. Минск: Изд-во Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси, 2007. С. 43-45.

30. Прокопьев Е.П. Проблема получения и применения антиматерии. Космическая плазма галактического центра. Тезисы докладов XXXVII Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу. г. Звенигород Московской обл. 8–12 февраля 2010 года. Статья на лазерном диске. Сайт: <http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XXXVII/Lt/ru/IM-Prokopiev.doc>.

31. Тимошенко С.П., Чаплыгин Ю.А., Графутин В.И., Прокопьев Е.П., Фунтиков Ю.В. Позитроника и нанотехнологии: определение радиусов нанообъектов пустоты в пористом кремнии и кремнии, облученном протонами. Нанотехника. 2008. №3(15). С. 82-84. <http://www.nanotech.ru/journal/>, <http://www.nanotech.ru/journal/word/cont08-3.pdf>

32. Grafutin V. I., Zaluzhnyi A. G., Kalugin V. V., Ilyukhina O. V., Myasishcheva G. G., Prokop'ev E. P., Timoshenkov S. P., Funtikov Yu. V., Khmelevskii N. O. On the Feasibility of Investigation of Some Defect and Porous Systems by Means of Positron Annihilation Spectroscopy. High Energy Chemistry 2008. Vol. 42. № 6. P. 478–484.

33. Графутин В.И., Мамедов Т.Н., Мешков И.Н., Павлов В.Н., Прокопьев Е.П., Тимошенко С.П., Фунтиков Ю.В., Хмелевский Н.О., Чаплыгин Ю.А., Яковенко С.Л. Возможности изучения пористых систем и наноматериалов методом позитронной аннигиляционной спектроскопии. В кн.: Ядерная физика и нанотехнологии. Ядерно-физические аспекты формирования, изучения и применения наноструктур. Под общей редакцией А.Н.Сисакяна. Дубна: ОИЯИ, 2008. С. 223-241.

34. Чаплыгин Ю.А., Тимошенко С.П., Графутин В.И., Калугин В.В., Прокопьев Е.П., Фунтиков Ю.В. Определение радиусов нанообъектов пустоты в пористых системах и кремнии, облученном протонами. Rusnanotech-08. Международный форум по нанотехнологиям. 3-5.12. Сборник тезисов докладов научно-технологических секций. Том 2. М.: Роснано, 2008. С. 65, 66.

35. Тимошенко С.П., Прокопьев Е.П., Калугин В.В., Графутин В.И., Бритков О.М., Евстафьев С.С. Позитроника и нанотехнологии: Определение радиусов нанообъектов в пористых системах и некоторых дефектных материалах методом ПАС. Часть I. Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2008. №4. С. 28-36.

36. Тимошенко С.П., Прокопьев Е.П., Графутин В.И., Бритков И.М.; Фунтиков Ю.В. Позитроника и нанотехнологии: Определение радиусов нанообъектов в пористых системах и некоторых дефектных материалах методом ПАС. Часть 2. Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2008. №4. С. 36-43.

37. Prokop'ev E.P., Grafutin V.I., Timoshenkov S.P., Funtikov Yu.V.. Opportunities of research of porous systems and nanomaterials by a method of positron annihilation spectroscopy. Russian Journal of Nondestructive Testing, 2008, Vol. 44, No. 10, pp. 700–711.

38. Графутин В.И., Прокопьев Е.П., Тимошенко С.П., Фунтиков Ю.В. Позитроника и нанотехнологии : размеры нанообъектов в пористых системах и облученном протонами кремнии по данным метода ПАС /Сборник материалов четвертого международного научного семинара "Современные методы анализа дифракционных данных (топография, дифрактометрия, электронная микроскопия)", Великий Новгород, 6-11 сентября 2008 г. ВНГУ: В. Новгород, 2008. С. 91-94.

39. Chaplygin Yu.A., Grafutin V.I., Svetlov-Prokopiev E.P., Timoshenkov S.P. Positronics and Nanotechnologies: Possibilities of Studying Nano-objects in Technically Important Materials and Nanomaterials. (Moscow State Institute of electronic Technology (MIET), Moscow, Russia, and others). Advances in Nanotechnology. Vol. 2009. Nova Science Publishers. Copyright 2004-2009.

References:

1. Prokop'ev E.P. O vozmozhnosti anigilyatsionnykh istochnikov energii // Oboronnyi kompleks nauchno-tehnicheskomu progressu Rossii. 2003. № 2. S. 10–14, 17-19.
2. Vlasov N.A. Antiveshchestvo. M.: Atomizdat. 1968.
3. Dolgov A.D., Zel'dovich Ya.B., Sazhin M.V. Kosmologiya rannei Vselennoi. M.: Izd-vo MGU, 1988.

4. Prokop'ev E.P. O probleme ispol'zovaniya antivodoroda v kosmicheskoi tekhnike budushchego // *Oboronnyi kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii*. 2003. № 2. S. 15-16.
5. Prokop'ev E.P. Vozmozhnost' polucheniya energii i antiveshchestva pri nizkikh energiyakh: veroyatnyi fizicheskii mekhanizm samoorganizatsii pri yadernom sinteze, transformatsii elementov i sinteze antiveshchestva // *Oboronnyi kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii*. 2003. № 3. S. 39,40.
6. Prokop'ev E.P. Vozmozhnost' polucheniya antiveshchestva v kosmicheskom prostranstve s ispol'zovaniem energii Solntsa // *Oboronnyi kompleks - nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii*. 2006. № 2. S. 63-65.
7. Kolinz G. Poluchenie kholodnogo antivodoroda // *V mire nauki*. 2005. № 9. S. 52–59.
8. Dannye Internet: sm., naprimer, Positronics Research LLC, Vip.lenta.ru.
9. Svetlov-Prokop'ev E.P. Problema fiziki i khimii antiveshchestva i vozmozhnosti ego sinteza // *Mater. VIII Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 80-letiyu so dnya rozhdeniya general'nogo konstruktora raketno-kosmicheskikh sistem akademika M.F. Reshetneva (11 – 12 noyab. 2004, g. Krasnoyarsk)*. Krasnoyarsk: SibGAU, 2004. S. 302
10. Svetlov-Prokop'ev E.P. Problema fiziki i khimii antiveshchestva i vozmozhnosti ego sinteza // *Tez. dokl. 54 Mezhdunar. soveshch. po yadernoi spektroskopii i strukture atomnogo yadra (YaDRO – 2004) (22 – 26 iyunya 2004, Rossiya, Belgorod):Izd-vo BelgorGU, 2004. C. 264-265*.
11. Prokop'ev E.P. O vzaimodeistvii veshchestva i antiveshchestva. Sistemy -N, r- i N- . Prilozheniya v elektronike // *Mikroelektronika*, 1992. Vyp. 4, ser. 3. S. 65–68.
12. Prokop'ev E.P. O roli issledovaniya pozitronnykh i pozitronievykh sostoyanii v nauke i tekhnike // *V kn.: «Cimpozium po vzaimodeistviyu atomnykh chastits s poverkhnost'yu tverdogo tela, posvyashchennogo pamyati akademika AN UzSSR U.A. Arifova».(Tashkent, 16 - 18 oktyabrya 1979 goda)*. Tashkent: FAN, 1979. S. 113.
13. Prokop'ev E.P., Timoshenkov S.P., Grafutin V.I. i dr. *Pozitronika ionnykh kristallov, poluprovodnikov i metallov*. M.: Red.-izd. otdel MIET (TU), 1999. 176 s.
14. Churazov E.M., Syunyaev R.A., Sazonov S.Yu. i dr. *Annigilyatsionnoe izluchenie tsentral'noi zony Galaktiki: rezul'taty observatorii INTEGRAL* // *UFN*, 2006. T. 176. S. 334.
15. Grafutin V., Svetlov-Prokop'ev E. *Research of positron state in spase plasma* // *In. book: Abstracts of the 6th INTEGRAL Workshop «The Obscured Universe». 2 – 8 July 2006. M.: Space Research Institute Russian Academy of Sciences. P. 28*.
16. Dannye Internet: *Antimateriya domchit obitaemyi korabl' k Marsu za poltora mesyatsa*, <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/3999.html>, <http://www.scorcher.ru/art/theory/anty/anty.htm>
17. Suvorov A.L., Svetlov-Prokop'ev E.P., Razinkova T.L. *Poluchenie antiveshchestva dlya ispol'zovaniya v sovremennoi nauke, tekhnike i mikroelektronike* // *Peterburgskii zhurnal elektroniki*. 2007. № 2. S. 4-16.
18. Svetlov-Prokop'ev E.P. *Obshchie printsipy vzaimodeistviya veshchestva i antiveshchestva. Nerelyativistskaya teoriya* // *Vestnik KazNU, seriya fizicheskaya*. 2007. № 1(23). S. 169-177.
19. Svetlov-Prokop'ev E.P., Razinkova T.L. *O probleme fiziki, khimii i tekhnologii antiveshchestva: vozmozhnosti issledovaniya svoistv, poiska vo vselennoi, sinteza i primenenii* // *5 Mezhdunarodnaya konferentsii "Yadernaya i radiatsionnaya fizika". 26–29 sentyabrya 2005: ICNP'05. T. 1. Yadernaya fizika. Almaty: Izd-vo IYaF NYaTs RK. 2006. S. 334-346*.
20. Suvorov A.L., Svetlov-Prokop'ev E.P., Razinkova T.L., Grafutin V.I., Timoshenkov S.P. *Poluchenie antiveshchestva v kosmicheskom prostranstve dlya ispol'zovaniya energii solntsa* // *Peterburgskii zhurnal elektroniki*. 2005. № 4. S. 59-61
21. Svetlov-Prokop'ev E.P. *O probleme fiziki i khimii antiveshchestva: vozmozhnosti issledovaniya svoistv, poiska vo vselennoi, sinteza i primenenii. V kn.: «Aktual'nye problemy sovremennoi fiziki»*. *Materialy Vserossiiskoi distantsionnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Rossiya, g. Krasnodar, 5 iyunya 2008 goda. Krasnodar: Federal'noe agenstvo po obrazovaniyu Rossiiskoi Federatsii. Kubanskii gosudarstvennyi universitet. Fiziko-tekhnicheskii fakul'tet. Kafedra optoelektroniki, 2008. S.15-30*.

22. Arifov P.U., Arutyunov N.Yu., Prokop'ev E.P. i dr. Kvantovye svoistva atomov i ionov i pozitronnaya diagnostika. Tashkent: FAN, 1975. 242 s.
23. Aref'ev K.P., Arifov P.U., Prokop'ev E.P. i dr. Pozitronsoderzhashchie sistemy i pozitronnaya diagnostika. Tashkent: FAN, 1978. 192 s.
24. Prokop'ev E.P. Positron annihilation and positron states in galactic medium with low density // Abstracts of 10 th International Conference on positron annihilation. Beijing, China, May 23-29, 1994. C.24-27.
25. Svetlov-Prokop'ev E.P. Fizika, khimiya i tekhnologiya antiveshchestva: vozmozhnosti issledovaniya svoistv, sinteza, primenenii, khraneniya i poiska vo Vselennoi // Peterburgskii zhurnal elektroniki. 2009. № 2. S. 41-46.
26. Prokop'ev E.P. O fizike, khimii i tekhnologii antiveshchestva: vozmozhnosti issledovaniya svoistv, poiska v prirode, sinteza i primenenii. // Oboronnyi kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii. 2008. №1. S.49-54.
27. Suvorov A.L., Prokopiev E.P., Grafutin V.I., Zakharov A.F., Razinkova T.L., Timoshenkov S.P., Funtikov Yu.V. Positron States in Dusty Space Plasma Ukr. J. Phys. 2007, Vol. 52, N 9, p.842-847.
28. Prokop'ev E.P. Vozmozhnye kosmicheskie tekhnologii budushchego i problemy tekhnicheskogo progressa. Materialy Tret'ego Belorusskogo kosmicheskogo kongressa. 23-25 oktyabrya 2007, g. Minsk, Belarus'. Minsk: Izd-vo Ob"edinennogo instituta problem informatiki NAN Belarusi, 2007. S.383-389. (In rus.)
29. Prokop'ev E.P., Grafutin V.I., Zakharov A.F., Razinkova T.L., Timoshenkov S.P. Pozitronnye sostoyaniya v pyl'evoi kosmicheskoi plazme / Materialy Tret'ego Belorusskogo kosmicheskogo kongressa, 23-25 oktyabrya 2007, g. Minsk, Belarus'. Minsk: Izd-vo Ob"edinennogo instituta problem informatiki NAN Belarusi, 2007. S.43-45.
30. Prokop'ev E.P. Problema polucheniya i primeneniya antimaterii. Kosmicheskaya plazma galakticheskogo tsentra. Tezisy dokladov XXXVII Mezhdunarodnoi (Zvenigorodskoi) konferentsii po fizike plazmy i upravlyаемому termoyadernomu sintezu. g. Zvenigorod Moskovskoi obl. 8–12 fevralya 2010 goda. Stat'ya na lazernom diske. Sait: <http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XXXVII/Lt/ru/IM-Prokopiev.doc>.
31. Timoshenkov S.P., Chaplygin Yu.A., Grafutin V.I., Prokop'ev E.P., Funtikov Yu.V. Pozitronika i nanotekhnologii: opredelenie radiusov nanoob"ektov pustoty v poristom kremnii i kremnii, obluchennom protonami. Nanotekhnika. 2008. №3(15). C. 82-84. <http://www.nanotech.ru/journal/>, <http://www.nanotech.ru/journal/word/cont08-3.pdf>
32. Grafutin V. I., Zaluzhnyi A. G., Kalugin V. V., Ilyukhina O. V., Myasishcheva G. G., Prokop'ev E. P., Timoshenkov S. P., Funtikov Yu. V., Khmelevskii N. O. On the Feasibility of Investigation of Some Defect and Porous Systems by Means of Positron Annihilation Spectroscopy. High Energy Chemistry 2008. Vol. 42. № 6. P. 478–484.
33. Grafutin V.I., Mamedov T.N., Meshkov I.N., Pavlov V.N., Prokop'ev E.P., Timoshenkov S.P., Funtikov Yu.V., Khmelevskii N.O., Chaplygin Yu.A., Yakovenko S.L. Vozmozhnosti izucheniya poristyykh sistem i nanomaterialov metodom pozitronnoi annigilyatsionnoi spektroskopii. V kn.: Yadernaya fizika i nanotekhnologii. Yaderno-fizicheskie aspekty formirovaniya, izucheniya i primeneniya nanostruktur. Pod obshchei redaktsiei A.N.Sisakyana. Dubna: OIYaI, 2008. S.223-241. (In rus.)
34. Chaplygin Yu.A., Timoshenkov S.P., Grafutin V.I., Kalugin V.V., Prokop'ev E.P., Funtikov Yu.V. Opredelenie radiusov nanoob"ektov pustoty v poristyykh sistemakh i kremnii, obluchennom protonami. Rusnanotech-08. Mezhdunarodnyi forum po nanotekhnologiyam. 3-5.12. Sbornik tezisev dokladov nauchno-tekhnologicheskikh seksii. Tom 2. M.: Rosnano, 2008. S. 65, 66. (In rus.)
35. Timoshenkov S.P., Prokop'ev E.P., Kalugin V.V., Grafutin V.I., Britkov O.M., Evstaf'ev S.S. Pozitronika i nanotekhnologii: Opredelenie radiusov nanoob"ektov v poristyykh sistemakh i nekotorykh defektnyykh materialakh metodom PAS. Chast' I. Oboronnyi kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii. 2008. №4. S.28-36. (In rus.)
36. Timoshenkov S.P., Prokop'ev E.P., Grafutin V.I., Britkov I.M.; Funtikov Yu.V. Pozitronika i nanotekhnologii: Opredelenie radiusov nanoob"ektov v poristyykh sistemakh i nekotorykh defektnyykh materialakh metodom PAS. Chast' 2. Oboronnyi kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii. 2008. №4. S.36-43. (In rus.)

37. Prokop'ev E.P., Grafutin V.I., Timoshenkov S.P., Funtikov Yu.V. Opportunities of research of porous systems and nanomaterials by a method of positron annihilation spectroscopy. Russian Journal of Nondestructive Testing, 2008, Vol. 44, No. 10, pp. 700–711.

38. Grafutin V.I., Prokop'ev E.P., Timoshenkov S.P., Funtikov Yu.V. Pozitronika i nanotekhnologii : razmery nanoob"ektov v poristyx sistemakh i obluchennom protonami kremnii po dannym metoda PAS /Sbornik materialov chetvertogo mezhdunarodnogo nauchnogo seminar "Sovremennye metody analiza difraktsionnykh dannykh (topografiya, difraktometriya, elektronnaya mikroskopiya)", Velikii Novgorod, 6-11 sekntyabrya 2008 g. VNGU: V. Novgorod, 2008. S.91-94.

39. Chaplygin Yu.A., Grafutin V.I., Svetlov-Prokopiev E.P., Timoshenkov S.P. Positronics and Nanotechnologies: Possibilities of Studying Nano-objects in Technically Important Materials and Nanomaterials. (Moscow State Institute of electronic Technology (MIET), Moscow, Russia, and others). Advances in Nanotecnology. Vol. 2009. Nova Science Publishers. Copyrigt 2004-2009.

УДК 539.124.6

Экология и космос – магистральные направления развития человеческой цивилизации

Евгений Петрович Прокопьев

НИЦ Курчатовский институт, ФГБУ «ГНЦ РФ ИТЭФ», Россия
E-mail: eprokopiev@mail.ru

Аннотация. В краткой форме обсуждаются особенности и некоторые возможные пути развития высоких космических технологий будущего (особое внимание уделено проблеме физики, химии и технологии антивещества); проблеме позитронной аннигиляции в материи (позитронике), включающей в свой состав позитронные процессы, позитронные состояния и собственно процесс аннигиляции, которая является составной частью фундаментальной и практически важной проблемы антивещества. на основе данных интернет рассмотрены наиболее важные применения антивещества – космические технологии будущего.

Ключевые слова: антивещество; позитрон; позитроника; космические технологии; космос; вселенная; космические двигатели; межзвездные перелеты.

UDC 512.312

Mathematical Model of Suspension Filtering and Its Analytical Solution

¹Normahmad Ravshanov²Bozorboy Palvanov³Yuldash Islamov

¹The Centre on development of the programme products and hardware - programme complex under TUIT, Uzbekistan

100125, Tashkent, str. Durmon yuli 25

Dr. (Technical)

E-mail: ravshanzade-09@mail.ru

²The Centre on development of the programme products and hardware - programme complex under TUIT, Uzbekistan

100125, Tashkent, str. Durmon yuli 25

Junior research scientist,

E-mail: bozorboy@yandex.ru

³Tashkent Pediatric Medical Institute, Uzbekistan

Abstract. The work develops mathematical model and computing algorithm to analyze, project and identify the basic parameters of filter units operation and their variation range. On their basis, numerical analytic solution of the problem of ionized liquid solutions filtering was obtained. Computing experiments, resulting in graphic format were presented. Analysis of calculation results enables to determine the optimum modes of filter units operation, used in liquid ionized solutions filtration technology, in food preparation, in drug production and for drinking water purification. Selection of the most suitable parameters contributes to the improvement of economic and technologic efficiency of production and filter units operability.

Keywords: Mathematical model; computational experiment; concentration; filtering; filtering diaphragm; gel-particle; analytical solution.

Введение. Для производства и подготовки продуктов и сырья процесс фильтрования играет особую роль в технологическом цикле. Экономическая и технологическая эффективность этих процессов непосредственно связана с выбором технологических показаний фильтрующих агрегатов, исходя из физико-механических и химических свойств составляющих смесей.

В процессе переработки и фильтрования жидкостей используются различные фильтры и фильтровальные перегородки. Неправильный выбор режима работы фильтрующих агрегатов и технологических режимов приводит к значительным потерям ценного сырья, снижению производительности и качества получаемого выходного продукта. Работоспособность агрегатов определяется состоянием фильтрующих перегородок, с помощью которых отделяются частицы твердой фазы от жидкости или адсорбируются от нежелательных ионов. Качество выходного продукта и сырья при технологическом процессе (ТП) фильтрования зависит от устойчивости фильтрующих сводов по отношению к образовавшемуся давлению внутри фильтровальной колонки.

Один из эффективных методов для исследования, прогнозирования, управления и синтеза основных параметров и их диапазонов изменения, а также изменения состояния объекта – математическое моделирование процесса и проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Проблемой ММ НТПФС занимаются многие ученые и созданы школы, которые эффективно работают под руководством Ю.М. Шехтмана, И.И. Жужикова, И.М. Федоткина, Р.И. Нигматулина, С.И. Криль, а также немецких ученых В. Кохха, У.К. Циммермана, Ф.Б. Абуталиева, М.Н. Юсупбекова, М.Я. Рахимова и других.

Анализ научно-исследовательских работ и литературных источников по проблеме математического моделирования нестационарных технологических процессов фильтрования смесей (НТПФС) за последние 10–15 лет показал, что получены значительные

теоретические и практические результаты. Из полученных результатов видно, что на НТПФС воздействует множество параметров с удельными весами. Поэтому целью исследования является всестороннее изучение данного процесса с учетом дополнительных факторов и возмущений, действующих на объект с помощью математического моделирования (ММ) и вычислительных экспериментов (ВЭ).

Материалы и методы. Рассматривается линейная задача фильтрации жидкости с взвешенными гель-частицами через фильтровальную перегородку фильтра. Допустим, что перемещение суспензии происходит под действием постоянного перепада давления в колонке фильтровального агрегата при переменном во времени расходе жидкости $Q = Q(t)$. При этом предполагается, что пористость фильтровальной перегородки и суспензия таковы, что в процессе фильтрования гель-частицы задерживаются пористой средой, часть ранее осевших срывается и попадает в фильтрационный поток и часть проносится фильтрационным потоком дальше.

Рассмотрим единицу объема порового пространства в процессе фильтрации смеси. Если насыщенность порового пространства равна ρ , то его насыщенность твердым веществом или гель-частицами будет $1 - \rho$, а насыщенность порового пространства осевшей массой равна β , а насыщенность взвешенными частицами $-\alpha$. Насыщенность порового пространства осевшими частицами в рыхлом теле обозначена через ξ . Через ζ обозначена насыщенность порового пространства «свободной» жидкостью, связанной с осевшей массой, через $\varepsilon\xi$ (ε - пористость осевшей массой – принимается постоянной). Из этих определений следует, что [1]:

$$\rho + \alpha + \beta = 1 \text{ и } \xi + \delta + \alpha \neq \text{ , } \quad (1)$$

$$\beta = \delta - \varepsilon\delta = \delta(1 - \varepsilon) \text{ и } \delta = \frac{\beta}{1 - \varepsilon} \text{ , } \quad (2)$$

$$\rho = 1 - \alpha - (1 - \varepsilon)\delta \quad \rho = \xi + \varepsilon\delta. \quad (3)$$

Исходя из (1)-(3) концентрация взвешенного твердого вещества в движущейся смеси определяется следующим образом:

$$\theta = \frac{\alpha}{\alpha + \xi} \text{ или } \theta = \frac{\alpha}{1 - \delta}. \quad (4)$$

Если m - пористость фильтра в процессе фильтрации смеси, а m_0 - его первоначальная пористость, то количество жидкости в единице объема пористой среды вычисляется с помощью формулы

$$m = m_0\rho. \quad (5)$$

Для вывода уравнения фильтрации смеси предполагаем, что в процессе движения смеси жидкости с взвешенными твердыми частицами часть твердого вещества находится в порах фильтра в покое, часть - во взвешенном состоянии и движется совместно с жидкостью.

Итак, задача формулируется следующим образом: через пористую среду течет жидкость, содержащая взвешенные твердые частицы. Требуется определить изменение объемной концентрации и насыщенность порового пространства фильтра.

Используя зависимости (1)-(5), можно получить уравнение баланса вещества в виде [1]:

$$q(t) \frac{\partial \theta}{\partial x} = -m_0(1 - \varepsilon) \frac{\partial \delta}{\partial t} - m_0 \frac{\partial \alpha}{\partial t}. \quad (6)$$

Зависимость между равновесием объемной концентрации и насыщенностью порового пространства мелкими частицами в процессе фильтрования описывается формулой

$$\delta = \delta_0 \frac{\delta^*}{a_0 + \delta^*}, \quad (7)$$

где δ_0 - максимальная насыщенность порового пространства мелкими частицами к концу процесса кольтматации или к началу процесса диффузии; a_0 - опытный коэффициент,

зависящий от соотношения диаметров частиц скелета и взвеси, от размеров и формы пор фильтра.

При малых значениях δ^* по сравнению с a_0 вместо равенства (7) получаем

$$\delta = \frac{1}{\gamma} \theta^*, \quad \gamma = \frac{a_0}{\theta_0}. \quad (8)$$

При фильтрации жидкости, содержащей взвешенные твердые частицы, коэффициент γ сильно зависит от величины и состояния поверхности поровых каналов фильтра.

При $\theta = \theta^*$ не будет происходить ни коагуляции, ни суффозии, процесс будет находиться в равновесном состоянии:

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} = \lambda(\theta - \delta), \quad (9)$$

где λ - кинетический коэффициент или константная скорость осаждения частиц в порах фильтра.

Таким образом, для определения функций δ и ζ следует решать систему (6), (9) с соответствующими краевыми условиями.

Из уравнения (6) при $m = const$ получаем [3-4]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{W}{m} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \alpha}{\partial t} + (1 - m_0) \frac{\partial \delta}{\partial t} = 0. \quad (10)$$

Здесь W - скорость прохода жидкости через фильтровальную перегородку.

Если учесть, что часть взвешенных гель-частиц проходит через фильтровальную перегородку, то выражение (4) можно записать в следующем виде:

$$\theta - \theta_3 = \frac{\alpha}{1 - \delta}. \quad (11)$$

Выходная концентрация смеси, проходящей через фильтровальную перегородку θ_3 , определяется по уравнению неразрывности масс:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + W \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0. \quad (12)$$

Количество частиц, проходящих через фильтровальную перегородку, вычисляется путем интегрирования уравнения (12) по всей области фильтрации [5-8]:

$$\frac{d\theta_3}{dt} = \frac{1 - \bar{\theta}}{2 - \bar{\theta}} \frac{d\bar{\theta}}{dt} + \frac{1}{2 - \delta} \left[\lambda(\bar{\theta} - \gamma \bar{\delta})(1 - \bar{\theta}) - \frac{\theta_1 W_0}{H_0(1 - \theta_1)} \right] + \theta_3 \left[\lambda(\bar{\theta} - \gamma \bar{\delta}) + \frac{W_0}{H_0(1 - \theta_0)} \right] \frac{1}{2 - \delta},$$

(13)

$$\text{где } \bar{\delta}(t) = \int_0^1 \delta(x, t) dx; \quad \bar{\theta}(t) = \int_0^1 \theta(x, t) dx.$$

Для задания начальных и граничных условий рассмотрим процесс фильтрования суспензии с того момента времени, когда поровые пространства заполнились смесью, т.е. за начальный момент примем тот момент времени $t = t_1$, когда смесь вытеснит из порового пространства фильтра чистую воду и достигнет второй границы фильтра ($x = H_0$). Начальным распределением концентрации $\theta(x, t)$ будет распределение, образовавшееся на поверхности фильтра к моменту времени $t_1 = H_0 / W_0$.

Следует указать, что время t_1 весьма мало по сравнению с общей продолжительностью процесса фильтрования. Поэтому можно считать насыщенность порового пространства осевшими частицами δ весьма малой по сравнению с единицей в период времени $t < t_1$ и

полагать, что истинная скорость движения в тот же период времени будет постоянной величиной и равной W_0 .

Из равенства (3) видно, что при $\delta \ll 1$ в соотношении (4) можно принять $\theta = \alpha$.

Примем, что скорость выпадения твердых взвешенных частиц при движении смеси за указанный период времени пропорциональна количеству частиц α :

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = -\chi \alpha \quad \text{или} \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} = -\chi \theta, \quad (14)$$

где χ – коэффициент пропорциональности.

Интегрируя уравнение (14) и пользуясь начальным условием $\theta = \theta_0$ в точке $x = 0$ при $t = 0$, получаем

$$\theta = \theta_0 e^{-\chi t} \quad \text{или} \quad \theta = \theta_0 e^{-\frac{\chi x}{W_0}}. \quad (15)$$

Для начального распределения объемной концентрации в выражении (15) примем $\chi = A(1-\varepsilon)$. Так как $W_0 = Q_0 / m_0$, а $m(1-\varepsilon) / Q_0 = B$, согласно равенству (6), то уравнение (15) представим в виде

$$\theta = \theta_0 e^{-ABx}. \quad (16)$$

При численном интегрировании уравнения (10) с соответствующими краевыми условиями из-за гиперболичности уравнения возникает мелкомасштабное колебание, с течением времени амплитуда которой увеличивается. Чтобы избежать такого нежелательного явления, в уравнение (10) введем искусственную вязкость вида $\mu_0 \frac{\partial \omega}{\partial x}$, где

ω можно брать как $\omega = \frac{\partial \theta}{\partial x}$ или $\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$, которую называют вязкостью Неймана [1, 2, 6]. В качестве μ_0 можно взять $\mu_0 = (1 \div 2) \cdot h^2$, h – шаг интегрирования уравнения по пространственной переменной.

Таким образом, если в (10) ввести искусственную вязкость, то оно станет параболическим уравнением и для его интегрирования требуется дополнительное условие при $x = l$. Это условие можно получить многими способами.

Предлагаем следующий метод определения условия при $x = l$. Уравнение

$$\frac{\partial^2 \delta}{\partial x \partial t} + A_1 B \frac{\partial \delta}{\partial t} + A_2 \frac{\partial \delta}{\partial x} = 0 \quad (17)$$

при условиях

$$\theta(x, 0) = 0 \quad \text{и} \quad \theta(0, t) = \frac{A_1}{A_2} \theta_0 \cdot (1 - e^{-A_2 t}) \quad (18)$$

решается операционным методом с применением трансформации Лапласа. Получаем

$$\int_0^{\infty} e^{-Pt} \left[\frac{\partial^2 \delta}{\partial x \partial t} + A_1 B \frac{\partial \delta}{\partial t} + A_2 \frac{\partial \delta}{\partial x} \right] dt = 0. \quad (19)$$

Производя по членное интегрирование уравнения (19), выразим все интегралы в левой части через интеграл $\int_0^{\infty} e^{-Pt} \xi dt$, зависящий от переменных x и P .

I. Третий член

$$\int_0^{\infty} e^{-Pt} \frac{\partial \delta}{\partial x} dt = \frac{d}{dx} \int_0^{\infty} e^{-Pt} \delta dt. \quad (20)$$

II. Второй член - интеграл $\int_0^{\infty} e^{-Pt} \frac{\partial \delta}{\partial t} dt$ берем по частям $u = e^{-Pt}$; $dv = \frac{\partial \delta}{\partial t} dt$, тогда

$du = -Pe^{-Pt} dt$, $v = \delta$ и искомый интеграл запишется в виде

$$\int_0^{\infty} e^{-Pt} \frac{\partial \delta}{\partial t} dt = \delta e^{-Pt} \Big|_0^{\infty} + P \int_0^{\infty} e^{-Pt} \delta dt . \quad (21)$$

III. Первый член

$$\int_0^{\infty} e^{-Pt} \frac{\partial^2 \delta}{\partial x \partial t} dt = \frac{d}{dx} \int_0^{\infty} e^{-Pt} \frac{\partial \delta}{\partial t} dt . \quad (22)$$

Поскольку величина δ изменяется в пределах $0 \leq \delta \leq 1$ при $0 \leq t \leq \infty$, то величина δe^{-Pt} в равенстве (21) будет стремиться к нулю как при $t \rightarrow \infty$:

$$\delta e^{-Pt} \Big|_0^{\infty} = 0 . \quad (23)$$

Обозначим

$$\int_0^{\infty} e^{-Pt} \delta(t, x) dt = \bar{\delta}(x, p) . \quad (24)$$

Решая совместно уравнения (19)-(23) и учитывая равенства (24), получаем

$$P \bar{\delta}'_x(x, p) + A_1 B P \bar{\delta}_x(x, p) + A_2 \bar{\delta}'_x(x, p) = 0 \quad (25)$$

или

$$(P + A_2) \bar{\delta}'_x(x, p) + A_1 B P \bar{\delta}_x(x, p) = 0 . \quad (26)$$

Уравнение (26) и есть вспомогательное уравнение, в котором $\bar{\delta}(x, p)$ является искомой функцией, x – независимым переменным и P – параметром.

Преобразуем начальные условия и из уравнения (18) имеем

$$\delta(t, 0) = \frac{A_1 \theta_0}{A_2} (1 - e^{-A_2 t})$$

Следовательно,

$$\bar{\delta}(0, P) = \int_0^{\infty} e^{-Pt} \theta(t, 0) dt = \int_0^{\infty} e^{-Pt} \frac{A_1 \theta_0}{A_2} (1 - e^{-A_2 t}) dt = -\frac{A_1 \theta_0}{P(P + A_2)} . \quad (27)$$

Интегрируем уравнение (26) при условии (27) разделением переменных:

$$\frac{\partial \bar{\delta}}{\partial \delta} + \frac{A_1 B P}{P + A_2} dx = 0, \quad \ln \bar{\delta} = -\frac{A_1 B P}{P + A_2} x + \ln c, \quad \bar{\delta}(x, p) = c \cdot e^{-\frac{A_1 B P}{P + A_2} x} . \quad (28)$$

Из условия (27) и уравнения (28) имеем

$$c = \bar{\delta}(0, P) = -\frac{A_1 \delta_0}{P(P + A_2)} . \quad (29)$$

Следовательно,

$$\bar{\delta}(x, p) = -\frac{A_1 \delta_0}{P(P + A_2)} e^{-\frac{A_1 B P}{P + A_2} x} . \quad (30)$$

Из уравнения (29) и (24) получаем

$$\int_0^{\infty} e^{-Pt} \delta(t, x) dx = -\frac{A_1 \delta_0}{P(P + A_2)} e^{-\frac{A_1 B P}{P + A_2} x} . \quad (31)$$

Уравнения (30) и (31) являются решением вспомогательного уравнения (26).

По найденному решению (31) ищем, как было указано выше, решение заданного уравнения (27) либо с помощью таблиц формул операционного исчисления, либо с помощью теоремы обращения и с применением теории вычетов.

Для решения уравнения (17) с помощью имеющихся таблиц формул операционного исчисления преобразуется показатель степени в правой части уравнения (31) следующим образом:

$$-\frac{A_1BP}{P+A_2}x = -A_1Bx \frac{(P+A_2)-A_2}{P+A_2} = -A_1Bx + \frac{A_1A_2Bx}{P+A_2},$$

$$\int_0^{\infty} e^{-Pt} \delta(t, x) dt = \frac{A_1\theta_0 e^{-A_1Bx}}{P(P+A_2)} e^{\frac{\alpha}{P+A_2}}. \quad (32)$$

Здесь

$$\alpha = A_1A_2Bx > 0 \quad \text{при } x > 0. \quad (33)$$

Воспользуемся известным соотношением

$$e^{\frac{\alpha}{P}} = P \int_0^{\infty} e^{-Pt} I_0(2\sqrt{\alpha t}) dt. \quad (34)$$

Общая формула имеет вид

$$F(P) = P \int_0^{\infty} \varphi(t) e^{-Pt} dt. \quad (35)$$

Заменяя в уравнении (34) P на $P+A_2$, получаем

$$e^{\frac{\alpha}{P+A_2}} = (P+A_2) \int_0^{\infty} e^{-(P+A_2)t} I_0(2\sqrt{\alpha t}) dt \quad \frac{P}{(P+A_2) e^{\frac{\alpha}{P+A_2}}} = P \int_0^{\infty} e^{-P} e^{-A_2t} I_0(\sqrt{\alpha t}) dt. \quad (36)$$

Умножим обе части уравнения (36) на P . Тогда получаем

$$\frac{P}{P+A_2} e^{\frac{\alpha}{P+A_2}} = P \int_0^{\infty} e^{-Pt} e^{-A_2t} I_0(2\sqrt{\alpha t}) dt. \quad (37)$$

Преобразуем (33) к виду

$$\frac{P}{P+A_2} e^{\frac{\alpha}{P+A_2}} = P \int_0^{\infty} e^{-P} \frac{e^{A_1Bx}}{A_1\theta_0} \delta(t, x) dx. \quad (38)$$

Введем обозначения $\frac{\alpha}{P+A_2}$ и получаем

$$F_1(P) = \frac{1}{P+A_2} e^{\frac{\alpha}{P+A_2}}, \quad \varphi_1(t) = \frac{e^{A_1Bx}}{A_1\theta_0} \delta(t, x), \quad (39)$$

$$F_2(P) = \frac{P}{P+A_2} e^{\frac{\alpha}{P+A_2}}, \quad \varphi_2(t) = e^{-A_2t} I_0(2\sqrt{\alpha t}). \quad (40)$$

Из выше полученных формул имеем

$$F_1(P) = \frac{1}{P} F_2(P). \quad (41)$$

Функции φ_1 и φ_2 связаны соотношением

$$\varphi_1(t) = \int_0^{\infty} \varphi_2(\tau) d\tau. \quad (42)$$

Заменяя в равенстве (42) φ_1 и φ_2 их выражениями (39) и (40), получаем

$$\frac{e^{A_1 Bx}}{A_1 \delta_0} \delta(t, x) = \int_0^t e^{-A_2 \tau} I_0(2\sqrt{\alpha \tau}) d\tau,$$

откуда

$$\delta(t, x) = A_1 \theta_0 e^{-A_1 Bx} \int_0^t e^{-A_2 \tau} I_0(2\sqrt{\alpha \tau}) d\tau. \quad (43)$$

Для вычисления значения на границе $x = \ell$ используется библиотечная программа.

Обсуждение результатов и выводы. По полученному аналитическому решению задачи проведены расчеты на ЭВМ (рис. 3, 4).

Согласно проведенным расчетам на ЭВМ (рис. 3), изменение концентрации смеси зависит от пористости фильтровальной колонки, фильтра и времени фильтрования суспензии. Максимальное осаждение гель-частиц в начальной стадии процесса фильтрования смесей происходит в верхних слоях перегородки фильтра (рис. 4).

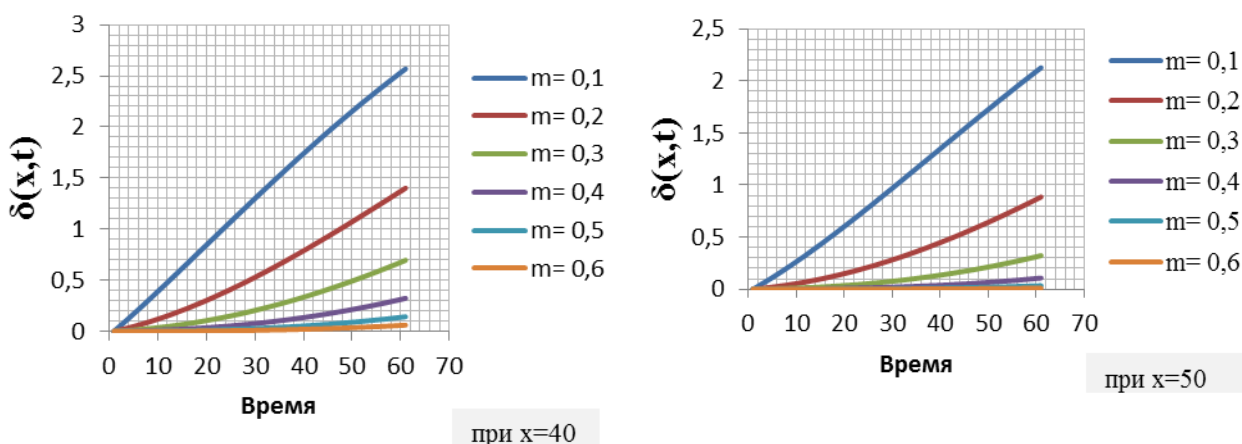


Рис. 3. Изменение концентрация смеси со временем по толщине пор фильтровальной перегородки в зависимости от пористости фильтра

С истечением процесса фильтрования смесей гель-частицами заполняются нижние слои фильтра. Рост концентрации гель-частиц со временем, как видно по кривым рис. 3, подчиняется линейному закону.

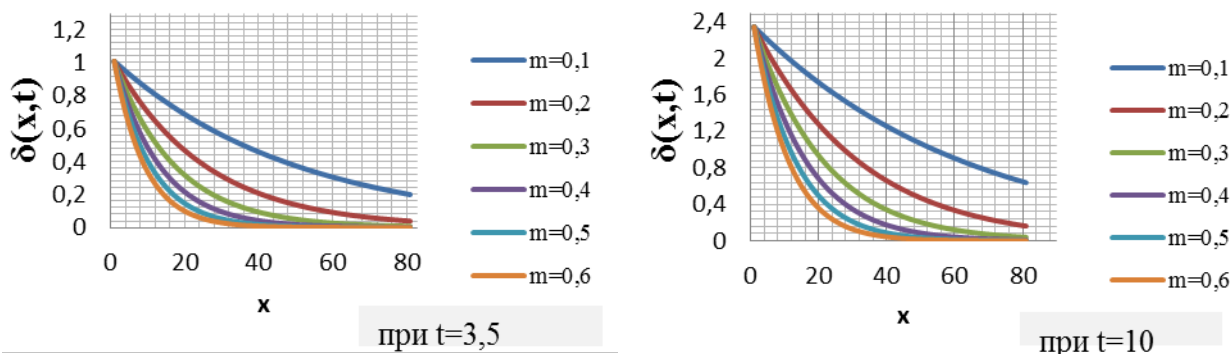


Рис. 4. Изменение концентрации смеси по длине в порах фильтровальной перегородки в зависимости от пористости фильтра

При коэффициенте пористости $m \geq 0,5$ происходит проскакивание частиц через фильтровальную перегородку, вследствие чего степень очищения суспензии от гель-частиц снижается. Таким образом, пористость и толщины фильтровальной перегородки фильтра необходимо подбирать в зависимости от диаметра гель-частиц в исходном растворе.

Таким образом, полученное аналитическое решение модельной задачи можно использовать для доказательства адекватности разрабатываемых математических моделей

процесса фильтрования смесей, а также для подбора технических параметров фильтровальных агрегатов, используемых в технологии фильтрования и очищения различных смесей и жидких растворов.

Примечания:

1. Шехтман Ю.М. Фильтрация малоконцентрированных суспензий. М.: Изд. АН СССР, 1961. 213 с.
2. Ravshanov N., Palvanov B., Ravshanov Z. Computer model and computing experiment for technological process of multicomponent mixtures filtering study // European researcher. 2012. Vol. 19. № 4. P. 358–362.
3. Ravshanov N., Shermatova G.U. Computational experiment for the analysis of functioning of technological process of filtering of suspension // European researcher. 2012. № 2. P. 114–119.
4. Brouyere S., Modeling the migration of contaminants through variably saturated dual-porosity, dual-permeability chalk. Journal of Contaminant Hydrology, 82, Issues 3-4, 2006. P.195-219.
5. Cussler E.L. Diffusion mass transfer in fluid systems. Cambridge University Press, 1997.
6. Selim H.M., Buchter B., C.Hinz and L.Ma. Modeling the transport and retention of cadmium in soils: Multireaction and multicomponent approaches. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 56 (4), 1992. Pp. 1004-1015.
7. Абуталиев Ф.Б., Рахимов М. Об уравнениях ионообменного фильтрования и методы их решения на ЭВМ: Сб. научн. тр. Ташкент: ИК АН РУз, 1976. Вып. 40. С.144-152.
8. Федоткин И.М., Криль С.И. Разделение суспензии и гиперфильтрование. Киев: Техника, 1972. 233 с.

References:

1. Shekhtman Yu.M. Fil'tratsiya malokontsentrirrovannykh suspenzii. M.: Izd. AN SSSR, 1961. 213 s.
2. Ravshanov N., Palvanov B., Ravshanov Z. Computer model and computing experiment for technological process of multicomponent mixtures filtering study // European researcher. 2012. Vol. 19. № 4. P. 358–362.
3. Ravshanov N., Shermatova G.U. Computational experiment for the analysis of functioning of technological process of filtering of suspension // European researcher. 2012. № 2. P. 114–119.
4. Brouyere S., Modeling the migration of contaminants through variably saturated dual-porosity, dual-permeability chalk. Journal of Contaminant Hydrology, 82, Issues 3-4, 2006. P. 195-219.
5. Cussler E.L. Diffusion mass transfer in fluid systems. Cambridge University Press, 1997.
6. Selim H.M., Buchter B., C.Hinz and L.Ma. Modeling the transport and retention of cadmium in soils: Multireaction and multicomponent approaches. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 56 (4), 1992. P. 1004-1015.
7. Abutaliev F.B., Rakhimov M. Ob uravneniyakh ionoobmennogo fil'trovaniya i metody ikh resheniya na EVM: Sb. nauchn. tr. Tashkent: IK AN RUz, 1976. Vyp. 40. S.144-152.
8. Fedotkin I.M., Kril' S.I. Razdelenie suspenzii i giperfil'trovanie. Kiev: Tekhnika, 1972. 233 s. (In rus.)

УДК 512.312

**Математическая модель процесса фильтрования
суспензии и ее аналитическое решение**

¹ Норммахмад Равшанов

² Бозорбой Палванов

³ Юлдаш Нугманович Исламов

¹ Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ, 100125, Республика Узбекистан г. Ташкента, ул. Дурмон йули 25

Доктор технических наук

E-mail: ravshanzade-09@mail.ru

² Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ, 100125, Республика Узбекистан г. Ташкента, ул. Дурмон йули 25

Младший научный сотрудник

E-mail: bpolvonov@rambler.ru

³ Ташкентский Педиатрический медицинский институт, Узбекистан

Аннотация. В работе для анализа, прогнозирования и определения основных параметров работы фильтровальных агрегатов и их диапазонов изменения разработаны усовершенствованная математическая модель и вычислительный алгоритм. На их основе, получено численно-аналитическое решение задачи фильтрации жидких ионизированных растворов. Проведены вычислительные эксперименты на ЭМВ, результаты которых представлены в графическом виде. Анализ результатов расчёта позволяет определять оптимальные режимы работы фильтрующих агрегатов, использующихся в технологии фильтрации жидких ионизированных растворов, при приготовлении продуктов питания, фармацевтической продукции, а также для очищения питьевой воды. Выбор наиболее подходящих параметров, в свою очередь, способствует повышению экономической и технологической эффективности производственных процессов, а также работоспособности фильтровальных агрегатов.

Ключевые слова: математическая модель; вычислительный эксперимент; концентрация; фильтрация; фильтровальной перегородки; гель-частиц; аналитические решение.

Agricultural Sciences

Сельскохозяйственные науки

UDC 632.93

In VITRO Method Use For Winter Wheat Selection

¹ Adilkhan Zhangaziev

² Gulnara Ziyaeva

³ Asker Taichibekov

⁴ Zhaksybai Tuleubaev

⁵ Gul'sana Shaimerdenova

¹⁻⁵ Taraz State Pedagogical Institute, Kazakhstan

¹ Dr. (Agricultural), Professor

E-mail: jangaziev@mail.ru

² PhD (Agricultural)

E-mail: Ziaeva_gulnar@mail.ru

³ PhD (Agricultural)

E-mail: tch_a_42@mail.ru

⁴ Dr. (Agricultural), Professor

E-mail: tuleubayev51@mail.ru

⁵ MSc, Senior Lecturer

Abstract. Valuable parent material for winter wheat selection was received, using in vitro haploid technology. Allocated ADH-line of winter soft wheat considerably outyielded and surpassed in fineness the parent seeds and standards. ADH-1050 line, called Nureke was passed for processing in Almaty and Zhambylsky Regions since 2008.

Keywords: winter wheat; selection; crossbreeding; genetics; Nureke grade; dihaploid line; populations; haploid technology.

Введение. В статье представлены результаты работ о возможности применения андрогенных дигаплоидных линий в селекции пшеницы. Показано, что в условиях юга и юго-востока Казахстана путем использования в селекции методов *in vitro* получены новые селекционные материалы озимой мягкой пшеницы, сочетающие высокую урожайность с важнейшими хозяйственно ценными признаками. Новые АДГ–1050 линий достоверно превышали родительские формы и стандарты по урожайности и качеству зерна. В Госреестр РК он внесен как высокоурожайный сорт озимой мягкой пшеницы под названием Нуреке.

Современная стратегия селекции пшеницы направлено на создание сортов обладающих комплексной устойчивостью к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам окружающей среды, экологической пластичностью. Применение методов генной и клеточной инженерии позволяет конструировать новые генетические структуры, получать новые формы и сорта растений с улучшенными наследственными признаками. Одним из подходов в создании высокопродуктивных, устойчивых к болезням, вредителям и к неблагоприятным факторам среды растений является использование ядерно-плазматического эффекта при отдаленной гибридизации, с помощью метода эмбриокультуры. Второе направление для использования в селекции растений — гаплоидная технология. Она позволяет сократить сроки создания новых сортов на 4–5 лет. Метод дает возможность ускоренно получать гомозиготные чистые линии из гибридной популяции ($F_2 - F_3$), формы и сорта, а также существенно повысить вероятность отбора хозяйственно-ценных генотипов при уменьшении объема изучаемой гибридной популяции.

Изучение возможности использования дигаплоидной линии в селекции озимой пшеницы на юге и юго-востоке Казахстана представляет особый интерес, в связи с созданием сортов устойчивых к абиотическим, биотическим факторам окружающей среды и получения зерна высокого качества.

Сотрудники лаборатории селекции озимой пшеницы КазНИИЗиР в содружестве с учеными Института Биологии и Биоинженерии НПЦРК на практике начали испытывать созданные андрогенные дигампоидные линии (АДГ-линии), представляющих интерес как ценный исходный материал для практической селекции. В течение более 15 лет (1992–2008) испытывали АДГ-линии, полученные методом культуры пыльников в лаборатории генетики и селекции ИББР. Результаты их селекционной проработки представлены в настоящей статье.

Материалы и методы исследования. Объектами исследований служили бэкросные и внутривидовые гибриды ($F_2 - F_3$) : (BC_1 Казахстанская-4× Саратовская-29)× Грекум-476; (BC_1 Мироновская-808×Скала)×Скала; F_2 Саратовская-29×Эритроспермум-350)×Грекум-476 мягкой пшеницы и коммерческие сорта пшеницы Стекловидная-24; Прогресс; Казахстанская-10; Казахстанская-4; Жетысу; Саратовская-29; Грекум-476.

Донорские растения (пыльников гибриды F_2) и сорта выращивали в полевых условиях на поливном стационаре КазНИИЗиР. Культуру изолированных пыльников и микроспор изучали согласно методике Анапияева Б [1]. Оптимальной для культивирования пыльников является стадия вакуолизированной микроспоры. Для ее определения использовали морфологические признаки колоса – размер, степень и плотность колоса, размер и цвет пыльника. В качестве базовых питательных сред для культуры изолированных пыльников и микроспор использовали среды №6 и Blaydes в модификации Анапияева: а) №6 +1г/л активированный уголь (АУ); б) №6 + 80 г/л амилодекстрин (А). Для регенерации растений каллусы и эмбриониды пассировали на среду MS, содержащую 20г/л сахарозы, 0,5мг/л ИУК, и культивировали при 16-ти часовом фотопериоде с освещенностью 1500 люкс.

В стадии образования трех листочков нормально развивающегося растения производили удвоение гаплоидного набора хромосом методом вакуум-инфильтрации в растворе колхицина (0.15 %). Растения отмывали водой, корешки фиксировали для цитологического анализа и высаживали в почву.

Методика закладки опытов и математическая обработка результатов исследований проводились общепринятыми методами, в научных исследованиях в соответствии с программой селекции «ОПАКС» [2] а испытания АДГ-линии проводили согласно «Методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [3]. Отобранные АДГ-линии внутривидовых гибридов размножали, одновременно оценивая их на восприимчивость к листовостебельным болезням, устойчивость вредителям, определяли высоту растения, период созревания и продуктивность. Лучшие линии после оценки подвергали стационарному испытанию в питомниках селекции озимой мягкой пшеницы (КП, ПСИ и КСИ) на урожайность, устойчивость к листовостебельным болезням, определяли качества зерна. Посев линии озимой пшеницы проводили сеялкой ССФК-7, на делянках с площадью – 20 кв.м, в 3-х кратной повторности. Уборка проводилась комбайном «Хеге-125». Оценка линий и сортообразцов на качество зерна проводили в аналитической лаборатории КазНИИЗиР.

Результаты. Полученные в лаборатории Генетики и селекции ИББР АДГ–линии размножали для проработки их по полной селекционной схеме на поливном стационаре лаборатории селекции озимой мягкой пшеницы КазНИИЗиР.

В результате испытания АДГ - линии в СП-1 из 50 по продуктивности и по высоте растений для дальнейших испытаний были отобраны 15 (3 %). Наибольшее количество перспективных АДГ-линии выделено из пыльников гибридов от бэкросных скрещиваний в сравнении с гибридами от простых парных скрещиваний: BC_1 Казахстанская-4× Саратовская-29)× Грекум -476; F_2 (Саратовская-29×Эритроспермум-350)×Грекум-476; F_2 (ОПАКС-1× Скала)×Скала и др. В 1996–1998 годах в СП-2 отобрано достаточно много высокопродуктивных АДГ-линий от внутривидовых скрещиваний. Особенно выделялись высокой продуктивностью АДГ-линии: АДГ-1050, АДГ-1048, АДГ-1051, АДГ-1-38 от бэкросных скрещиваний с участием Грекум-476. В дальнейшем при изучении их в СП-2 и в контрольном питомнике, все они по продуктивности, устойчивости к желтой ржавчине и полеганию оказались лучше стандартов. Особенно выделились высокой продуктивностью и кустистостью: АДГ-1050, АДГ-1048, АДГ-1051. По данным КП, среди АДГ-линии для дальнейшего исследования выделены две формы: АДГ-1050 и АДГ-1048 сочетающие

повышенную продуктивность с низкостебельностью, а также слабую восприимчивость к желтой ржавчине.

По результатам двухлетнего изучения в КП и предварительном сортоиспытании наибольший интерес представила селекционная линия АДГ-1050, которая была создана при бэккроссном скрещивании сортов (Казахстанская-4×С аратовская-29) Жрекум -476. На клеточном уровне (АДГ-1050) *in vitro* проведен отбор (F_2), дигаплоидизация ($n=21 \times 2$), размножение (1993–1995) в результате была создана дигаплоидная линия АДГ-1050НЗ, отличающиеся высокой урожайностью. Была испытана в малом (1997–1998 гг.) в конкурсном с 1999 по 2002 гг. в условиях предгорной поливной зоны Заилийского Алатау.

Разновидность-Эритроспермум. Относится к среднеазиатской группе. Колос цилиндрической формы, средней длины (8–9 см), средней плотности. Масса 1000 зерен 43 г. (39–49). Сорт среднеспелый с вегетационным периодом 260–278 дней. Зимостойкость хорошая на уровне стандарта Жетысу. Высота растений 87–110 см. Сорт слабо восприимчив к ржавчине и твердой головне. АДГ-1050 линия, под названием «Нуреке» проходил оценку по хозяйственно ценными признакам в конкурсном испытании (1999, 2000 и 2002 гг.). Результаты испытаний в КСИ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Хозяйственно-биологическая характеристика сорта Нуреке в сравнении с сортом-стандартом Жетысу (КазНИИЗиР, КСИ, 1999, 2000, 2002 г.г.)

Новый сорт, стандарт	Урожайность, ц/га				Вегетационный период, день	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт.	Масса 1000 зерен, г	Число зерен с главного колоса	Поражаемость болезнями, бал/л/%
	1999	2000	2002	средняя						
Нуреке	85,2	66,0	45,0	65,4	270	99	3,4	46	41	3/40
Жетысу	75,6	57,0	40,0	57,5	272	97	3,2	43	41	4/60

Сорт высокопродуктивный, за годы конкурсного испытания (1999, 2000, 2002) на орошаемых землях предгорной зоны Алматинской области, урожайность зерна Нуреке в среднем за три года составила 65,4 ц/га (с колебаниями от 45 до 85 ц/га) или была на 7,9 ц/га выше, чем у стандарта Жетысу. В новом сорте удачно сочетаются хозяйственно-ценные признаки родительских форм – высокая продуктивность и качество зерна, а также засухоустойчивость. Одним из основных положительных достоинств является высокое качество зерна. По данным лаборатории технологической оценки качества зерна КазНИИЗиР за 1999–2002 гг. новый сорт Нуреке стабильно формирует высококачественное зерно (табл. 2).

Таблица 2

Технологическая характеристика сорта Нуреке (КСИ среднее за три года 1999, 2000, 2002)

Сорт и стандарт	Натура зерна, г/л	Стекло видность, %	Содер. клейковины, %	Содержание белка, %	Сила муки е.а.	Валорем оценка е.в. (AD VALOREM)	Объем хлеба мм. куб.	Общая оценка хлеба балл
Нуреке	775	40,7	31,2	15,5	415	53	975	3,8
Жетысу	756	41,0	30,4	14,2	222	46	803	3,2

Это обусловлено тем, что для создания нового сорта была привлечены для бэккросса сильная пшеница – Грекум-497 потомство которой отличалось высокой однородностью зерна и стекловидностью. По объему хлеба они превосходили стандартный сорт Жетысу на 172 мм. куб, и Безостую 1 на 80 мм куб. Содержание белка в зерне у сорта Нуреке составило 15–16 %, сырой клейковины – 31 %, физические качества клейковины (упругость, растяжимость, сила муки) очень хорошие, благодаря чему по хлебопекарному свойству сорт относится к сильной пшенице.

Интересной особенностью сорта Нуреке является способность формировать высокий урожай, как при яровом, так и при осенне-зимнем посеве в зоне районирования, т.е. сорт факультативный. При осеннем посеве он хорошо переносит зимы. В условиях жесткой богары в яровом посеве на Кербулакском Сортоучастке урожайность зерна за три года (2003–2005 урожайность составила 13,0 ц/га зерна, что на 1,2 ц/га выше, чем у стандартного сорта Казахстанская-4. Высокая урожайность этого сорта подтверждена на озимом посеве. По данным Государственного испытания в Алматинской области (2004–2006 гг.) на Илийском не орошаемом сортоучастке при размещении озимой пшеницы после многолетних трав, средняя урожайность зерна за три года испытания составила 32,0 ц/га, что на 2,8 ц/га больше чем у стандарт – сорта Стекловидная-24. На Илийском сортоучастке по зерновому предшественнику средняя урожайность нового сорта составила 29,6 ц/га, что на 2,5 ц/га больше, чем у стандарта – сорта Стекловидная-24, а по зерновому предшественнику 29,6 ц/га, что на 2,4 ц/га больше, чем у стандартного сорта. Самый высокий урожай зерна поданному сорту был получен в 2006 году на Жамбылском орошаемом сортоучастке, где он составил 45,0 ц/га, что на 11,0 ц/га было выше, чем у стандартного сорта Южная-12, по предшественнику люцерны.

Новый сорт – двуручка Нуреке допущен к использованию в условиях производства как факультативный с 2007 года на влагообеспеченных богарных и необеспеченных поливных землях предгорной и среднегорной зоны Алматинской области. Ускоренное внедрение нового сорта Нуреке в производство будет способствовать повышению урожайности и валового сбора зерна данной культуры.

Заключение. С помощью гаплоидной технологии *in vitro* получены ценные исходный материал для селекции озимой пшеницы. Выделенные АДГ-линии озимой мягкой пшеницы, достоверно превзошли по урожайности и по качеству зерна родительских сорта и стандарты. АДГ-1050 линии под названием Нуреке с 2008 года допущена и к использованию в производство Алматинской и Жамбылской областей.

Примечания:

1. Анапияев Б. Культура микроспор и гаплоидная биотехнология пшеницы. Алматы, 2001. 220 с.
2. Международный классификатор – СЭВ рода *Triticum* L. L., 1980. 81 с.
3. Рахимбаев И. Биотехнология в Казахстане // Вестник региональной сети по внедрению сортов и семеноводства. 2004. № 1-2 (8-9). С. 75-77.

References:

1. Anapiyayev B. Microspore culture and haploid wheat biotechnology. Almaty, 2001. 220 s. (In rus.)
2. Mezhdunarodnyi klassifikator – SEV roda *Triticum* L. L., 1980. 81 s. (In rus.)
3. Rakhimbaev I. Biotechnology in Kazakhstan // Vestnik regional'noi seti po vnedreniyu sortov i semenovodstva. 2004. № 1-2 (8-9). S. 75-77. (In rus.)

УДК 632.93

Использование методов IN VITRO в селекции озимой пшеницы

¹Адилхан Жангазиев

²Гулнара Зияева

³Аскер Тайчибеков

⁴ Жаксыбай Тулеубаев

⁵ Гульсана Шаймерденова

¹ Таразский государственный педагогический институт, Казахстан
080000 Жамбылской области г. Тараз улица Толеби, 62

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

E-mail: jangaziev@mail.ru

² Таразский государственный педагогический институт, Казахстан
080000 Жамбылской области г. Тараз улица Толеби, 62

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

E-mail: Ziaeva_gulnar@mail.ru

³ Таразский государственный педагогический институт, Казахстан
080000 Жамбылской области г. Тараз улица Толеби, 62

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

E-mail: tch_a_42@mail.ru

⁴ Таразский государственный педагогический институт, Казахстан
080000 Жамбылской области г. Тараз улица Толеби, 62

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

E-mail: tuleubayev 51@mail.ru

⁵ Таразский государственный педагогический институт, Казахстан
080000 Жамбылской области г. Тараз улица Толеби, 62

Магистр, ассистент

Аннотация. С помощью гаплоидной технологии *in vitro* получены ценные исходный материал для селекции озимой пшеницы. Выделенные АДГ-линии озимой мягкой пшеницы, достоверно превзошли по урожайности и по качеству зерна родительских сорта и стандарты. АДГ-1050 линии под названием Нуреке с 2008 года допущена и к использованию в производство Алматинской и Жамбылской областей.

Ключевые слова: озимая пшеница; селекция; скрещивание; генетика; сорт Нуреке; дигаплоидная линия; гибридизация; популяции; гаплоидная технология.

Historical Sciences and Archaeology

Исторические науки и археология

UDC 93

ASEM as the Instrument for ASEAN and EU Interaction: Issue Historiography

Sofiya V. Zherebchuk

Diplomatic Academy of Ukraine to the Ukrainian Foreign Ministry, Ukraine

PhD student

E-mail: JominieS@yandex.by

Abstract. The article attempts to analyze historiography and sources of ASEAN and EU interaction, characterizes the features of interaction of the mentioned integration groups. Relations with EU have special place in ASEAN international contacts, basing both on the fact that EU is one of the key economic partners of the Association and the specific character of interaction between the leading regional integration alliances. The analysis of the documents enabled to estimate the major directions of today's cooperation between the leading integration alliances more precisely and determine the possible prospects.

Keywords: ASEAN; EU; ASEM; Indonesia; cooperation.

Введение. Региональная интеграция — важная особенность развития современных международных отношений; в мире практически не осталось государств, которые бы не являлись членами одной или нескольких их групп. Интеграционные группировки превратились в важный инструмент мировой политики, внешнеторговой и инвестиционной мировой экономики. Созданные в 1957 г. Европейское Экономическое сообщество (ЕЭС) и в 1967 г. Ассоциация стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН) стали самыми успешными примерами региональной интеграции в Европе и Восточной Азии, вокруг которых разворачиваются интенсивные интеграционные процессы, во взаимодействии с ними заинтересованы влиятельные «игроки» мировой политики и экономики.

Основные цели стран АСЕАН и ЕС практически одинаковы — региональная безопасность, политическая стабильность, экономическое развитие, сохранение конкурентоспособности в глобализирующемся мире. Различия только в методах достижения этих целей. В этой связи актуальным представляется исследование специфики создания и функционирования, взаимодействия этих объединений. Развитие Евросоюза, взаимоотношения АСЕАН с ее партнерами по диалогу в Азиатско-Тихоокеанском регионе в рамках Регионального форума АСЕАН (АРФ), Восточно-Азиатского сообщества (ВАС), саммитов Азия – Европа (АСЕМ) определяют их активное участие в строительстве нового мирового порядка. Ведущие мировые державы стремятся к установлению тесных контактов и диалога с АСЕАН и ЕС, конкурируя за влияние в этих регионах.

Со значительным опозданием, но все более энергично в эти процессы включается Россия, тем самым изучение опыта их развития и взаимодействия представляется актуальным для России, которая находится в преддверье вступления в АСЕМ и ВАС. Российская Федерация с ее огромным политическим и экономическим потенциалом имеет широкую перспективу во взаимоотношениях со странами Европейского Союза и Азии, в диалоге между Европой и Азией.

Таким образом, тема исследования актуальна с научной и практической точек зрения в силу мировых тенденций развития региональных объединений государств, существенных достижений АСЕАН и ЕС, политики Российского государства на сотрудничество с этими объединениями.

Методы. При написании данной статьи автор использовал исторический метод, метод системного анализа, ретроспективный и сравнительный метод.

Обсуждение. В отечественной литературе нет комплексного исследования взаимоотношений АСЕАН с ЕС. Литературу применительно к исследуемой проблематике следует разделить на изданную в период «холодной войны» и после нее.

Внимание заслуживают работы советских авторов относительно общей стратегии Запада в отношении развивающихся стран, деятельности международных монополий в странах Азии и в ЮВА, в частности. Прежде всего это работы Л. Ключковского «Страны Общего рынка и Юго-Восточная Азия», изданная в середине 60-х гг. до образования АСЕАН, «Империализм и экономическая независимость», рассматривающая вопросы экономических отношений западных государств со странами ЮВА, охватывающая период до конца 60-х гг. [11].

Проблемы интеграции в ЮВА и частично вопросы отношений стран Ассоциации с ЕЭС поднимаются в работах, касающихся более общих проблем, связанных с ЮВА и непосредственно стран АСЕАН. Среди них труды Н.П. Малетина, В.В. Самойленко, Б.А. Соловьева, Л.А. Фетуни, М.А. Халдина, Н.М. Хрящевой, Т.И. Сулицкой, Ю. Плеханова, А. Рогожина, Чуфрина Г.И., Подберезского И.В. [23, 25], а также сборники Отдела ЮВА Института Востоковедения АН СССР [3]. Авторами проводится анализ проблем АСЕАН, освещаются вопросы торгово-экономических отношений Ассоциации с европейскими государствами, борьбы стран региона за новый международный экономический порядок, исследуется значение внешних связей стран ЮВА для их внутреннего развития. Большая часть этих работ написана в советский период и имеет идеологическую окраску.

Подготовленные в Институте Востоковедения коллективные работы «АСЕАН в международных политических отношениях» и «АСЕАН в международных экономических отношениях» под редакцией Г.И. Чуфрина, изданные в первой половине 1990-х гг., вобрали в себя достижения отечественной науки в изучении интеграционных процессов в Юго-Восточной Азии и основываются на новейших в то время материалах и сведениях. В них представлена развернутая картина развития АСЕАН, рассматривается степень её включенности в деятельность мирового сообщества и влияние на региональные процессы [33, 34].

Вопросы, связанные с расширением ассоциации, нашли освещение в сборнике АСЕАН и великие державы в АТР».

В исследовании Чан Хьепа [32], в работах Н.П. Малетина, Н.Н. Бектемировой, И.Н. Селиванова раскрыта роль АСЕАН и ЕС в урегулировании камбоджийского кризиса, процесс присоединения СРВ к Ассоциации освещён в монографиях Е.В. Кобелева [12], Н.П. Малетина, Чан Куок Нгуена и В.М. Мазырина.

Итоги деятельности АСЕАН подведены в материалах международной научно-практической конференции 24 сентября 1997 г [3]. Процесс развития Ассоциации как важной интеграционной группировки в регионе анализируется в книге Д.В. Мосякова и В.А. Тюрина [4]. Эволюция Ассоциации за 40 лет прослежена в монографии Н.П. Малетина [5], в которой автор делает упор на внутреннее развитие организации, показывает формирование институтов Ассоциации, её участие в разрешении различных проблем и диалоговые отношения со странами АТР, Европы, Америки. Эта проблема затрагивается в работе сотрудников Дипломатической академии РФ [6].

За последние 10 лет опубликовано несколько десятков работ, посвященных или частично затрагивающих экономику стран АСЕАН и экономическое сотрудничество в регионе. О.Г. Барышникова, В.Б. Амиров, С.А. Быляняк, И.О. Пахомова, И.О. Рогожин, Г.И. Чуфрин и др. в своих работах рассматривают проблемы регионализма, глобализма, последствия экономического кризиса, общеэкономические проблемы развития ЮВА [7]. Точки зрения исследований изложены в периодически издаваемых сборниках «Юго-Восточная Азия. Актуальные проблемы развития» за 1999 – 2008 гг. Частично к этой же проблематике следует отнести работы Г.М. Костюниной [8] и В.В. Михеева, в которых дана сравнительная характеристика АТЭС и АСЕМ. Вопросы двусторонних отношений АСЕАН и ЕС, частично затронуты в книге Н.П. Малетина [17].

В учебном пособии «Восток/Запад. Региональные подсистемы и региональные проблемы международных отношений» рассматриваются дискуссионные вопросы функционирования отдельных регионов мира [10].

В работах отечественных исследователей рассматриваются этапы формирования и развития Европейского Союза. Важное место в историографии занимают опубликованные в середине 80-х гг. сборники статей, в которых на основе анализа истоков и эволюции планов «объединения Европы» показаны тенденции интеграционной политики, возможные последствия для Западной Европы и международных отношений, перспективы экономической и политической интеграции, результаты, достигнутые ЕЭС [7].

В.Г. Барановский обобщает интеграционный опыт Западной Европы к середине 1980-х гг. и дает панорамную картину внешних связей ЕЭС, определяет важность каждого из направлений, узловые точки его функционирования, соотношение с другими направлениями.

Проблемы европейской интеграции рассматриваются в учебнике «Современные международные отношения и мировая политика» [6], в статьях М.М. Наринского и В.Г. Барановского.

В содержательной работе о расширении связей ЕС и России, подготовленной ведущими специалистами по проблемам Европейской интеграции, исследуются важнейшие направления деятельности ЕС по продвижению на Восток и под углом зрения стратегического партнерства России и ЕС, новые тенденции в развитии постбиполярной Большой Европы, раскрываются их движущие силы и проблемы. Авторы рассматривают возможные последствия актуальных общеевропейских процессов для различных групп-стран: старых и новых членов Евросоюза, его потенциальных участников и России [3].

Само название монографии И.И. Хохлова «Наднациональность в политике Европейского Союза» фактически отвечает на вопрос — почему АСЕАН не является азиатским ЕС, подчеркивает, что именно в «наднациональном» характере ЕС заключается главная особенность политической системы ЕС, дает определение этого термина и анализирует конкретные проявления наднациональности в практике европейского Союза. Используя исторический подход, автор проанализировал основные этапы и факторы европейской интеграции, систематизировал и установил, когда и при каких условиях впервые проявились черты наднациональности, какова была динамика процесса продвижения к политическому союзу [4].

Следует отметить украинского исследователя данного вопроса доктора политических наук, профессора Дипломатической академии Украины при МИД Украины С.О. Шергина.

Из исследований, проводимых в странах АСЕАН, следует назвать публикации научных центров, ответственных работников секретариата АСЕАН.

Сингапурский Институт исследований Юго-Восточной Азии (Institute of Southeast Asian Studies, ISEAS) выпустил ряд работ, посвященных развитию Ассоциации. Бывший Генеральный секретарь АСЕАН Р. Северино в книгах «На пути к Сообществу безопасности АСЕАН» рассматривает аспекты политического сотрудничества государств-членов Ассоциации в сфере безопасности на пути к формированию Сообщества безопасности АСЕАН, о создании которого заявлено во второй Декларации согласия АСЕАН 2003 г. В работе «АСЕАН сегодня и завтра» он анализирует проблемы, с которыми столкнулась АСЕАН и которые могут возникнуть. Он дает свою оценку перспективам создания «Сообщества АСЕАН», считая цель реальной, а путь к ней не всегда гладким [1].

В сборнике «Разработка Хартии АСЕАН: предложения Института исследований Юго-Восточной Азии» (2005 г.), исследователи АСЕАН подробно излагают предложения для включения в будущий Устав [2]. Следует отметить, что проект Хартии оказался более четким по предлагавшимся санкциям, проблеме прав человека и демократизации, чем ее принятый вариант. В изданном на английском языке совместно с ISEAS сборнике ИМЭМО «Отношения АСЕАН – Россия» затрагиваются перспективы создания триединого «Сообщества АСЕАН» и некоторые аспекты внешней политики Ассоциации [3].

Важное место занимают издания Джакартского центра стратегических и международных исследований (Centre for Strategic and International Studies – CSIS), занимающегося политическим анализом. Среди сотрудников Центра крупнейшие индонезийские политологи, международники, историки, социологи, а также зарубежные специалисты в области общественных наук. Среди коллективных трудов ученых CSIS работа, в которой анализируется роль и место АСЕАН в региональной и международной политике и экономике, посвященную 20-летию Центра, основанного в 1971 г. В ней освещаются вопросы

сотрудничества государств АСЕАН — координация экспорта, взаимодействие на политическом уровне, усилия по реализации ЗОПФАН, участие в урегулировании камбоджийского кризиса, перспективы создания системы коллективной безопасности [4]. Этим проблемам посвящена работа руководителя CSIS Юсифа Вананди [5].

Изданная Куала-Лумпурским институтом международных отношений книга «АСЕАН на перепутье» представляет собой сборник статей известных ученых и политических деятелей как малазийских, так и зарубежных, в которых анализируются различные аспекты сотрудничества стран Ассоциации, прежде всего, экономического. В ней частично затронуты и отношения с различными контрагентами, в частности с ЕЭС. Значимость, придаваемая данному изданию подчеркивается тем, что вступительное слово к нему написано премьер-министром Малайзии М. Мохамадом [1].

В материалах проведенной в Ханое в 1998 г. международной конференции по вопросам превращения АСЕАН в сообщество динамично развивающихся равноправных и сотрудничающих государств, нашли отражение взаимоотношения стран — членов Ассоциации и некоторые аспекты ее внешней политики, отношения с участниками диалога [2].

Вьетнамский исследователь Чана Хьепа анализирует этапы развития АСЕАН от создания до 2000 г., показывает его роль в урегулировании региональных конфликтов и историю вступления государств Индокитая в Ассоциацию, опыт участия Вьетнама в АСЕАН [14]. Большое внимание развитию АСЕАН, месту в ней Сингапура уделено в книге Ли Куан Ю «Сингапурская история. Из «третьего мира» - в первый», написанной в виде мемуаров [14]. Из камбоджийских исследований следует отметить работы Ким Као Хорна, в которых отражена позиция Камбоджи в вопросе вступления в АСЕАН, уроки, опыт и проблемы, которые следует учитывать после превращения Ассоциации в АСЕАН — 10 [5].

При разработке триединого Сообщества АСЕАН и его социально-культурной составляющей разработчиками учитывались выводы и рекомендации коллективного исследования данной тематики в сборнике, посвященном асеановской идентичности в сфере развития и культуры, в котором отмечается важность межнационального общения, превращения Ассоциации из «межправительственной и чиновничьей» в сообщество народов стран ЮВА [6].

Отмечая растущее количество публикаций в странах АСЕАН, следует констатировать, что тема взаимоотношений с ЕС не находит комплексного освещения, особенно в свете разительных перемен на европейском континенте и чрезвычайно активной деятельностью АСЕАН на азиатском направлении. Из имеющихся в распоряжении диссертанта исследований по данной проблеме можно назвать лишь небольшую брошюру «Отношения между ЕС и АСЕАН. Прошлое, настоящее и будущее», изданную в 2000 г. Камбоджийским Институтом сотрудничества и мира.

Что же касается западных авторов, то необходимо назвать работу известного норвежского ученого, директора Нобелевского института Гая Лундестата «Восток, Запад, Север, Юг» Основные направления внешней политики 1945 – 1996 гг.», переведенную на русский язык и изданную в Москве [15]. В книге английского исследователя Питера Кальвокоресси «Мировая политика 1945–2000 гг.», также изданной в Москве, дан глубокий анализ процесса становления и расширения Евросоюза [8].

Самым широким и разнообразным вопросам асеановской интеграции посвящена книга японских исследователей, посвященная 20-летию АСЕАН [3], написанная коллективом специалистов Токийского института международных отношений, которые склонны рассматривать многие моменты истории АСЕАН под «японским» углом зрения, в которой основной упор сделан на политические и экономические аспекты интеграции и отношения Ассоциации с Японией, Китаем, США и СССР.

Проблеме урегулирования камбоджийского кризиса и роли в этом АСЕАН и ЕС посвящено исследование «Камбоджа и региональная стабильность. АСЕАН и конструктивная вовлеченность» [12]. Монография Д. Маккормика о политике Европейского союза [11] дает современное видение проблем европейской интеграции, их соотношение и приоритетность.

Говоря об исследованиях собственно внешней политики ЕС необходимо отметить монографии, которые формировали концептуальное представление автора об этом аспекте

европейской Интеграции, — «Глобальная Европа. Европейский Союз в мировой политике» и «Европейские глобальные связи. Европейское сообщество и межрегиональное сотрудничество» [6]. Специфическое видение через анализ механизмов Ассоциации преференциальной торговли официальной помощи развитию отношений европейцев со странами «третьего мира» представлено в книге «Европейское сообщество и развивающиеся страны» [7].

По своей структуре и системному характеру изложения эта работа, по мнению автора, остается лидером среди исследований по теме взаимодействия ЕС со странами «третьего мира».

К историографии следует отнести статьи научного характера в широко известных изданиях: «Азия и Африка сегодня», «Восток», «Международная жизнь», «Мировая экономика и международные отношения», «Полис», «Проблемы Дальнего Востока», «Эксперт», «ASEAN Review», «Asian Affairs», «Asia Magazine», «Asia Pacific Community», «Asian Perspective», «Asia Research Bulletin», «Asia week», «Asian Survey», «The Economist», «Far eastern Economic review», «Foreign Affairs», «Newsweek».

Важнейшую часть исследований данного вопроса составляют источники, которые условно можно поделить на три группы. Первую составляют официальные документы АСЕАН, решения ее саммитов и материалы конференций министров иностранных дел, которые составляют нормативно-правовую базу функционирования Ассоциации.

Во второй группе документы, касающиеся создания, реформирования, расширения и функционирования ЕЭС/ЕС. Все они переведены на русский язык. Особое внимание при написании статьи уделено анализу проекта конституции ЕС и Лиссабонского Договора о реформе ЕС от 06.12.07 и др. [5]

Своего рода «энциклопедией» и важнейшим путеводителем по запутанному лабиринту Европейской интеграции стало фундаментальное издание «Европейский Союз: основополагающие акты в редакции Лиссабонского договора с комментариями» (под ред. С.Ю. Кашкина), где дается высококвалифицированный полный перевод на русский язык основополагающих актов Европейского Союза в новейшей редакции, вытекающей из Лиссабонского договора («Договор о реформе» ЕС) от 13.12.07.

Данные документы позволили проанализировать основные вехи и этапы на пути как европейской, так и юго-восточно-азиатской интеграции, понять их особенности и специфику, сложный процесс, связанный с их расширением, приведшим к формированию к настоящему времени АСЕАН в составе 10 стран и ЕС – 27 стран.

Третью группу источников образуют совместные документы АСЕАН – ЕЭС до преобразования его в 1993 г. в Евросоюз, а также в последующий период взаимодействия и сотрудничества Ассоциации и ЕС, в том числе и в рамках АРФ, которое после первого саммита Азия – Европа (АСЕМ) в 1996 г. в Бангкоке идет как бы параллельно в более широком формате в рамках АСЕМ [1].

Выводы. Анализ этих документов позволил более точно и объективно оценить с позиций сегодняшнего дня основные направления взаимодействия двух ведущих интеграционных группировок и определить его возможные перспективы.

Отношения с ЕС занимают особое место в структуре международных связей АСЕАН, что обусловлено не только тем, что ЕС является одним из ключевых экономических партнеров Ассоциации, но и самой спецификой взаимодействия между двумя крупнейшими региональными интеграционными блоками.

Примечания:

1. 30 лет АСЕАН: Итоги и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции 24 сентября 1997 г. МГИМО(У). М., 1998.
2. АСЕАН в системе международных политических отношений. М., 1993.
3. АСЕАН в системе международных экономических отношений. М., 1994.
4. АСЕАН и ведущие страны АТР: проблемы и перспективы. Сборник статей. М., 2002.
5. Бектимирова Н.Н., Селиванов И.Н. Королевство Камбоджа: политическая история (1953–2002). М., 2002.

6. Внешнеэкономические связи стран Юго-Восточной Азии. М., 1980; Юго-Восточная Азия. М., 1983.
7. Восток – Запад. Региональные подсистемы и региональные проблемы международных отношений: Учеб. пособие / Под ред. М. Воскресенского. М., 2002.
8. Документы, учреждающие Европейские сообщества. Документы Европейского Союза. Т.1. М., 1994.
9. Западноевропейская интеграция: проекты и реальность / Под ред. В.Б. Княжинского, М., 1986.
10. Кальвокорресси П. Мировая политика 1945–2000 / Пер. с англ., М., 2003.
11. Ключковский Л.Л. Общий рынок и страны Юго-Восточной Азии. М., 1966.
12. Кобелев Е.В., Малетин Н.П., Чан Куок Нгуен. Вьетнам в системе международных отношений / МГИМО. М., 1995.
13. Костюнина Г.М. Азиатско-Тихоокеанская экономическая интеграция, М., 2002
14. Ли Куан Ю. Сингапурская история. Из «третьего мира» – в первый М., 2005.
15. Лундестаг Г. Восток, Запад, Север, Юг. Основные направления международной политики, перевод с английского. М., 2002.
16. Мазырин В.М. Современный Вьетнам: реформы, обновления, модернизация (1986–1997). М., 1999.
17. Малетин Н.П. АСЕАН в системе международных отношений / МГИМО. М., 1982.
18. Малетин Н.П. АСЕАН: Три десятилетия внешней политики (1967–1997). М., 1999.
19. Малетин Н.П. АСЕАН: четыре десятилетия развития / МГИМО(У). М., 2007.
20. Малетин Н.П. Внешняя политика Камбоджи. МГИМО. М., 2004.
21. Михеев В.В. Глобализация и азиатский регионализм. Выводы для России. М., 2001.
22. Мосяков Д.В., Тюрин В.А. История Юго-Восточной Азии. М., 2004.
23. Плеханов Ю.А., Рогожин А.А. Экономика и политика стран АСЕАН. М., 1985.
24. Расширение ЕС и Россия / Под ред. О.В. Буториной. М., 2006.
25. Самойленко В.В. АСЕАН: политика и экономика. М., 1982.
26. Современные международные отношения и мировая политика. Учебник / МГИМО(У); Под ред. А.В. Торкунова. М., 2004.
27. Соловьев Б.А., Фетуни Л.А. Экономическая политика империализма в Азии. М., 1979.
28. Тексты итоговых документов саммитов АСЕМ [Электронный ресурс] URL:www.asemifoboard.org
29. Хальдин М.А. АСЕАН без иллюзий. М., 1983.
30. Хан Хьеп. История Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН) 1967–2000 гг. М., 2002.
31. Хохлов И.И. Наднациональность в политике Европейского Союза. М., 2007.
32. Чан Хьеп. История Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН) 1967–2000 гг. М., 2002.
33. Чуфрин Г.И., Подберезский И.В. Становление региона: интеграционные процессы в Юго-Восточной Азии. М., 1989.
34. Чуфрин Г.И. Амиров В.Б. Восточная Азия: между регионализмом и глобализмом. М., 2004.
35. ASEAN in a Changed Regional and International Political Economy. The Center for strategic and International Studies, Jakarta, 1995.

References:

1. 30 let ASEAN: Itogi i perspektivy. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii 24 sentyabrya 1997 g. MGIMO(U). М., 1998. (In rus.)
2. ASEAN v sisteme mezhdunarodnykh politicheskikh otnoshenii. М., 1993. (In rus.)
3. ASEAN v sisteme mezhdunarodnykh ekonomicheskikh otnoshenii. М., 1994. (In rus.)
4. ASEAN i vedushchie strany ATR: problemy i perspektivy. Sbornik statei. М., 2002. (In rus.)
5. Bektimirova N.N., Selivanov I.N. Korolevstvo Kambodzha: politicheskaya istoriya (1953–2002). М., 2002. (In rus.)

6. Vneshneekonomicheskie svyazi stran Yugo-Vostochnoi Azii. M., 1980; Yugo-Vostochnaya Aziya. M., 1983. (In rus.)
7. Vostok – Zapad. Regional'nye podsistemy i regional'nye problemy mezhdunarodnykh otnoshenii: Ucheb. posobie / Pod red. M. Voskresenskogo. M., 2002. (In rus.)
8. Dokumenty, uchrezhdayushchie Evropeiskie soobshchestva. Dokumenty Evropeiskogo Soyuz. T.I. M., 1994. (In rus.)
9. Zapadnoevropeiskaya integratsiya: proekty i real'nost' / Pod red. V.B. Knyazhinskogo, M., 1986. (In rus.)
10. Kal'vokressi P. Mirovaya politika 1945–2000 / Per. s angl., M., 2003. (In rus.)
11. Klochkovskii L.L. Obshchii rynek i strany Yugo-Vostochnoi Azii. M., 1966. (In rus.)
12. Kobelev E.V., Maletin N.P., Chan Kuok Nguen. V'etnam v sisteme mezhdunarodnykh otnoshenii / MGIMO. M., 1995. (In rus.)
13. Kostyunina G.M. Aziatsko-Tikhookeanskaya ekonomicheskaya integratsiya, M., 2002. (In rus.)
14. Li Kuan Yu. Singapurskaya istoriya. Iz «tret'ego mira» – v pervyi M., 2005. (In rus.)
15. Lundestad G. Vostok, Zapad, Sever, Yug. Osnovnye napravleniya mezhdunarodnoi politiki, perevod s angliiskogo. M., 2002. (In rus.)
16. Mazyrin V.M. Sovremenniy V'etnam: reformy, obnovleniya, modernizatsiya (1986–1997). M., 1999. (In rus.)
17. Maletin N.P. ASEAN v sisteme mezhdunarodnykh otnoshenii / MGIMO. M., 1982. (In rus.)
18. Maletin N.P. ASEAN: Tri desyatiletiya vneshnei politiki (1967–1997). M., 1999. (In rus.)
19. Maletin N.P. ASEAN: chetyre desyatiletiya razvitiya / MGIMO(U). M., 2007. (In rus.)
20. Maletin N.P. Vneshnyaya politika Kambodzhi. MGIMO. M., 2004. (In rus.)
21. Mikheev V.V. Globalizatsiya i aziatskii regionalizm. Vyvody dlya Rossii. M., 2001. (In rus.)
22. Mosyakov D.V., Tyurin V.A. Istoriya Yugo-Vostochnoi Azii. M., 2004. (In rus.)
23. Plekhanov Yu.A., Rogozhin A.A. Ekonomika i politika stran ASEAN. M., 1985. (In rus.)
24. Rasshirenie ES i Rossiya / Pod red. O.V. Butorinoi. M., 2006. (In rus.)
25. Samoilenko V.V. ASEAN: politika i ekonomika. M., 1982. (In rus.)
26. Sovremennye mezhdunarodnye otnosheniya i mirovaya politika. Uchebnik / MGIMO(U); Pod red. A.V. Torkunova. M., 2004. (In rus.)
27. Solov'ev B.A., Fetuni L.A. Ekonomicheskaya politika imperializma v Azii. M., 1979. (In rus.)
28. Teksty itogovykh dokumentov sammitov ASEM [Elektronnyi resurs] URL:www.asemifoboard.org (In rus.)
29. Khal'din M.A. ASEAN bez illyuzii. M., 1983. (In rus.)
30. Khan Kh'ep. Istoriya Assotsiatsii gosudarstv Yugo-Vostochnoi Azii (ASEAN) 1967–2000 gg. M., 2002. (In rus.)
31. Khokhlov I.I. Nadnatsional'nost' v politike Evropeiskogo Soyuz. M., 2007. (In rus.)
32. Chan Kh'ep. Istoriya Assotsiatsii gosudarstv Yugo-Vostochnoi Azii (ASEAN) 1967–2000 gg. M., 2002. (In rus.)
33. Chufrin G.I., Podberezskii I.V. Stanovlenie regiona: integratsionnye protsessy v Yugo-Vostochnoi Azii. M., 1989. (In rus.)
34. Chufrin G.I., Amirov V.B. Vostochnaya Aziya: mezhdunarodnyy regionalizm i globalizm. M., 2004. (In rus.)
35. ASEAN in a Changed Regional and International Political Economy. The Center for strategic and International Studies, Jakarta, 1995.

УДК 93

**АСЕМ как инструмент взаимодействия АСЕАН и ЕС:
историография вопроса**

София Валентиновна Жеребчук

Дипломатическая академия Украины при МИД Украины, Украина
аспирант
E-mail: JominieS@yandex.by

Аннотация. В статье сделана попытка анализа историографии и источников, посвященных вопросу сотрудничества АСЕАН и ЕС. Также дана характеристика особенностей двухстороннего взаимодействия указанных интеграционных группировок. Отношения с ЕС занимают особое место в структуре международных связей АСЕАН, что обусловлено не только тем, что ЕС является одним из ключевых экономических партнеров Ассоциации, но и самой спецификой взаимодействия между двумя крупнейшими региональными интеграционными блоками. Анализ документов позволил более точно и объективно оценить с позиций сегодняшнего дня основные направления взаимодействия двух ведущих интеграционных группировок и определить его возможные перспективы.

Ключевые слова: АСЕАН; ЕС; АСЕМ; Индонезия; сотрудничество.