

# ВЕСТНИК КЕМЕРОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Журнал теоретических и прикладных исследований  
Издается с 1999 г.

2015 № 2 (62) Т. 1

*Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» Высшей аттестационной комиссии*

---

## УЧРЕДИТЕЛЬ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет»

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

*Волчек В. А.* – д-р ист. наук, проф., ректор КемГУ (Кемерово, Россия) – председатель совета.  
*Аникин А. Е.* – д-р филол. наук, чл.-корр. РАН, Институт филологии РАН (Новосибирск, Россия).  
*Бабиц М.* – д-р юр. наук, проф. Бания-Лукского университета (Бания Лука, Респ. Сербская, Босния и Герцеговина).  
*Дружинин В. Г.* – д-р биол. наук, проф., проректор по научной работе КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Захаров Ю. А.* – д-р хим. наук, проф., чл.-корр. РАН, зав. кафедрой химии твердого тела КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Конторович А. Э.* – д-р геол.-минерал. наук, академик РАН, председатель Президиума Кемеровского научного центра СО РАН (Новосибирск, Россия).  
*Кремер Р.* – д-р, проф. Потсдамского университета, главный редактор журнала «Welttrends» (Потсдам, Германия).  
*Лаврик О. И.* – д-р хим. наук, чл.-корр. РАН, Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (Новосибирск, Россия).  
*Милошевич Х.* – д-р техн. наук, проф. факультета математических наук и информационных технологий Сербского университета (Косовска Митровица, Сербия).  
*Молодин В. И.* – д-р истор. наук, академик РАН, Институт археологии и этнографии СО РАН (Новосибирск, Россия).  
*Пихица П. В.* – Ph. D., с.н.с. Сеульского национального университета (Сеул, Южная Корея).  
*Суслов В. И.* – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (Новосибирск, Россия).  
*Чистякова С. Н.* – д-р пед. наук, чл.-корр. РАО, академик-секретарь РАО (г. Москва, Россия).  
*Шокин Ю. И.* – д-р физ.-мат. наук, академик РАН, Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск, Россия).  
*Юревич А. В.* – д-р психол. наук, чл.-корр. РАН, Институт психологии РАН (Москва, Россия).

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*Дружинин В. Г.* – д-р биол. наук, проф., гл. редактор, КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Невзоров Б. П.* – д-р пед. наук, проф., отв. редактор, КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Митько Н. В.* – зам. директора науч. библиотеки, отв. редактор, КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Араева Л. А.* – д-р филол. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Бобров В. В.* – д-р ист. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Гаврилов С. О.* – д-р ист. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Гудов А. М.* – д-р физ.-мат. наук, доц., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Данилов Н. Н.* – д-р физ.-мат. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Зильбер Б. И.* – д-р физ.-мат. наук, проф., Институт Математики Оксфордского Университета (Оксфорд, Великобритания).  
*Исмаилов З. Р.* – д-р хим. наук, проф., чл.-корр. РАН, ИУХМ СО РАН (Кемерово, Россия).  
*Клочко В. Е.* – д-р психол. наук, проф., НИ ТГУ (Томск, Россия).  
*Лушикова Г. И.* – д-р филол. наук, проф., КГУ (Ялта, Россия).  
*Мороз А. А.* – д-р хим. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Овчинников В. А.* – д-р ист. наук, проф., КРИПО (Кемерово, Россия).  
*Поплавной А. С.* – д-р физ.-мат. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Проскурин С. Г.* – д-р филол. наук, проф., НГУ (Новосибирск, Россия).  
*Серый А. В.* – д-р психол. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Тюпа В. И.* – д-р филол. наук, проф., РГГУ (Москва, Россия).  
*Щенников В. П.* – д-р филос. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).  
*Яницкий М. С.* – д-р психол. наук, проф., КемГУ (Кемерово, Россия).

# BULLETIN OF KEMEROVO STATE UNIVERSITY

Journal of theoretical and applied research  
Founded in 1999

2015 № 2 (62) Vol. 1

*The Bulletin is included into the "List of leading peer-reviewed journals and issues" which should publish main research results of Doctor's and Candidate's theses by the Higher Attestation Commission*

---

## FOUNDER:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Kemerovo State University

## EDITORIAL ADVISORY BOARD:

*V. A. Volchek* – Dr. of History, Prof., Rector of Kemerovo State University (Kemerovo, Russia) – Chair.

*A. E. Anikin* – Dr. of Philology, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Philology of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).

*M. Babic* – Dr. of Law, Prof. at Banja Luka University (Banja Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina).

*V. G. Druzhinin* – Dr. of Biology, Vice-Rector for Science of Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*Yu. A. Zakharov* – Dr. of Chemistry, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Chemistry of Solids of Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*Al. E. Kontorovich* – Dr. of Geography and Mineralogy, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Presidium of Kemerovo Scientific Centre of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Kemerovo, Russia).

*R. Kraemer* – Dr., Prof. at Potsdam University, Editor-In-Chief of *WeltTrends Journal* (Potsdam, Germany).

*O. I. Lavrik* – Dr. of Chemistry, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).

*H. Milosevic* – Dr. of Technical Science, Prof. at the Faculty of Mathematical Science and Information Technology, Serbian University (Kosovska Mitrovica, Serbia).

*V. I. Molodin* – Dr. of History, Institute of Archeology and Ethnography of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).

*P. V. Pikhitsa* – Ph.D., senior researcher at Seoul National University (Seoul, South Korea).

*V. I. Suslov* – Dr. of Economics, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).

*S. N. Chistyakova* – Dr. of Pedagogic, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, Academic Secretary of the RAE (Moscow, Russia).

*Yu. I. Shokin* – Dr. of Physics and Mathematics, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Computational Technologies of the Siberian Branch of the RAS (Novosibirsk, Russia).

*A. V. Yurevich* – Dr. of Psychology, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Psychology of the RAS (Moscow, Russia).

## EDITORIAL BOARD:

*V. G. Druzhinin* – Dr. of Biology, Prof., Editor-in-Chief – Chair, Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*B. P. Nevzorov* – Dr. of Pedagogic, Prof., Executive Editor, Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*N. V. Mitko* – Deputy Director of Scientific Library, Executive Editor Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*L. A. Araeva* – Dr. of Philology, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*V. V. Bobrov* – Dr. of History, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*S. O. Gavrilov* – Dr. of History, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*A. M. Gudov* – Dr. of Physics and Mathematics, Associate Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*N. N. Danilov* – Dr. of Physics and Mathematics, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*B. I. Zilber* – Dr. of Physics and Mathematics, Prof. of Mathematical Logic, Mathematical Institute, University of Oxford (Oxford, England).

*Z. R. Ismagilov* – Dr. of Chemistry, Prof., Institute of Coal Chemistry and Materials Chemistry at the Siberian Branch of RAS (Kemerovo, Russia).

*V. E. Klochko* – Dr. of Psychology, Prof., National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia).

*G. I. Lushnikova* – Dr. of Philology, Prof., Crimean University for the Humanities (Yalta, Russia).

*A. A. Moroz* – Dr. of Chemistry, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*V. A. Ovchinnikov* – Dr. of History, Prof., Kuzbass Regional Institute for Professional Education Development (Kemerovo, Russia).

*A. S. Poplavnoy* – Dr. of Physics and Mathematics, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*S. T. Proskurin* – Dr. of Philology, Prof., Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russia).

*A. V. Seriy* – Dr. of Psychology, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*V. I. Tyupa* – Dr. of Philology, Prof., Russian State University for the Humanities (Moscow, Russia).

*V. P. Shchennikov* – Dr. of Philosophy, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*M. S. Yanitskiy* – Dr. of Psychology, Prof., Kemerovo State University (Kemerovo, Russia).

*Журнал издается по решению редакционно-издательского совета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет».*

Выходит 1 раз в квартал

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации: ПИ ФС77-40023 от 04.06.2010 г.

Адрес редакции:  
650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, к. 2125.  
Тел.: (3842) 58-13-01  
Факс: (3842)58-44-03  
E-mail: [vestnik@kemsu.ru](mailto:vestnik@kemsu.ru)  
Адрес сайта:  
<http://vestnik.kemsu.ru>

Адрес учредителя:  
650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6.  
Тел.: 8(3842) 58-28-39  
Факс: 8(3842)58-12-26  
E-mail: [rector@kemsu.ru](mailto:rector@kemsu.ru)

Подписной индекс:  
Объединенный каталог «Пресса России» – 42150

Журнал представлен в открытом доступе на сайте Российской универсальной научной электронной библиотеки и включен в реферативную базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).  
<http://elibrary.ru>

Ни одна из частей журнала либо издание в целом не могут быть перепечатаны без письменного разрешения авторов или издателя.

*Printed by the decision of Scientific Editorial Publishing Council of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Kemerovo State University*

Issued once a quarter

The Journal is registered in the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)

Certificate of registration: ПИ ФС77-40023 of 04.06.2010

Editorial Office Address:  
650043, Kemerovo, 6 Krasnaya St., room 2125.  
Tel.: 8 (3842) 58-13-01  
Fax: 8 (3842) 58-44-03  
E-mail: [vestnik@kemsu.ru](mailto:vestnik@kemsu.ru)  
Web-site:  
<http://vestnik.kemsu.ru>

Founder Address:  
650043, Kemerovo, 6 Krasnaya St.  
Tel.: (3842) 58-28-39  
Fax: (3842)58-12-26  
E-mail: [rector@kemsu.ru](mailto:rector@kemsu.ru)

Subscription indices:  
42150 – in the United catalogue "The Press of Russia"

Free access to the Journal is provided at the website of the Russian Universal Scientific Electronic Library. The Journal is included into the database of the "Russian Science Citation Index" <http://elibrary.ru>.

No part of the Journal can be republished without the permission of the authors or the publisher.

## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

## МАТЕМАТИКА

- 6 **Андреев А. Н.** Моделирование процессов теплопроводности в однонаправлено армированных композитных средах
- 11 **Васильев М. Д., Трофимцев Ю. И.** Модель охраняемой популяции при наличии конкуренции на биллокальном ареале
- 22 **Гудов А. М., Завозкин С. Ю., Григорьева И. В., Бондарева Л. В., Окулов Н. Н.** Научно-исследовательский программный web-инструментарий для решения задач экологии угольного региона
- 30 **Долгов Д. А., Захаров Ю. Н.** Моделирование движения вязкой неоднородной жидкости в крупных кровеносных сосудах
- 35 **Милошевич Х., Захаров Ю. Н., Контрец Н., Зимин А. И., Нуднер И. С., Рагулин В. В.** Об одной модели размыва связного грунта и движения поверхностных волн
- 41 **Насыров А. А.** Моделирование процесса наполнения «купола-сепаратора», предназначенного для ликвидации нефтегазовых выбросов в зоне морского дна
- 46 **Толстых В. А.** О группах автоморфизмов бесконечно-порожденных свободных абелевых групп

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 48 **Басалаев Ю. М., Поплавной А. С.** Электронное строение и химическая связь в супертвердом  $\text{sp-BC}_2\text{N}$
- 53 **Иванова Н. В., Халфина П. Д., Дикунцова Т. В.** Возможности метода вольтамперометрии в исследовании ионообменных свойств и кислородной проницаемости материалов для мягких контактных линз
- 57 **Каленский А. В., Никитин А. П., Ананьева М. В.** Расчет коэффициентов эффективности поглощения наночастиц алюминия на длине волны 690 нм
- 61 **Кригер В. Г., Журавлев П. Г., Балыков Д. В., Колмогорова О. Н., Боровикова А. П.** Электронно-дырочные процессы в азиде серебра
- 65 **Насонова М. В., Ходыревская Ю. И., Немойкина А. Л., Михайленко М. Ю., Кудрявцева Ю. А.** Оптимизация сроков деградации и физико-механических свойств противоспаечных мембран на основе биodeградируемых полимеров

## ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ И АРХЕОЛОГИЯ

- 70 **Звягин С. П., Макаrchук С. В.** А. П. Морозов: судьба сибирского юриста в меняющейся России начала первой четверти XX в.

## MATHEMATICS

- 6 **A. N. Andreev.** Modelling the thermal conductivity processes in unidirectionally reinforced composite environments
- 11 **M. D. Vasilyev, Yu. I. Trofimtsev.** The model of protected population with competition at a bilocal areal
- 22 **A. M. Gudov, S. Yu. Zavozkin, I. V. Grigorieva, L. V. Bondareva, N. N. Okulov.** Knowledge-intensive software web-tools for solving the problems of the coal region ecology
- 30 **D. A. Dolgov, Yu. N. Zakharov.** Modelling of viscous inhomogeneous fluid flow in large blood vessels
- 35 **H. Miloshevich, Yu. N. Zakharov, N. Kontrec, A. I. Zimin, I. S. Nudner, V. V. Ragulin.** A model of cohesive soil erosion and surface wave motion
- 41 **A. A. Nasyrov.** Modelling of filling the 'dome-separator' intended for elimination of oil and gas emissions in the seabed zone
- 46 **V. A. Tolstykh.** On the groups of the infinitely generated free abelian groups automorphisms

## CHEMISTRY

- 48 **Yu. M. Basalaev, A. S. Poplavnoi.** Electronic structure and chemical bonding in superhard  $\text{sp-BC}_2\text{N}$
- 53 **N. V. Ivanova, P. D. Khalfina, T. V. Dikunova.** Voltammetric study of ion-exchange properties and oxygen permeability of the materials for soft contact lenses
- 57 **A. V. Kalenskii, A. P. Nikitin, M. V. Ananyeva.** Calculation of aluminium nanoparticles absorptivity at the wavelength of 690 nm
- 61 **V. G. Kriger, P. G. Zhuravlev, D. V. Balykov, O. N. Kolmogorova, A. P. Borovikova.** Electron-hole processes in silver azide
- 65 **M. V. Nasonova, Yu. I. Hodyrevskaya, A. L. Nemoykina, M. Yu. Mikhaylenko, Yu. A. Kudryavtseva.** Optimization of physical, mechanical and degradation properties for biodegradable anti-adhesive membranes

## HISTORICAL SCIENCE AND ARCHAEOLOGY

- 70 **S. P. Zvyagin, S. V. Makarchuk.** A. P. Morozov: the fate of the Siberian lawyer in the changing Russia in the early first quarter of the 20<sup>th</sup> century

- 74 **Коломейцева М. А.** Бытовая культура донского крестьянства во второй половине XIX века (поселения и жилища)
- 78 **Мартынов А. И., Утубаев Ж. Р.** Памятники древней оседло-земледельческой культуры Восточного Приаралья
- 84 **Наумова Н. И.** Бухарский эмират, Хивинское ханство и Урянхайский край в политике колчаковского правительства
- 88 **Тулущ С. С.** Создание системы подготовки учительских кадров в Тувинской автономной области (1944 – 1961 гг.)

## ЯЗЫКОЗНАНИЕ

- 93 **Андреева М. И.** Модификации семантики фразеологического эмотива в дискурсе (на примере фразеологической единицы *a (big) girl's blouse*)
- 99 **Валиулина С. В.** Языковая репрезентация молчания в невербальном дискурсе
- 103 **Серова Л. Ф.** Игра слов в коммерческих эргонимах (на материале французского языка)
- 107 **Чертыкова М. Д.** Объектные распространители в конструкциях с ментальными глаголами в Хакасском и Алтайском языках

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- 112 **Борисенко Ю. В.** К вопросу о личностных детерминантах родительства: отцовство и маскулинность
- 119 **Казин Э. М., Федоров А. И., Свиридова И. А., Шинкаренко А. С., Аверьянова Н. В., Любченко С. А., Максимова Т. Ю.** Возрастные и типологические особенности адаптации школьников в условиях действия учебных и социально-оздоровительных факторов
- 125 **Клейберг Ю. А.** Креативная девиантология: опыт амплификации
- 130 **Мантикова А. В.** Исследование психологической эффективности тренинга коммуникативных навыков у старших подростков
- 135 **Мороденко Е. В., Медовикова Е. А.** Анализ социально-психологического климата трудового коллектива на предприятиях угольной промышленности Кемеровской области
- 138 **Ярышева А. А., Ланина Е. М.** Формирование профессиональной идентичности у подростков с нарушением интеллекта
- 142 Правила для авторов журнала
- 144 Подписка на журнал «Вестник КемГУ»

- 74 **M. A. Kolomeytseva.** The mode of life of the Don peasantry in the second half of the 19<sup>th</sup> century (settlements and dwellings)
- 78 **A. I. Martynov, Zh. R. Utubaev.** Sites of the settled farming culture of the Eastern Aral Sea region
- 84 **N. I. Naumova.** The Khanate of Bukhara, Khiva and Uryankhay Kray in Kolchak's government policy
- 88 **S. S. Tulush.** The creation of the system of training teaching staff in Tuva Autonomous Region (1944 – 1961)

## LINGUISTICS

- 93 **M. I. Andreeva.** Semantic modifications of phraseological emotive in discourse (exemplified by the phraseological unit *'a (big) girl's blouse'*)
- 99 **S. V. Valiulina.** Language representation of silence in non-verbal discourse
- 103 **L. F. Serova.** Puns in commercial ergonims (in the French language)
- 107 **M. D. Chertykova.** Objects in constructions with mental verbs in the Khakass and Altai languages

## PSYCHOLOGICAL SCIENCE

- 112 **Yu. V. Borisenko.** To the question of personality determinants of parenting: fathering and masculinity
- 119 **E. M. Kazin, A. I. Fedorov, I. A. Sviridova, A. S. Shinkarenko, N. V. Averianova, S. A. Lyubchenko, T. Yu. Maximova.** Age and typological features of school students' adaptation in terms of educational and social health factors
- 125 **Yu. A. Klayberg.** Creative deviantology: experience of amplification
- 130 **A. V. Mantikova.** The research of the psychological effectiveness of training communicative skills in teenagers
- 135 **E. V. Morodenko, E. A. Medovikova.** The analysis of the socio-psychological climate in the working staff of coal industry enterprises of Kemerovo Region
- 138 **A. A. Yarysheva, E. M. Lanina.** Professional identity formation in teenagers with intellectual disability
- 142 Information and instructions for authors
- 144 Subscribe to Bulletin of KemSU

## МАТЕМАТИКА

УДК 539.411

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ  
В ОДНОНАПРАВЛЕННО АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТНЫХ СРЕДАХ

А. Н. Андреев

MODELLING THE THERMAL CONDUCTIVITY PROCESSES  
IN UNIDIRECTIONALLY REINFORCED COMPOSITE ENVIRONMENTS

A. N. Andreev

Представлена структурная математическая модель теплопроводности однонаправленно армированного слоя, в рамках которой построены эффективные теплофизические и механические характеристики волокнистых композитов. Существенно новым элементом предлагаемой модели является проведение процедуры осреднения теплового потока по представительному объему двухкомпонентного композитного материала в соответствии с законом Рихмана о теплообмене, происходящем между телами, находящимися в соприкосновении, а не на основе правила простых смесей, как это обычно принято.

The paper presents a structural mathematical model of thermal conductivity of the unidirectionally reinforced layer; effective thermal and mechanical properties of fiber composites are constructed within the model. The essentially new element of the proposed model is the procedure of averaging the heat flux of the representative volume of the two-component composite material in accordance with the Richman law of heat exchange, rather than with the rule of mixtures, as it is usually done.

**Ключевые слова:** теплопроводность, структурная модель, волокнистый композит.

**Keywords:** thermal conductivity, structural model, fiber composite.

### 1. Основные допущения

Изложение структурной модели теплопроводности однонаправленно армированных волокнистых композитов здесь следует, в основном, материалам монографии [1]. Принимаются следующие допущения [1; 2; 10; 13; 12; 11; 14; 19].

1. Полиармированный слой представляет собой упругое изотропное однородное связующее, в которое

внедрена регулярная сеть однонаправленных упругих изотропных армирующих волокон.

2. Число армирующих волокон достаточно велико, так, что полиармированный слой можно считать квазиоднородным. Представительный элемент полиармированного слоя показан на рис. 1.

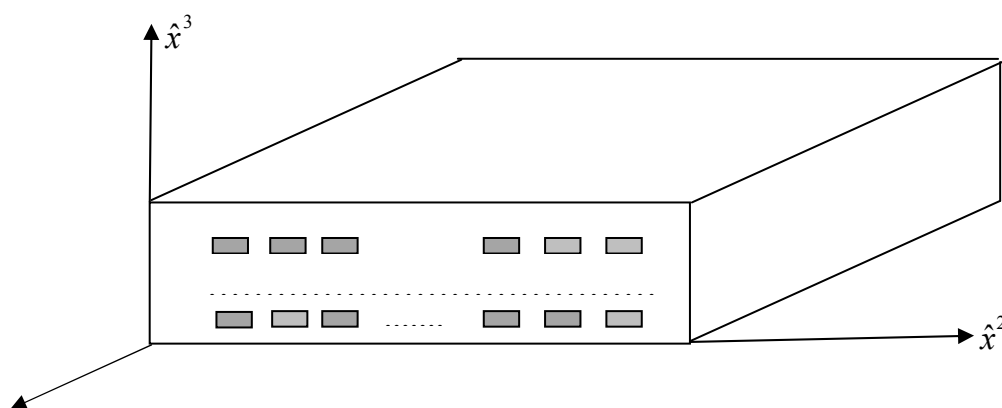


Рис. 1. Представительный элемент полиармированного слоя

3. Градиенты внешних силовых и тепловых полей “не слишком велики” так, что изменением характеристик теплового поля и напряженно-деформированного состояния в пределах представительного объема можно пренебречь.

4. В каждой из фаз композиции связь между вектором теплового потока и градиентом температуры следует линейному закону теплопроводности Фурье [15]:

$$\Theta_n = -\lambda_n \nabla T_n. \quad (1.2)$$

Здесь  $\Theta_n$ ,  $\lambda_n$ ,  $T_n$  – вектор теплового потока, коэффициент линейной теплопроводности, температура связующего ( $n = c$ ) и армирующих элементов ( $n = a$ ) соответственно,  $\nabla$  – оператор Гамильтона.

5. Армирующие волокна имеют прямоугольное поперечное сечение и находятся в условиях идеального контакта со связующим. Вектор напряжений на поверхности  $\Gamma$  раздела фаз гетерогенной сплошной среды непрерывен при переходе через нее, а поле температур удовлетворяет на этой поверхности условиям идеального теплового контакта [3; 17]:

$$T_a = T_c, \quad \lambda_a \frac{\partial T_a}{\partial \mathbf{v}} = \lambda_c \frac{\partial T_c}{\partial \mathbf{v}}. \quad (1.3)$$

Здесь  $\mathbf{v}$  – вектор единичной нормали к поверхности  $\Gamma$ . Локальными эффектами термоупругого напряженно-деформированного состояния вблизи таких поверхностей пренебрегаем.

6. Осреднение температуры по представительному объему двухкомпонентного композитного материала осуществляем в соответствии с законом Г. В. Рихмана [7; 18]. Согласно этому закону, если несколько тел с различными температурами привести в соприкосновение, то между ними произойдет теплообмен, приводящий к выравниванию температуры. Причем, если  $c_1$ ,  $m_1$ ,  $T_1$  – удельная массовая теплоемкость, масса, температура первого тела, а  $c_2$ ,  $m_2$ ,  $T_2$  – аналогичные характеристики второго тела, то конечная температура  $T$  обоих тел вычисляется по формуле Г. В. Рихмана [7; 18]:

$$T = \frac{c_1 m_1}{c_1 m_1 + c_2 m_2} T_1 + \frac{c_2 m_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} T_2. \quad (1.4)$$

7. Осреднение по представительному объему вектора плотности теплового потока осуществляем по правилу, аналогичному (1.4):

$$\Theta = \frac{c_1 m_1}{c_1 m_1 + c_2 m_2} \Theta_1 + \frac{c_2 m_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} \Theta_2. \quad (1.5)$$

8. Осредненные по представительному объему вектор плотности теплового потока  $\Theta$  и температура  $T$  следуют линейному закону теплопроводности Фурье для анизотропной среды.

## 2. Теплопроводность однонаправлено армированного слоя

Переходим к определению удельной теплоемкости армированной среды и компонент тензора ее линейной теплопроводности. Формулами  $\omega = d/dl$ ,  $\omega_z = \delta/h$  (рис. 2) вводим структурные параметры армирования – интенсивность армирования в плоскости слоя ( $\omega$ ) и по его высоте ( $\omega_z$ ). Оси вспомогательной декартовой системы координат  $\hat{x}^1$ ,  $\hat{x}^2$ ,  $\hat{x}^3 = z$  вводим как показано на рис 1, 2. Величины, относящиеся к связующему, отмечаем индексом "с", к армирующим элементам – индексом "а", средние характеристики армирующего слоя заключаем в угловые скобки.

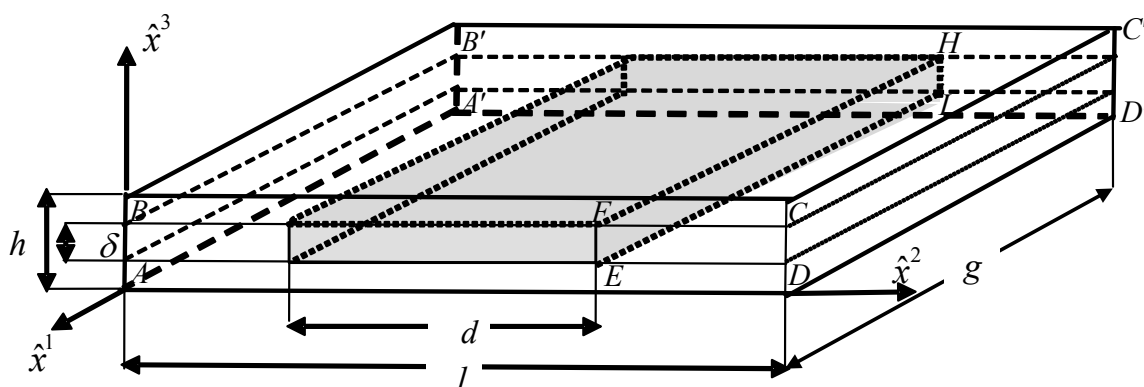


Рис. 2. Представительный элемент армированного слоя

Плоскостями  $AA'D'D$  и  $BB'C'C$ , параллельными плоскостям слоя (рис. 2, рис. 3), выделим из представительного элемента армированной среды параллелепипед  $ABCD A'B'C'D'$ . Этот параллеле-

пипед, содержащий армирующее волокно (закрашено), назовем представительным элементом армирующего слоя (рис. 3) и вначале рассмотрим его средние характеристики.

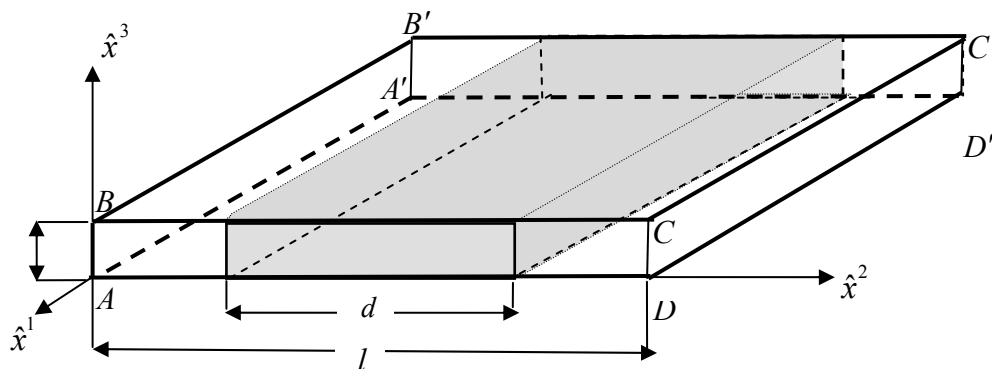


Рис. 3. Представительный элемент армирующего слоя

Начнем с определения приведенной удельной массовой  $\langle c_{em} \rangle$  и удельной объемной  $\langle c_\varepsilon \rangle$  теплоемкостей представительного элемента армирующего слоя при отсутствии деформаций. Удельная массовая теплоемкость  $C$  однородного изотропного вещества определяется по формуле [4; 6; 8; 9; 16]:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T}. \quad (2.1)$$

Здесь  $Q$  – количество теплоты, полученное образцом вещества при нагреве (или выделившееся при охлаждении),  $m$  – масса этого образца,  $\Delta T$  – приращение температуры. Осуществляя в физических испытаниях измерения в условиях отсутствия деформаций образца, получаем из (2.1) значение удельной массовой теплоемкости  $C_{em}$ , а при отсутствии напряжений (реализация такого испытания существенно проще) – значение удельной массовой теплоемкости  $C_{om}$ . Между теплоемкостями  $C_{em}$  и  $C_{om}$  существует функциональная зависимость [5; 6], позволяющая свести вычисления одной из них к вычислению другой.

Определяя количество теплоты  $\langle Q \rangle$ , полученное веществом квазиоднородного представительного элемента армирующего слоя, и его приведенную объемную плотность  $\langle \rho \rangle$  по формулам:

$$\langle Q \rangle = Q_a + Q_c, \quad \langle \rho \rangle = \omega \rho_a + (1 - \omega) \rho_c, \quad (2.2)$$

находим из (2.1), (2.2) выражения для приведенной массовой теплоемкости  $\langle c_{em} \rangle$  и объемной теплоемкости  $\langle c_\varepsilon \rangle$

$$\langle c_{em} \rangle = \frac{\omega \rho_a}{\langle \rho \rangle} c_{em}^a + \frac{(1 - \omega) \rho_c}{\langle \rho \rangle} c_{em}^c, \quad (2.3)$$

$$\langle c_\varepsilon \rangle = \omega \rho_a c_{em}^a + (1 - \omega) \rho_c c_{em}^c.$$

В (2.2), (2.3)  $\rho_a, c_{em}^a$  и  $\rho_c, c_{em}^c$  – объемные плотности и удельные массовые теплоемкости мате-

риалов армирующих элементов ( $a$ ) и связующего ( $c$ ).

Используя характеристики (2.3) и заключая в угловые скобки величины, осредненные по представительному элементу армирующего слоя, выводим из (1.4), (1.5):

$$\begin{aligned} \nabla \langle T \rangle &= \bar{\omega} \nabla T_a + (1 - \bar{\omega}) \nabla T_c, \\ \langle \Theta \rangle &= \bar{\omega} \Theta_a + (1 - \bar{\omega}) \Theta_c, \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\bar{\omega} = \frac{c_\varepsilon^a \rho_a}{\langle c_\varepsilon \rangle} \omega.$$

Записывая (2.4) в развернутой скалярной форме и принимая во внимание (1.2), приходим к зависимостям

$$\begin{aligned} \nabla_1 \langle T \rangle &= \bar{\omega} \nabla_1 T_a + (1 - \bar{\omega}) \nabla_1 T_c, \\ \nabla_2 \langle T \rangle &= \bar{\omega} \nabla_2 T_a + (1 - \bar{\omega}) \nabla_2 T_c, \\ \nabla_3 \langle T \rangle &= \bar{\omega} \nabla_3 T_a + (1 - \bar{\omega}) \nabla_3 T_c; \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \langle \Theta_i \rangle &= -\bar{\omega} \lambda_a \nabla_i T_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c \nabla_i T_c \\ (i &= 1, 2, 3). \end{aligned} \quad (2.6)$$

Учитывая, что квазиоднородный материал армирующего слоя следует линейному закону Фурье для анизотропной среды, имеем также:

$$\langle \Theta_i \rangle = -\langle \Lambda_{ij} \rangle \nabla_j \langle T \rangle. \quad (2.7)$$

В (2.7)  $\langle \Lambda \rangle$  – неизвестный пока тензор интегральных коэффициентов теплопроводности армирующего слоя.

Переходим к его определению. В силу допущения 6 на поверхности  $\Gamma$  раздела фаз армирующего слоя (рис. 3) выполнены условия сопряжения (1.3):

$$T_a = T_c, \quad \lambda_a \nabla_2 T_a = \lambda_c \nabla_2 T_c$$

(направление нормали  $\mathbf{V}$  совпадает с направлением

оси  $\hat{x}^2$ ). Дифференцируя обе части первого из этих равенств по переменным  $\hat{x}^1, \hat{x}^3$  (оси  $\hat{x}^1, \hat{x}^3$  лежат в плоскости  $\Gamma$  раздела фаз армирующего слоя), приходим к соотношениям:



$$\begin{aligned}\nabla_1 T_a &= \nabla_1 T_c, \quad \nabla_3 T_a = \nabla_3 T_c, \\ \lambda_a \nabla_2 T_a &= \lambda_c \nabla_2 T_c.\end{aligned}\quad (2.8)$$

Зависимости (2.5), (2.8) вместе составляют систему шести линейных алгебраических уравнений для определения шести неизвестных величин –

$$\nabla_1 T_a, \nabla_1 T_c, \nabla_2 T_a, \nabla_2 T_c, \nabla_3 T_a, \nabla_3 T_c.$$

Решив эту систему, получаем:

$$\begin{aligned}\nabla_1 T_c &= \nabla_1 T_a = \nabla_1 \langle T \rangle, \\ \nabla_3 T_c &= \nabla_3 T_a = \nabla_3 \langle T \rangle, \\ \nabla_2 T_c &= \frac{\lambda_a}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_a} \nabla_2 \langle T \rangle, \\ \nabla_2 T_a &= \frac{\lambda_c}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_a} \nabla_2 \langle T \rangle.\end{aligned}\quad (2.9)$$

Подставляя (2.9) в (2.6), приходим к соотношениям:

$$\begin{aligned}\langle \Theta_1 \rangle &= -(\bar{\omega} \lambda_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c) \nabla_1 \langle T \rangle, \\ \langle \Theta_2 \rangle &= -\frac{\lambda_a \lambda_c}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_a} \nabla_2 \langle T \rangle, \\ \langle \Theta_3 \rangle &= -(\bar{\omega} \lambda_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c) \nabla_3 \langle T \rangle,\end{aligned}$$

сравнивая которые с (2.7), находим выражения для компонент тензора теплопроводности представительного элемента армирующего слоя

$$\begin{aligned}\langle \Lambda_{11} \rangle &= \langle \Lambda_{33} \rangle = \bar{\omega} \lambda_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c, \\ \langle \Lambda_{22} \rangle &= \frac{\lambda_a \lambda_c}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_a}, \quad \langle \Lambda_{ij} \rangle = 0 \\ (i, j &= 1, 2, 3; \quad i \neq j).\end{aligned}\quad (2.10)$$

Переходим к определению удельной теплоемкости представительного элемента армированного слоя и компонент тензора его линейной теплопроводности. Считаем, что квазиоднородный анизотропный материал элементарного армирующего слоя (на рис. 2 – прямоугольный параллелепипед  $ABCD'A'B'C'D'$ ) подчиняется линейному закону Фурье (2.7), (2.10). Материал прослоек связующего, дополняющего этот параллелепипед до представительного элемента армированного слоя, подчиняется закону Фурье (1.2). Поверхность  $\Gamma$  раздела фаз в данном случае состоит из прямоугольников  $AA'D'D$  и  $BB'C'C$ .

Приведенную объемную плотность  $\langle \langle \rho \rangle \rangle$  представительного элемента армированного слоя определяем по формуле:

$$\langle \langle \rho \rangle \rangle = \omega_z \langle \rho \rangle + (1 - \omega_z) \rho_c. \quad (2.11)$$

его приведенную массовую  $\langle \langle c_{em} \rangle \rangle$  и объемную  $\langle \langle c_\varepsilon \rangle \rangle$  теплоемкости – по формулам:

$$\begin{aligned}\langle \langle c_{em} \rangle \rangle &= \frac{\omega_z \langle \rho \rangle}{\langle \langle \rho \rangle \rangle} \langle c_{em} \rangle + \frac{(1 - \omega_z) \rho_c}{\langle \langle \rho \rangle \rangle} c_{em}^c, \\ \langle \langle c_\varepsilon \rangle \rangle &= \omega_z \langle \rho \rangle \langle c_{em} \rangle + (1 - \omega_z) \rho_c c_{em}^c.\end{aligned}\quad (2.12)$$

Здесь и ниже в двойные угловые скобки заключены средние по объему представительного элемента армированного слоя величины.

Из формулы (1.4), примененной для осреднения температуры по представительному элементу армированного слоя, следуют соотношения:

$$\begin{aligned}\nabla_1 \langle \langle T \rangle \rangle &= \bar{\omega}_z \nabla_1 \langle T \rangle + (1 - \bar{\omega}_z) \nabla_1 T_c, \\ \nabla_2 \langle \langle T \rangle \rangle &= \bar{\omega}_z \nabla_2 \langle T \rangle + (1 - \bar{\omega}_z) \nabla_2 T_c, \\ \nabla_3 \langle \langle T \rangle \rangle &= \bar{\omega}_z \nabla_3 \langle T \rangle + (1 - \bar{\omega}_z) \nabla_3 T_c, \\ \bar{\omega}_z &= \frac{\langle \rho \rangle \langle c_{em} \rangle}{\langle \langle c_\varepsilon \rangle \rangle} \omega_z.\end{aligned}\quad (2.13)$$

Составив для поверхности  $\Gamma$  раздела фаз условия теплового контакта:

$$\langle T \rangle = T_c, \quad \langle \Lambda_{33} \rangle \nabla_3 \langle T \rangle = \lambda_c \nabla_3 T_c$$

(направление нормали  $\mathbf{n}$  к этой поверхности совпадает с направлением оси  $\hat{x}^3$ ) и, продифференцировав первое из этих равенств по переменным  $\hat{x}^1, \hat{x}^2$ , приходим к соотношениям:

$$\begin{aligned}\nabla_1 \langle T \rangle &= \nabla_1 T_c, \\ \nabla_2 \langle T \rangle &= \nabla_2 T_c, \quad \langle \Lambda_{33} \rangle \nabla_3 \langle T \rangle = \lambda_c \nabla_3 T_c.\end{aligned}\quad (2.14)$$

Зависимости (2.13), (2.14) вместе составляют систему шести линейных алгебраических уравнений для определения шести искомых величин –

$$\nabla_1 \langle T \rangle, \nabla_2 \langle T \rangle, \nabla_3 \langle T \rangle, \nabla_1 T_c, \nabla_2 T_c, \nabla_3 T_c.$$

Решая эту систему и учитывая (2.10), получаем:

$$\begin{aligned}\nabla_1 T_c &= \nabla_1 \langle T \rangle = \nabla_1 \langle \langle T \rangle \rangle, \\ \nabla_2 T_c &= \nabla_2 \langle T \rangle = \nabla_2 \langle \langle T \rangle \rangle, \\ \nabla_3 \langle T \rangle &= \frac{\lambda_c}{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_a + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_c} \nabla_3 \langle \langle T \rangle \rangle, \\ \nabla_3 T_c &= \frac{\bar{\omega} \lambda_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c}{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_a + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_c} \nabla_3 \langle \langle T \rangle \rangle.\end{aligned}\quad (2.15)$$

Далее, из формулы (1.5) осреднения теплового потока по представительному элементу армированного слоя находим соотношения:

$$\langle \langle \Theta_i \rangle \rangle = \bar{\omega}_z \langle \Theta_i \rangle + (1 - \bar{\omega}_z) \Theta_{ci} \quad (i = 1, 2, 3),$$

которые в силу (1.2), (2.7), (2.10) приводятся к виду:

$$\langle \langle \Theta_i \rangle \rangle = -\bar{\omega}_z \langle \Lambda_{ii} \rangle \nabla_i \langle T \rangle - (1 - \bar{\omega}_z) \lambda_c \nabla_i T_c. \quad (2.16)$$

Подставляя (1.1.15) в (1.1.16), приходим к зависимостям:

$$\begin{aligned}\langle \langle \Theta_1 \rangle \rangle &= -[\bar{\omega} \bar{\omega}_z \lambda_a + (1 - \bar{\omega} \bar{\omega}_z) \lambda_c] \nabla_1 \langle \langle T \rangle \rangle, \\ \langle \langle \Theta_2 \rangle \rangle &= -\lambda_c \frac{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_c + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_a}{\bar{\omega} \lambda_c + (1 - \bar{\omega}) \lambda_a} \nabla_2 \langle \langle T \rangle \rangle, \\ \langle \langle \Theta_3 \rangle \rangle &= \\ &= -\lambda_c \frac{\bar{\omega} \lambda_a + (1 - \bar{\omega}) \lambda_c}{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z) \lambda_a + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)) \lambda_c} \nabla_3 \langle \langle T \rangle \rangle.\end{aligned}\quad (2.17)$$

Учитывая, что квазиоднородный анизотропный материал армированного слоя следует линейному закону Фурье, имеем также

$$\langle \langle \Theta_i \rangle \rangle = -\hat{\Lambda}_{ij} \nabla_j \langle \langle T \rangle \rangle. \quad (2.18)$$

Здесь  $\hat{\Lambda}_{ij}$  – компоненты тензора интегральных коэффициентов теплопроводности армированного слоя в системе координат  $\hat{x}^1, \hat{x}^2, \hat{x}^3 = z$ . Сравнивая между собой (2.17) и (2.18), приходим к выражениям для этих компонент:

$$\begin{aligned}\hat{\Lambda}_{11} &= \bar{\omega}\bar{\omega}_z\lambda_a + (1 - \bar{\omega}\bar{\omega}_z)\lambda_c, \\ \hat{\Lambda}_{22} &= \lambda_c \frac{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)\lambda_c + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z))\lambda_a}{\bar{\omega}\lambda_c + (1 - \bar{\omega})\lambda_a}, \\ \hat{\Lambda}_{33} &= \lambda_c \frac{\bar{\omega}\lambda_a + (1 - \bar{\omega})\lambda_c}{\bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z)\lambda_a + (1 - \bar{\omega}(1 - \bar{\omega}_z))\lambda_c}, \\ \hat{\Lambda}_{ij} &= 0, \quad i, j = 1, 2, 3; \quad i \neq j.\end{aligned}\quad (2.19)$$

Установленными зависимостями решается (в рамках принятых модельных представлений) задача построения эффективных теплофизических характеристик однонаправленно армированного слоя. Этими формулами компоненты тензора теплопроводности определены во вспомогательной системе координат, направления осей которой связаны с направлениями армирующих волокон. В любой другой координатной системе компоненты этого тензора можно получить, используя тензорные формулы преобразования этих компонент. Отметим еще, что в результате предельного перехода  $\lambda_a \rightarrow \lambda_c$  соотношения (2.18), (2.19) переходят в закон Фурье изотропной однородной среды с коэффициентом линейной теплопроводности, равным  $\lambda_c$ .

### Литература

1. Андреев А. Упругость и термоупругость слоистых композитных оболочек. Математическая модель и некоторые аспекты численного анализа. Saarbrücken, Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2013. 100 с.
2. Андреев А. Н., Немировский Ю. В. Многослойные анизотропные оболочки и пластины: Изгиб, устойчивость, колебания. Новосибирск: Наука, 2001. 288 с.
3. Боли Б., Уэйнер Дж. Теория температурных напряжений. М.: Мир, 1964.
4. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. М.: Наука, 1964. 488 с.
5. Коваленко А. Д. Основы термоупругости. Киев: Наукова думка, 1970. 308 с.
6. Коваленко А. Д. Термоупругость. Киев: Вища школа, 1975. 215 с.
7. Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1985. 520 с.
8. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.
9. Мелан Э., Паркус Г. Температурные напряжения, вызываемые стационарными температурными полями. М.: ГИФМЛ, 1958. 166 с.
10. Немировский Ю. В. К теории термоупругого изгиба армированных оболочек и пластин // Механика полимеров. 1972. № 5. С. 861 – 873.
11. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Моделирование процессов теплопроводности в ортогонально армированных гибридных композитах с дисперсным упрочнением связующего // Прикладная физика. 2008. № 5. С. 10 – 17.
12. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Определение эффективных физико-механических характеристик гибридных композитов, перекрестно армированных трансверсально-изотропными волокнами, и сопоставление расчетных характеристик с экспериментальными данными // Механика композитных материалов и конструкций. 2007. № 1. Т. 13. С. 3 – 32.
13. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Рациональное проектирование армированных конструкций. Новосибирск: Наука, 2002. 488 с.
14. Немировский Ю. В., Янковский А. П. Теплопроводность однородных и композитных тонкостенных конструкций. Новосибирск: Арт-Авеню, 2008. 512 с.
15. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. М.: Мир, 1970. 256 с.
16. Паркус Г. Неустановившиеся температурные напряжения. М.: ГИФМЛ, 1963. 252 с.
17. Подстригач Я. С., Ломакин В. А., Коляно Ю. М. Термоупругость тел неоднородной структуры. М.: Наука, 1984. 368 с.
18. Поль Р. В. Механика, акустика и учение о теплоте. М.: ГИТТЛ. 1957. 484 с.
19. Янковский А. П. Моделирование процессов теплопроводности в пространственно армированных композитах с произвольной ориентацией волокон // Прикладная физика. Научно-технический журнал. 2011. № 3. С. 32 – 39.

### Информация об авторе:

**Андреев Александр Николаевич** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой фундаментальной математики КемГУ, [algebra@kemsu.ru](mailto:algebra@kemsu.ru).

**Alexander N. Andreev** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Fundamental Mathematics, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 26.02.2015 г.

# МОДЕЛЬ ОХРАНЯЕМОЙ ПОПУЛЯЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ КОНКУРЕНЦИИ НА БИЛОКАЛЬНОМ АРЕАЛЕ

*М. Д. Васильев, Ю. И. Трофимцев*

## THE MODEL OF PROTECTED POPULATION WITH COMPETITION AT A BILOCAL AREAL

*M. D. Vasilyev, Yu. I. Trofimtsev*

В работе с помощью аппарата обыкновенных дифференциальных уравнений исследованы вопросы развития охраняемых популяций, обитающих на биллокальном ареале. В охраняемой и неохраняемой частях существует конкуренция между членами популяции, а также обмен между этими частями ареала. Для описания эволюционных процессов в пространстве популяций использована система из двух дифференциальных уравнений первого порядка относительно плотностей популяции в охраняемых и неохраняемых зонах. Проведено качественное исследование поведения фазовых траекторий этой системы в малой окрестности особых точек, как состояний равновесия рассматриваемой системы, выявлены бифуркационные параметры. Отдельно рассмотрен случай непрерывно пополняемой популяции. Содержательная интерпретация полученных результатов позволяет формировать эффективные меры стабильного и устойчивого существования популяций в охраняемых и неохраняемых зонах.

The authors use the apparatus of ordinary differential equations to study the issue of population dynamics of the protected species inhabiting a bilocal areal where there is a competition between the protected and unprotected parts of the population. In the protected and unprotected parts there is a competition between the members of the population, as well as the exchange between them. For the simulation of the evolutionary processes in the areal of protected populations, the authors used a system of two differential equations of the first order with respect to the population density in the protected and unprotected areas. The paper presents a qualitative study of the behaviour of the phase trajectories of the system of equations in a small neighbourhood around the singular points as equilibrium states of the system; the bifurcation parameters are identified. A case of continuously renewed population was analyzed in detail. The obtained results allows to create effective measures for the stable and sustainable existence of populations in protected and unprotected areas.

**Ключевые слова:** математическая модель, охраняемая популяция, конкуренция, биллокальный ареал, особые точки.

**Keywords:** mathematical model, protected population, competition, bilocal area, singular points.

Одним из методов сохранения природной среды является создание охраняемых территорий, на которых запрещена любая хозяйственная деятельность, в том числе и промысел различных животных и птиц. При этом ареал обитания популяции может быть разбит на две части – охраняемую и неохраняемую. А. Д. Базыкин [2] рассматривал на биллокальном ареале модель взаимодействия хищника и жертвы. Его результаты использовались в работе [8, с. 59], в которой предложено использовать убежища для жертвы, преследуемой хищником. Модели охраняемых популяций исследованы в работах [5; 11; 13 – 15; 17; 18]. В [2; 8; 14] в качестве моделей эволюционных процессов применялись системы из трех обыкновенных дифференциальных уравнений. Эколого-экономические модели оптимизации промысла на неохраняемой части ареала обитания популяции изучались в работах [3 – 4; 7; 16; 19].

Рассмотрим систему двух дифференциальных уравнений, описывающих развитие популяции при наличии охраняемой территории:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = gx + d_1(y - x) - kx^2 - f(x), \\ \frac{dy}{dt} = ay + d_2(x - y) - cy^2. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $x(t)$  и  $y(t)$  – плотности популяции вне охраняемой территории и внутри ее;  $f(x)$  – функция, описывающая добычу популяции на неохраняемой территории;  $a$  и  $g$  – коэффициенты прироста популяции вне охраняемой территории и внутри ее;  $c$ ,  $k$  – коэффициенты конкуренции внутри популяции на охраняемой территории и вне ее;  $d_1$  и  $d_2$  – коэффициенты обмена особями между охраняемой территорией и остальной частью ареала популяции. Коэффициенты  $a$ ,  $g$  – любые действительные числа, все остальные коэффициенты неотрицательны.

Функция добычи рассматривается в виде

$$f(x) = hx + b,$$

где слагаемое  $hx(t)$  интерпретируется как величина плановой добычи популяции, а слагаемое  $b$  – как величина браконьерской добычи. Как показано в [1], выбранный вид плановой добычи не приводит к возникновению бифуркаций в системе уравнений (1). Данное представление функции добычи использовалось в эколого-экономических моделях работ [3; 7].

Целью данной работы является выявление степени влияния эндогенных и экзогенных параметров популяции (прироста, уровня конкуренции, миграции, добычи и др.) на динамику ее плотности и оценка влияния конкуренции на обеих частях популяции.

Для выявления особенностей эволюционных процессов, описываемых системой (1), мы будем использовать понятие устойчивости по первому приближению в системе (1) (см. [17; 19]).

Перейдем к качественному анализу решений системы (1).

Достаточно просто показывается, что в системе (1) нет особых точек типа фокус и центр, поскольку дискриминант характеристического уравнения линеаризованной системы для (1) в любой особой точке  $(x_0, y_0)$  можно привести к знакоположительной квадратичной форме:

$$(g - d_1 - h - 2kx_0 - (a - d_2 - 2cy_0))^2 + 4d_1d_2.$$

В зависимости от значений параметров  $c$  и  $b$  в системе (1) выделим четыре случая:

случай 1:  $c = 0, b = 0$ ;

случай 2:  $c = 0, b \neq 0$ ;

случай 3:  $c \neq 0, b = 0$ ;

случай 4:  $c \neq 0, b \neq 0$ .

Здесь мы считаем, что параметр  $k$  всегда принимает ненулевое значение. Случаи, когда  $k = 0$ , здесь не рассматриваются, поскольку они были изучены в работе [3].

Исследуем случаи 1 и 2, когда система дифференциальных уравнений описывает развитие популяции на ареале, разделенном на две части, в отсутствие внутривидовой конкуренции на охраняемой территории. В этих случаях система (1) принимает вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = gx + d_1(y - x) - kx^2 - f(x), \\ \frac{dy}{dt} = ay + d_2(x - y). \end{cases} \quad (2)$$

Особые точки данной системы находятся как точки пересечения параболы и прямой (рис. 1, 2)

$$y = \frac{1}{d_1}[kx^2 - (g - d_1 - h)x + b],$$

$$y = -\frac{d_2x}{a - d_2}, \quad (3)$$

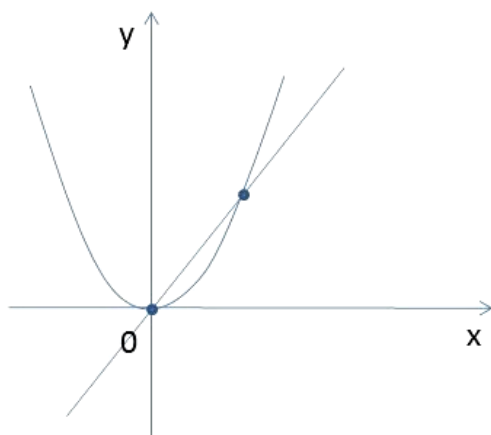


Рис. 1. Случай  $a - d_2 < 0$

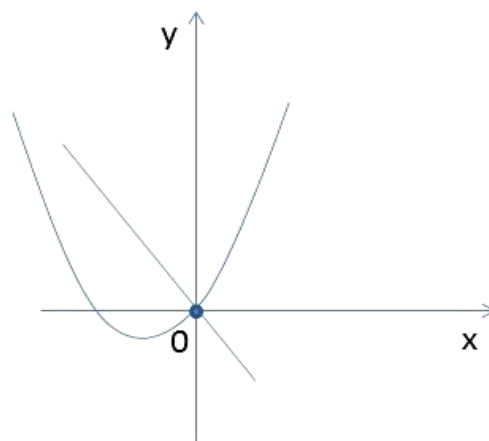


Рис. 2. Случай  $a - d_2 > 0$

и определяются как решения уравнения относительно  $x$ :

$$x_{1,2} = \frac{[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2]}{2k(a - d_2)} \pm \frac{\sqrt{[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2]^2 - 4kb(a - d_2)^2}}{2k(a - d_2)}, \quad (4)$$

$$y_{1,2} = -\frac{d_2x_{1,2}}{a - d_2}.$$

В случае 1 имеем особые точки:

$$x_1 = 0; \quad y_1 = 0;$$

$$x_2 = \frac{[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2]}{k(a - d_2)};$$

$$y_2 = -\frac{d_2[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2]}{k(a - d_2)^2}.$$

Поскольку по смыслу задачи особые точки должны находиться в первой четверти фазовой плоскости, то вторая особая точка существует при следующих ограничениях на коэффициенты системы:

$(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2 < 0, \quad a - d_2 < 0$ ,  
причем она совпадает с началом координат при  $(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2 = 0$ .

Типы особых точек системы определяются по виду корней характеристического уравнения линеаризованной системы (2). Тогда:

– одна особая точка  $(0,0)$  существует при выполнении одного из набора условий:

$$(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2 > 0,$$

$$a - d_2 < 0 \text{ (устойчивый узел);}$$

$$(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2 < 0,$$

$$a - d_2 > 0 \text{ или } a - d_2 = 0 \text{ (седло);}$$

$$(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1d_2 > 0,$$

$$a - d_2 > 0 \text{ (неустойчивый узел);}$$

$$(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1 d_2 = 0 \text{ (седло-узел);}$$

– две особые точки существуют при следующих условиях:

$$(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1 d_2 > 0,$$

$a - d_2 < 0$  (седло в точке  $(0, 0)$  и устойчивый узел в точке  $(x_2, y_2)$ ).

Исследуя знаки корней уравнения:

$$\lambda_{1,2} = \frac{(-g + d_1 + h) + a - d_2 + \frac{2d_1 d_2}{a - d_2}}{2} \pm \frac{\sqrt{\left((-g + d_1 + h) + a - d_2 + \frac{2d_1 d_2}{a - d_2}\right)^2 - 4[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1 d_2]}}{2},$$

определяем вид второй особой точки. Выражение

$$(-g + d_1 + h) + a - d_2 + \frac{2d_1 d_2}{a - d_2}$$

меньше нуля, поскольку приводится к дроби:

$$\frac{-[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1 d_2] + (a - d_2)^2 + d_1 d_2}{a - d_2},$$

$$(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1 d_2 < 0, a - d_2 < 0,$$

у которой, в силу условий числитель больше нуля, а знаменатель – меньше. Корень же из дискриминанта меньше рассмотренного выражения, поэтому оба корня характеристического уравнения действительны и отрицательны. Следовательно, вторая особая точка представляет собой устойчивый узел.

Характерные фазовые портреты расположения траекторий системы (2) в случае 1 приведены на рис. 3 – 7. На рисунках видно, что при наличии устойчивого узла в начале координат обе части популяции вымирают, в случаях седла, седла-узла и неустойчивого узла имеет место неограниченный рост плотностей субпопуляций, причем плотность охраняемой части популяции может вначале несколько уменьшаться. При существовании одновременно седла и устойчивого узла происходит стабилизация плотностей обеих субпопуляций за счет уменьшения плотности неохраняемой части популяции и роста плотности охраняемой части. Таким образом, во из-

Характеристическое уравнение в точке  $(x_2, y_2)$  для системы (2) имеет вид:

$$\lambda^2 - (-g + d_1 + h) + \frac{2d_1 d_2}{a - d_2} + a - d_2 \lambda + (-g + d_1 + h)(a - d_2) - d_1 d_2 = 0.$$

бежание вымирания всей популяции при ведении плановой ее добычи необходимо добиться, чтобы коэффициент прироста плотности в охраняемой части популяции, даже с учетом обмена с неохраняемой территорией, был положительным. Стабилизация плотностей субпопуляций будет происходить на тем более высоком уровне, чем будет меньше плановая добыча неохраняемой части популяции.

Рассмотрим теперь случай 2, т. е. систему (2) при  $b \neq 0$ .

Это означает, что в охраняемой субпопуляции по-прежнему нет конкуренции за ресурсы и территорию, а в неохраняемой части популяции, кроме планового промысла, ведется и браконьерский. Особые точки системы являются точками пересечения параболы и прямой (3). Определим точки касания параболы и прямой, приравнявая производные от функций, задающих геометрические объекты:

$$\frac{2k}{d_1} x = \frac{(g - d_1 - h)}{d_1} - \frac{d_2}{a - d_2},$$

и получаем координату  $x$  точки касания:

$$x = \frac{[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1 d_2]}{2k(a - d_2)}.$$



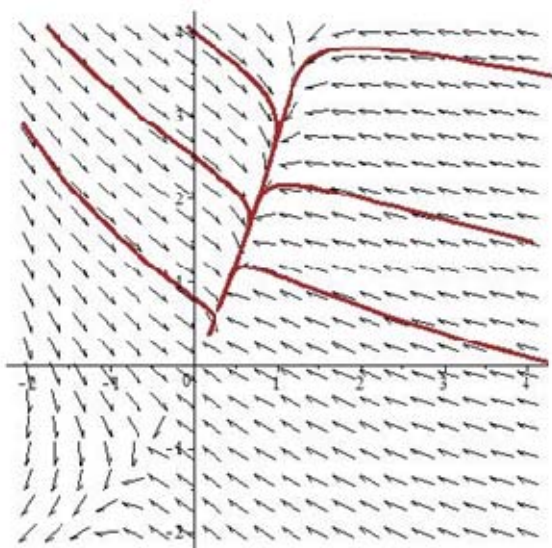


Рис. 3.  $g = 1.2, a = 1.5, d1 = 2.1, d2 = 3.1, k = 1.8, h = 3.4, b = 0, O(0,0)$  – устойчивый узел

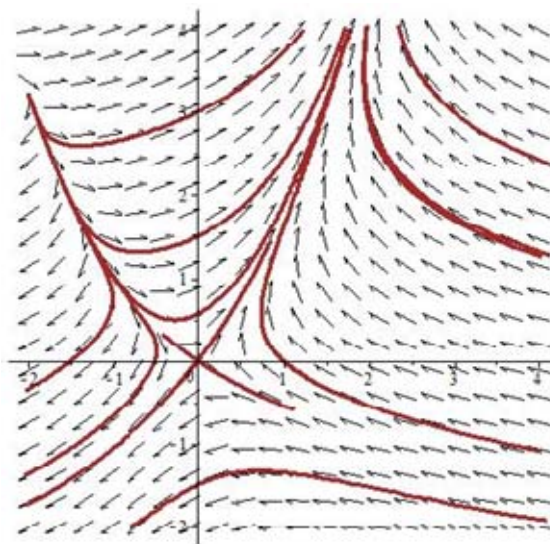


Рис. 4.  $g = 2.2, a = 2, d1 = 1.4, d2 = 1.3, k = 1.2, h = 1, b = 0, O(0,0)$  – седло

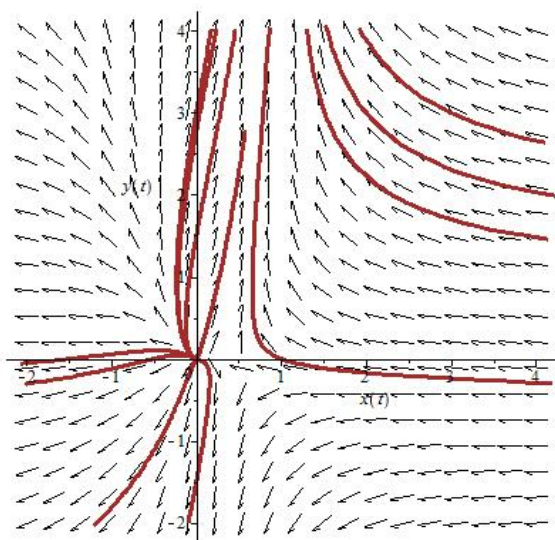


Рис. 5.  $g = 2.3, a = 2.1, d1 = 0.3, d2 = 0.4, k = 1.8, h = 1.2, b = 0, O(0,0)$  – неустойчивый узел

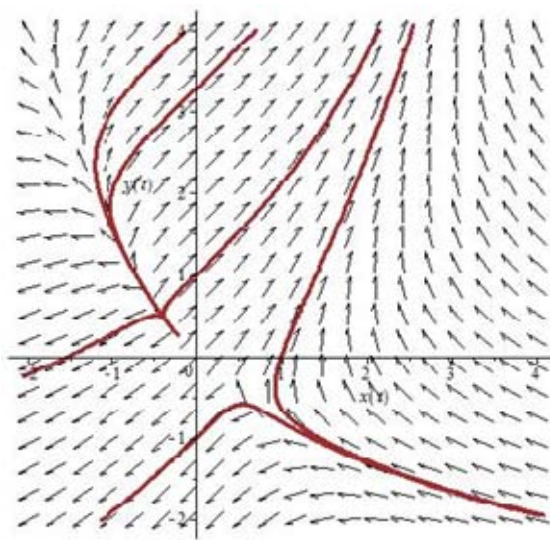


Рис. 6.  $g = 3.1, a = 2.9, d1 = 1.4, d2 = 1.5, k = 1, h = 0.2, b = 0, O(0,0)$  – седло-узел

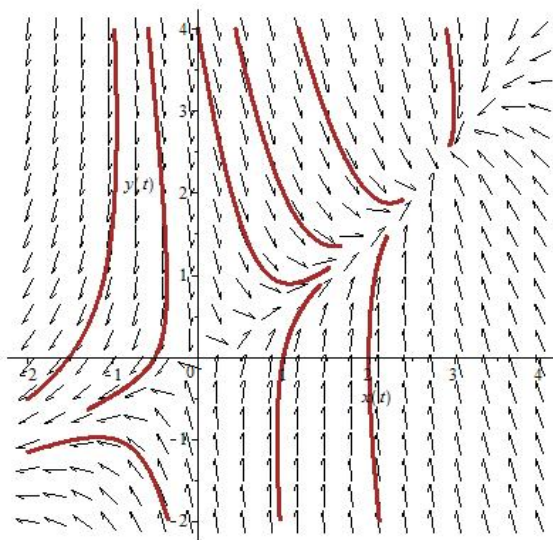


Рис. 7.  $g = 0.5, a = -0.1, d1 = 0.1, d2 = 0.5, k = 0.1, h = 0.2, b = 0, O(0,0)$  – седло,  $M(2.8; 2.4)$  – устойчивый узел

Подставляем полученную координату в функции (3) и приравниваем полученные выражения:

$$\frac{1}{d_1} \left[ \frac{\frac{[(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2]^2}{4k(a-d_2)^2}}{\frac{(g-d_1-h)[(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2]}{2k(a-d_2)} + b} \right] = -\frac{d_2[(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2]}{2k(a-d_2)^2}.$$

Отсюда

$$\frac{[(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2]^2}{4k(a-d_2)^2} - \frac{[(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2]^2}{2k(a-d_2)^2} = -b,$$

и получаем условия существования одной особой точки – седла-узла:

$$b = \frac{[(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2]^2}{4k(a-d_2)^2},$$

$$(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2 < 0, a-d_2 < 0.$$

Также одна особая точка  $\left(0, \frac{b}{d_2}\right)$  – седло – воз-

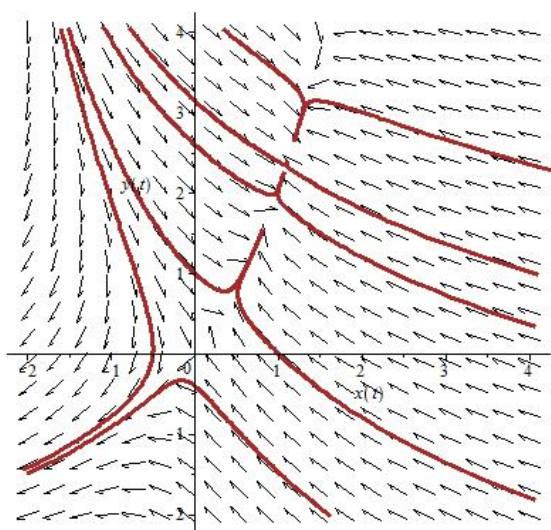
никает при  $a-d_2 = 0$ .

Две особые точки (4) – седло и устойчивый узел существуют при выполнении условий:

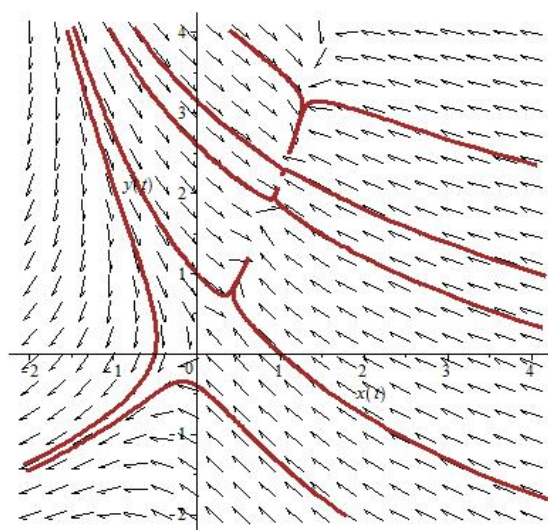
$$b < \frac{[(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2]^2}{4k(a-d_2)^2},$$

$$(g-d_1-h)(a-d_2)-d_1d_2 < 0, a-d_2 < 0.$$

Если величина  $b$  стремится к значению (5), то две особые точки – седло и устойчивый узел – переходят в одну особую точку – седло-узел (рис. 8). Таким образом, величина (5) является бифуркационным параметром. Данный переход означает стабилизацию плотностей субпопуляций на более низком уровне при росте параметра  $b$ , описывающего влияние браконьерской добычи на популяцию.

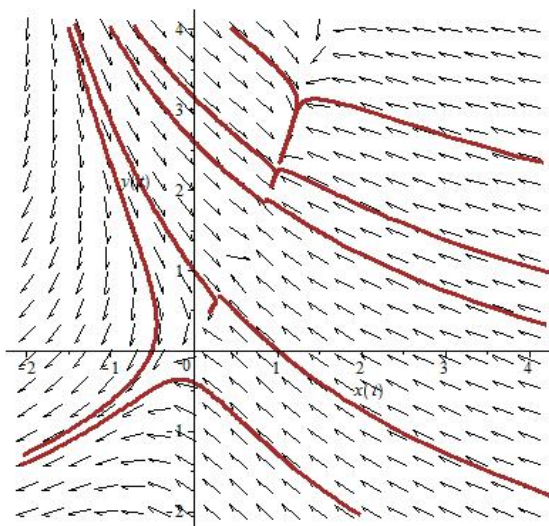


а)  $b = 0.1$ ,  $M1 (0.05; 0.10)$  – седло,  
 $M2 (1.13; 2.43)$  – устойчивый узел

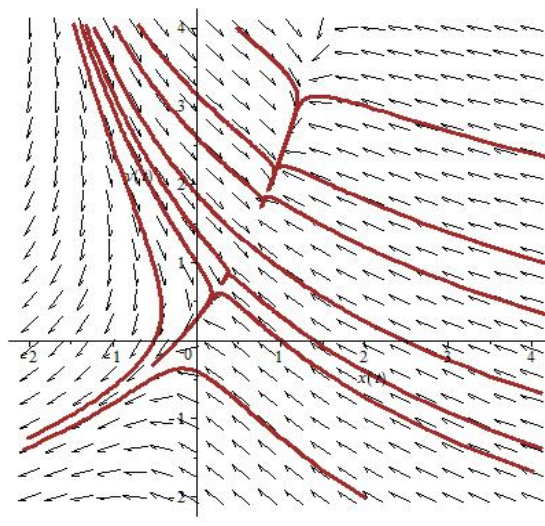


б)  $b = 0.3$ ,  $M1 (0.17; 0.36)$  – седло,  
 $M2 (1.01; 2.18)$  – устойчивый узел





а)  $b = 0.5$ ,  $M1 (0.33; 0.71)$  – седло,  
 $M2 (0.85; 1.83)$  – устойчивый узел



б)  $b = 0.6215$ ,  $M (0.59; 1.27)$  – седло-узел

Рис. 8. Переход двух особых точек – седла и устойчивого узла в одну особую точку седло-узел при  $g = 1.5$ ,  $a = 1.5$ ,  $d1 = 1.4$ ,  $d2 = 2.8$ ,  $k = 1.8$ ,  $h = 1$

Наконец, система (2) не имеет особых точек при:

$$b > \frac{[(g - d_1 - h)(a - d_2) - d_1 d_2]^2}{4k(a - d_2)^2}$$

(рис. 9). Следовательно, при значениях параметра  $b$ , превышающего величину (5), охраняемая субпопуляция вымирает, что в конце концов приводит и к вымиранию неохраняемой субпопуляции.

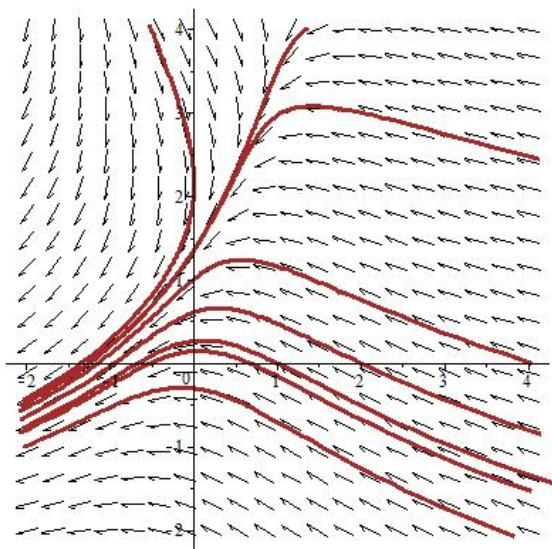


Рис. 9.  $g = 1.5$ ,  $a = 1.5$ ,  $d1 = 1.4$ ,  $d2 = 2.8$ ,  $k = 1.8$ ,  
 $h = 1$ ,  $b = 1.8$ , нет особых точек

Можно сделать вывод, что браконьерская добыча негативно действует на динамику всей популяции. Характер особых точек – седло и седло-узел – позволяет утверждать, что появляются области таких значений параметров модели, при которых обе части популяции вымирают. При существовании двух особых точек – седла и устойчивого узла одновременно при увеличении параметра, описывающего браконьер-

скую добычу, особые точки стягиваются в седло-узел, и при этом стабилизация плотностей популяции происходит на более низких уровнях, а также появляется возможность вымирания популяции.

Перейдем теперь к изучению случая 3, когда нет браконьерской добычи популяции и существует конкуренция внутри охраняемой субпопуляции. Особые точки системы получаются при пересечении парабол

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{d_1} [kx^2 - (g - h - d_1)x] = \\ &= \frac{k}{d_1} \left( x - \frac{g - h - d_1}{2k} \right)^2 - \frac{(g - h - d_1)^2}{4kd_1}, \\ x &= \frac{1}{d_2} [cy^2 - (a - d_2)y] = \frac{c}{d_2} \left( y - \frac{a - d_2}{2c} \right)^2 - \frac{(a - d_2)^2}{4cd_2}, \end{aligned}$$

проходящих через начало координат (рис. 10, 11).

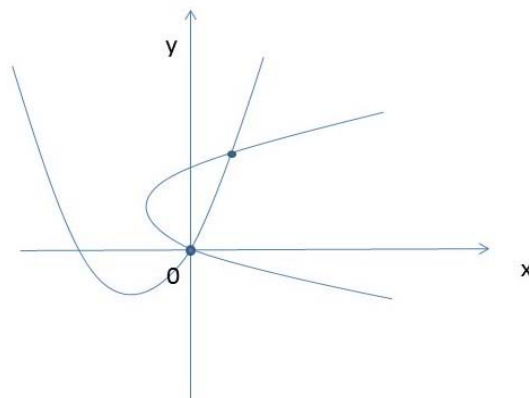
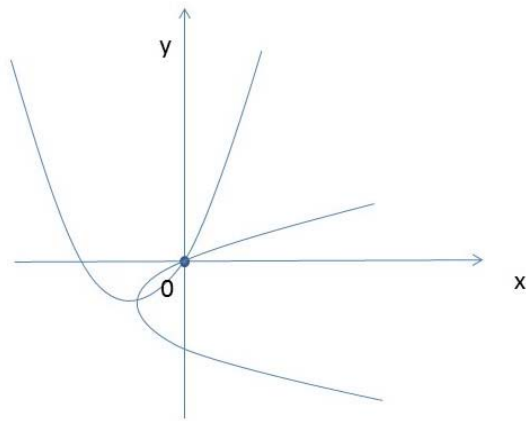


Рис. 10. Случай  $a - d_2 > 0$



Рис. 11. Случай  $a - d_2 < 0$ 

Характеристическое уравнение для линеаризованной системы (1) имеет вид:

$$\lambda^2 - (g - h - d_1 - 2kx_0 + a - d_2 - 2cy_0)\lambda + (g - h - d_1 - 2kx_0)(a - d_2 - 2cy_0) - d_1d_2 = 0,$$

где  $x_0, y_0$  – координаты некоторой особой точки системы (1). Знаки корней характеристического уравнения, имеющих вид:

$$\lambda_{1,2} = \frac{g - h - d_1 - 2kx_0 + a - d_2 - 2cy_0}{2} \pm \sqrt{\frac{(g - h - d_1 - 2kx_0 + a - d_2 - 2cy_0)^2 - 4[(g - h - d_1 - 2kx_0)(a - d_2 - 2cy_0) - d_1d_2]}{2}},$$

определяют виды особых точек линеаризованной системы (2). Как показано ранее, в линеаризованной системе нет особых точек типа фокус и центр, поэтому типы особых точек линеаризованной системы и системы (1) совпадают.

Количество особых точек и расположение траекторий в их окрестностях зависят от знаков разностей  $g - h - d_1 - 2kx_0$  и  $a - d_2 - 2cy_0$ .

$$1. \quad g - h - d_1 - 2kx_0 > 0, \quad a - d_2 - 2cy_0 > 0.$$

В особой точке (0,0) имеем неустойчивый узел, если  $(g - h - d_1)(a - d_2) - d_1d_2 > 0$ ; седло-узел, если  $(g - h - d_1)(a - d_2) - d_1d_2 = 0$ ; седло, если  $(g - h - d_1)(a - d_2) - d_1d_2 < 0$ .

2. Выражения  $g - h - d_1 - 2kx_0$  и  $a - d_2 - 2cy_0$  разных знаков. В этих случаях начало координат является седлом, т. к.

$$g - h - d_1 + a - d_2 < g - h - d_1 - (a - d_2)$$

и

$$\sqrt{(g - h - d_1 - (a - d_2))^2 + 4d_1d_2} > g - h - d_1 + a - d_2.$$

Такой же фазовый портрет траекторий будет в случае, когда хотя бы один из коэффициентов  $g - h - d_1 - 2kx_0$  и  $a - d_2 - 2cy_0$  будет равен нулю.

$$3. \quad g - h - d_1 - 2kx_0 < 0, \quad a - d_2 - 2cy_0 < 0.$$

Здесь всего одна особая точка – начало координат. Это седло, если  $(g - h - d_1)(a - d_2) - d_1d_2 > 0$ , седло-узел, если  $(g - h - d_1)(a - d_2) - d_1d_2 = 0$ , устойчивый узел, если

$$(g - h - d_1)(a - d_2) - d_1d_2 < 0.$$

Из вышеизложенного следует, что величина  $(g - h - d_1)(a - d_2) - d_1d_2$  является бифуркационным параметром.

4. В случае двух особых точек в начале координат всегда находится седло. Для второй особой точки сумма  $g - h - d_1 - 2kx_0 + a - d_2 - 2cy_0$  будет отрицательной, поскольку, как видно из рисунков 10, 11,

$$x_0 > \frac{g - h - d_1}{2k}, \quad y_0 > \frac{a - d_2}{2c},$$

где  $\frac{g - h - d_1}{2k}, \frac{a - d_2}{2c}$  – координаты вершин парабол.

Тогда во второй точке существуют либо устойчивый узел, либо седло. Однако, результаты, изложенные выше для случая  $k \neq 0$ , и результаты, полученные в работе [3], показывают, что для существования устойчивого узла достаточно введения члена, описывающего конкуренцию, только в одно из уравнений системы (1). Демпфирующий эффект конкуренции показывает и рассмотрение частного случая системы (1) при  $g - d_1 - h = 0$  и  $a - d_2 = 0$ . При этих условиях в системе существуют две особые точки – начало координат и точка

$$\left( \sqrt[3]{\frac{d_1^2 d_2}{k^2 c}}, \sqrt[3]{\frac{d_1 d_2^2}{k c^2}} \right).$$

Достаточно просто установить, что в начале координат – седло, во второй особой точке – устойчивый узел. Таким образом, при существовании в (1) двух особых точек одна из них – седло, а другая – устойчивый узел (рис. 12).

Можно сделать вывод, что в случае 3, в зависимости от значений всех параметров в уравнениях системы, имеются возможности как неограниченного роста всей популяции, так и ее вымирания. Наличие конкуренции в охраняемой части популяции замедляет рост плотностей субпопуляций и ускоряет при определенных условиях их вымирание.

Рассмотрим наиболее общий случай 4 для системы (1). В этом случае присутствует конкуренция в обеих частях популяции, в функцию, описывающую добычу неохраняемой части популяции, входит и браконьерский промысел.

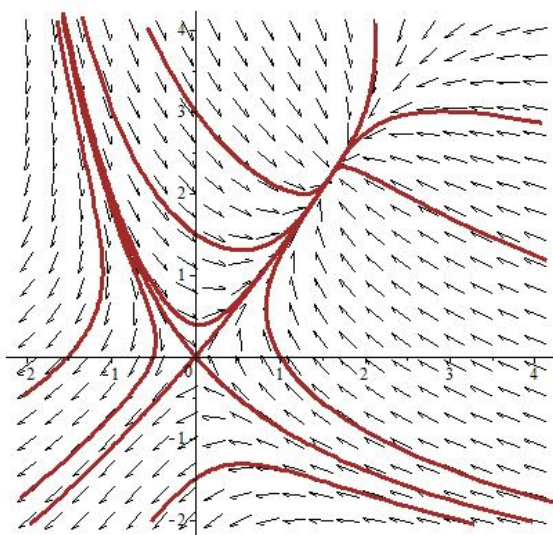


Рис. 12.  $g = 3.2, a = 3.1, d_1 = 2.1, d_2 = 3.1, k = 1.8, c = 1, h = 1.1, b = 0, O(0,0)$  – седло,  $M(1.6; 2.2)$  – устойчивый узел

Найдем условия касания параболы

$$y = \frac{1}{d_1} [kx^2 - (g - h - d_1)x]$$

и ветви параболы:

$$y = \frac{d_2(a - d_2)}{2c} + \sqrt{\frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} + \frac{d_2}{c}x},$$

уравнения которых получены из условия равенства нулю правых частей системы (1).

Приравняв производные двух последних функций, получим координаты  $x$  точек на параболах, в которых касательные одинаково направлены. Они находятся как корень уравнения:

$$t^3 - \left( \frac{d_2(g - h - d_1)}{2kc} + \frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} \right) t - \frac{d_1 d_2^2}{4kc^2} = 0,$$

где  $t = \sqrt{\frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} + \frac{d_2}{c}x}$ . Решая уравнение [12], имеем:

$$x^* = \frac{c}{d_2} \left[ (A + B)^2 - \frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} \right].$$

Здесь

$$A = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{d_2}{kc^2} (d_1 d_2 + \sqrt{Q})}, \quad B = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{d_2}{kc^2} (d_1 d_2 - \sqrt{Q})},$$

$$\sqrt{Q} = \frac{d_2}{8kc^2} \sqrt{d_2 \left[ d_1^2 d_2 - \frac{1}{27kc^2} \left( 2c(g - h - d_1) + d_2(a - d_2)^2 \right)^3 \right]}$$

при условии

$$d_1^2 d_2 > \frac{1}{27kc^2} (2c(g - h - d_1) + d_2(a - d_2)^2)^3.$$

При этом выбираем  $x^* \geq 0$ .

Условие касания парабол:

$$\frac{1}{d_1} [kx^{*2} - (g - h - d_1)x^*] = \frac{d_2(a - d_2)}{2c} + \sqrt{\frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} + \frac{d_2}{c}x^*}. \quad (6)$$

При  $0 \leq \frac{1}{d_1} [kx^{*2} - (g - h - d_1)x^*] < \frac{a - d_2}{c}$ , выполнении

нии (6) и  $a - d_2 \leq 0$ , выполнении (6) в системе (1) – одна особая точка. Две особые точки существуют в двух случаях:

$$a - d_2 > 0,$$

$$\frac{1}{d_1} [kx^{*2} - (g - h - d_1)x^*] \geq \frac{a - d_2}{c},$$

$$\frac{1}{d_1} [kx^{*2} - (g - h - d_1)x^*] < \frac{d_2(a - d_2)}{2c} +$$

$$+ \sqrt{\frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} + \frac{d_2}{c}x^*};$$

$$a - d_2 \leq 0,$$

$$\frac{1}{d_1} [kx^{*2} - (g - h - d_1)x^*] < \frac{d_2(a - d_2)}{2c} +$$

$$+ \sqrt{\frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} + \frac{d_2}{c}x^*}.$$

Если

$$\frac{1}{d_1} [kx^{*2} - (g - h - d_1)x^*] > \frac{d_2(a - d_2)}{2c} +$$

$$+ \sqrt{\frac{d_2^2(a - d_2)^2}{4c^2} + \frac{d_2}{c}x^*},$$

то в системе (1) нет особых точек.

В случае 4 динамика субпопуляций аналогична случаю 3, лишь рост популяции будет более медленным, а вырождение – более быстрым за счет имеющейся конкуренции за ресурсы и территорию в обеих частях популяции.

В заключение изучим один частный случай в системе (1), когда члены уравнений системы  $d_1(y - x)$  и  $d_2(x - y)$  имеют виды  $d_1 y$  и  $-d_2 y$ , соответственно. Это означает, что происходит непрерывное пополнение неохраняемой субпопуляции за счет субпопуляции на охраняемой территории. Плотность популяции  $y$  изменяется по логистическому закону. Система (1) приобретает вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = (g - h)x + d_1 y - kx^2 - b, \\ \frac{dy}{dt} = (a - d_2)y - cy^2. \end{cases} \quad (7)$$

Исследование дискриминанта характеристического уравнения линеаризованной системы (7) показывает, что в системе (7) нет особых точек типа фокуса и центра. Количество же особых точек может изменять-

ся, при разных значениях коэффициентов системы, от 0 до 4 (рис. 13) в отличие от системы (1), у которой не более 2 особых точек.

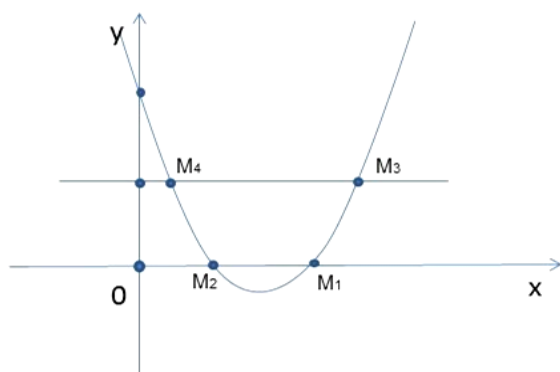


Рис. 13. Особые точки системы (7)

В системе (7) не будет особых точек при условии:

$$b > \frac{(g-h)^2}{4k} + \frac{d_1(a-d_2)}{c},$$

либо  $g-h < 0, b > \frac{d_1(a-d_2)}{c}$ .

Предположим, что  $a-d_2 > 0$ . Условия

$$g-h \geq 0, b = \frac{d_1(a-d_2)}{c}$$

ку  $\left(\frac{g-h}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  – седло-узел.

Введем обозначение:

$$D = \sqrt{(g-h)^2 - 4k \frac{d_1(a-d_2)}{c}}.$$

Устойчивый узел будет при

$$\frac{(g-h)^2}{4k} < b \leq \frac{d_1(a-d_2)}{c}, \frac{(g-h)^2}{4k} < \frac{d_1(a-d_2)}{c}$$

в точке  $\left(\frac{g-h+D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$ . Частный случай – ус-

тойчивый узел при  $g < 0, b = \frac{d_1(a-d_2)}{c}$  в точке

$$\left(0, \frac{a-d_2}{c}\right).$$

Две особые точки – устойчивый узел

$$\left(\frac{g-h+D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$$

и седло  $\left(\frac{g-h-D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  существуют в системе

(7), если выполняются условия

$$g-h > 0, b \geq \frac{d_1(a-d_2)}{c}, b > \frac{(g-h)^2}{4k}.$$

Устойчивый узел  $\left(\frac{g-h+D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  и сед-

ло-узел  $\left(\frac{g-h}{2k}, 0\right)$  – две особые точки при

$$g-h \geq 0, b = \frac{(g-h)^2}{4k}, b \leq \frac{d_1(a-d_2)}{c}.$$

Три особые точки существуют при выполнении двух наборов условий:

а)  $g-h > 0, b = \frac{(g-h)^2}{4k}, b \geq \frac{d_1(a-d_2)}{c}$ .

Тогда  $\left(\frac{g-h+D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  – устойчивый узел,

$\left(\frac{g-h-D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  – седло,  $\left(\frac{g-h}{2k}, 0\right)$  – седло-узел.

б)  $g-h > 0, b < \frac{(g-h)^2}{4k}, b < \frac{d_1(a-d_2)}{c}$ .

Точки  $\left(\frac{g-h+D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  – устойчивый узел,

$\left(\frac{g-h+\sqrt{g^2-4kb}}{2k}, 0\right)$  – седло,

$\left(\frac{g-h-\sqrt{g^2-4kb}}{2k}, 0\right)$  – неустойчивый узел.

Наконец, четыре особые точки имеются в первой четверти при:

$$g-h > 0, b < \frac{(g-h)^2}{4k}, b \geq \frac{d_1(a-d_2)}{c}.$$

Это точки  $\left(\frac{g-h+\sqrt{g^2-4kb}}{2k}, 0\right)$  – седло,

$\left(\frac{g-h-\sqrt{g^2-4kb}}{2k}, 0\right)$  – неустойчивый узел,

$\left(\frac{g-h+D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  – устойчивый узел,

$\left(\frac{g-h-D}{2k}, \frac{a-d_2}{c}\right)$  – седло.

Следовательно, в системе (7) могут быть особые точки четырех типов: устойчивый и неустойчивый узлы, седло и седло-узел. Пронумеруем особые точки следующим образом (рис. 14).

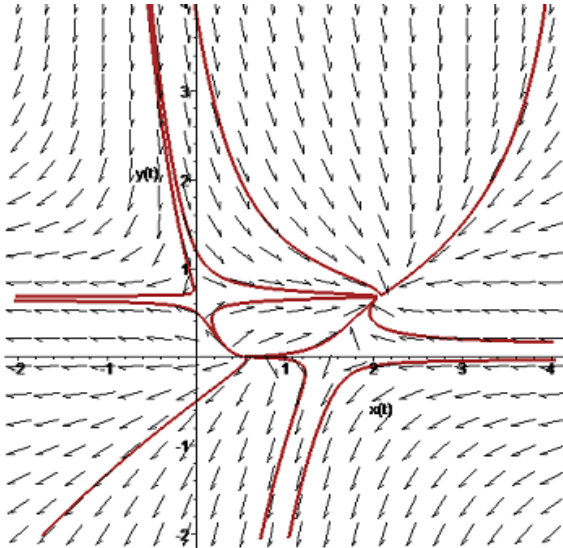


Рис. 14.  $g-h = 2.5$ ,  $a = 3$ ,  $d_1 = 1.4$ ,  $d_2 = 1.5$ ,  $k = 1.2$ ,  $c = 2.2$ ,  $b = 1$ ,  $M_1 (1.54; 0)$  – седло,  $M_2 (0.54; 0)$  – неустойчивый узел,  $M_3 (2.07; 0.68)$  – устойчивый узел,  $M_4 (0.02; 0.68)$  – неустойчивый узел

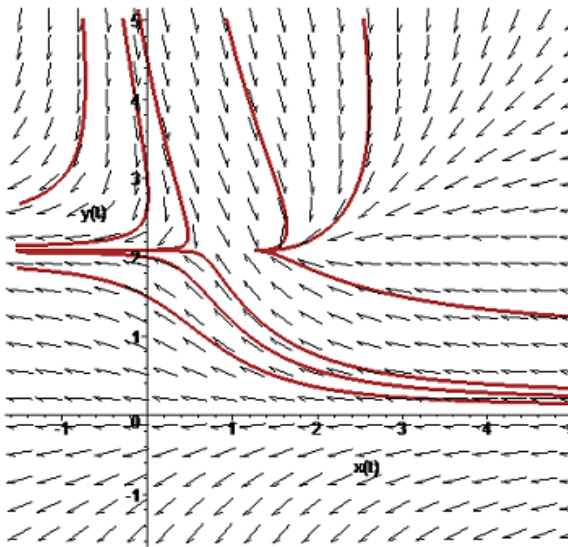


Рис. 15.  $g-h = 2$ ,  $a = 4$ ,  $d_1 = 1.4$ ,  $d_2 = 1.5$ ,  $k = 1$ ,  $c = 1.2$ ,  $b = 3.92$ ,  $L (1; 2.08)$  – седло-узел

$$M_1 \left( \frac{g-h+\sqrt{g^2-4kb}}{2k}, 0 \right), M_2 \left( \frac{g-h-\sqrt{g^2-4kb}}{2k}, 0 \right),$$

$$M_3 \left( \frac{g-h+D}{2k}, \frac{a-d_2}{c} \right),$$

$$M_4 \left( \frac{g-h-D}{2k}, \frac{a-d_2}{c} \right). \text{ Точка } M_1 \text{ – седло, точка}$$

$M_2$  – неустойчивый узел, точка  $M_3$  – устойчивый узел, точка  $M_4$  – седло.

$$\text{Точки } K \left( \frac{g-h}{2k}, 0 \right), L \left( \frac{g-h}{2k}, \frac{a-d_2}{c} \right) \text{ получаются}$$

в предельных случаях (рис. 15), когда точки  $M_1, M_2$

,  $M_3, M_4$  стягиваются в одну точку – седло-узел, причем сохраняются свойства устойчивости или неустойчивости узлов.

Таким образом, в системе имеются два бифуркационных параметра

$$b = \frac{(g-h)^2}{4k}, b = \frac{(g-h)^2}{4k} + \frac{d_1(a-d_2)}{c},$$

изменения знаков которых приводят к изменению фазовых портретов траекторий. Другие условия на параметры системы налагаются из-за условия нахождения особых точек в первой четверти фазовой плоскости.

При  $g-h < 0$  может существовать только одна особая точка – устойчивый узел, или особых точек вообще не будет. Бифуркационный параметр также будет только один. Таким образом, при пополнении вырождающейся популяции имеется только два варианта её развития во времени.

Если же  $a-d_2 < 0$ , то в системе (7) могут существовать две особые точки устойчивый узел и седло

при  $b < \frac{(g-h)^2}{4k}$ . Если  $b = \frac{(g-h)^2}{4k}$ , то в точке  $K$  – седло-узел при выполнении условия  $a-d_2 = 0$ .

По результатам приведенных выше исследований можно сделать следующие **выводы**.

1. В системах (1) и (2) имеется не более двух особых точек, в системе (7) – до четырех. Следовательно, динамика системы (7) более непредсказуема по сравнению с динамикой системы (1) в случаях 1 – 4.

2. Во всех системах отсутствуют особые точки типа фокус и центр. Это позволяет сделать вывод, что наличие внешнего вмешательства в развитие популяций приводит к исчезновению периодических колебаний плотности, присущих природным системам.

3. В системе (2) при  $b = 0$  в начале координат существуют четыре вида особых точек, а при  $b \neq 0$  – только два. Из этого следует, что наличие браконьерского промысла уменьшает количество возможностей развития популяции и увеличивает вероятность ее вырождения.

4. В обеих системах (1) и (2) существует демпфирующий эффект введения конкуренции. В случае существования двух особых точек в обеих системах седло и устойчивый узел стягиваются в седло-узел при стремлении параметра  $b$  к значению (5), т. е. имеет место бифуркация. Следовательно, наличие конкуренции в неохраемой части популяции приводит к большей неопределенности в динамике систем. При этом стабилизация плотностей происходит на более низких уровнях. Ту же картину мы видели в системе (1) при  $k = 0$  [3]. При дальнейшем возрастании  $b$  особые точки на фазовых портретах вообще исчезают, что означает вырождение обеих частей популяции.

5. При пополнении вырождающейся популяции, описываемой моделью (7) при отрицательном коэффициенте ее прироста, число вариантов динамики субпопуляций снижается до двух.

**Литература**

1. Арнольд В. И. Теория катастроф. М.: Наука, 1990. 128 с.
2. Базыкин А. Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М.: Наука, 1985. 181 с.
3. Васильев М. Д., Григорьев М. П., Трофимцев Ю. И. Создание охраняемой территории: моделирование динамики популяции и оценка затрат // Математические заметки ЯГУ. 2013. Т. 20. Вып. 2. С. 222 – 236.
4. Васильев М. Д., Григорьев М. П., Трофимцев Ю. И., Халтанова М. М. Оптимизация добычи популяции при наличии охраняемой территории // Мат. моделир. развития север. территорий РФ: тез. докл. Всеросс. конф. Якутск: Сфера, 2012. С. 96 – 99.
5. Васильев М. Д., Трофимцев Ю. И. Моделирование непрерывно пополняемой популяции // Тез. докладов VII Межд. конф. по мат. моделир. Якутск: Дани-Алмас, 2014. С. 128 – 129.
6. Васильев М. Д., Трофимцев Ю. И. Устойчивость модели динамики охраняемой популяции при оптимизации функции добычи // Тез. VI Межд. конф. по мат. моделир. Якутск: Медиа-холдинг Якутия, 2011. С. 26 – 27.
7. Васильев М. Д., Трофимцев Ю. И. Эколого-экономическая модель охраняемой популяции со случайной величиной добычи // Тр. Межд. науч. чтений «Приморские зори – 2012». Вып. 1. Владивосток: Изд-во ТАНЭБ, 2012. С. 75 – 78.
8. Васильченко В. В., Мермельштейн И. Г. О влиянии недоступных для хищника участков на динамику системы "хищник-жертва" // Мат. моделир. в проблемах рацион. природопользования. Тез. докл. XVII школы-семинара. Ростов н/Д.: Изд-во РГУ, 1989. С. 59.
9. Григорьев М. П., Половинкин Ю. Т., Романова Н. А., Софронов Е. Т., Трофимцев Ю. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения в примерах и задачах. 2-е изд. М.: Вузовская книга, 2008. 248 с.
10. Демидович Б. П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Наука, 1967. 467 с.
11. Докторова В. А. Развитие популяции при наличии охраняемой территории // Приморские зори – 2007: Тр. Межд. науч. чтений. Вып. 1. Владивосток: Изд-во ТАНЭБ, 2007. С. 131–134.
12. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1973. 832 с.
13. Леонов А. М., Трофимцев Ю. И. Восстановление популяции с помощью убежищ // Тез. докл. II Межд. конф. по мат. моделир. Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 1997. С. 66 – 67.
14. Леонов А. М., Трофимцев Ю. И. Качественный анализ динамики промысловых популяций при наличии охраняемых территорий // Мат. проблемы экологии. Тез. докл. II Всеросс. конф. Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 1994. С. 112 – 113.
15. Леонов А. М., Трофимцев Ю. И. Особые точки и бифуркационные параметры модели восстановления популяции // Мат. заметки ЯГУ. 2008. Вып. 2. Т. 15. С. 106 – 118.
16. Мазалов В. В., Реттеева А. Н. Об одной задаче управления популяцией // Обзорение прикладной и промышленной математики. 2002. Вып. 2. Т. 9. С. 293 – 306.
17. Толстихин О. Н., Трофимцев Ю. И. Экологический менеджмент. Новосибирск: Наука, 1998. 216 с.
18. Vasilyev M. D. The stability of ODE system in the models of dynamics // International Young Scientists Conference on Mathematical Modeling. Linyi, China, May, 24 – 25, 2010. Abstracts. Yakutsk: IMI YSU, 2010. P. 102.
19. Mazalov V. V., Rettieva A. N. A fishery game model with migration: Reserved territory approach // Game Theory and Applications. Nova Sci. Publ. N.Y., 2004. V. 10. P. 97 – 108.

**Информация об авторах:**

**Васильев Максим Дмитриевич** – старший преподаватель кафедры дифференциальных уравнений Института математики и информатики Северо-Восточного федерального университета, Якутск, 1767700@mail.ru.

**Maxim D. Vasilyev** – Senior Lecturer at the Department of Differential Equations, Institute of Mathematics and Information Science, North-Eastern Federal University (Yakutsk).

**Трофимцев Юрий Иванович** – доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики Института математики и информатики Северо-Восточного федерального университета, Якутск, trofimtsev@mail.ru.

**Yury I. Trofimtsev** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Differential Equations, Institute of Mathematics and Information Science, North-Eastern Federal University (Yakutsk).

*Статья поступила в редколлегию 26.02.2015 г.*



НАУКОЕМКИЙ ПРОГРАММНЫЙ WEB-ИНСТРУМЕНТАРИЙ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИИ УГОЛЬНОГО РЕГИОНА  
*А. М. Гудов, С. Ю. Завозкин, И. В. Григорьева, Л. В. Бондарева, Н. Н. Окулов*

KNOWLEDGE-INTENSIVE SOFTWARE WEB-TOOLS FOR SOLVING THE PROBLEMS  
OF THE COAL REGION ECOLOGY

*A. M. Gudov, S. Yu. Zavozkin, I. V. Grigorieva, L. V. Bondareva, N. N. Okulov*

*Работа выполняется в рамках задания № 2014/64 на выполнение государственной работы «Организация проведения научных исследований».*

Работа посвящена описанию прототипа информационно-вычислительного портала, создаваемого в Кемеровском государственном университете с целью предоставления доступа широкого круга инженерам, студентам, аспирантам и другим заинтересованным пользователям к решению прикладных задач экологии Кузбасса. В качестве элементов прототипа представлены: решение задачи движения примесей в затопленной шахте; виртуальная лаборатория по изучению параллельного программирования; система доступа к распределенным вычислительным ресурсам.

The paper is dedicated to the pilot system of the computer information portal that is being designed at Kemerovo State University in order to enable engineers, students, postgraduate students and other users to get an expanded access to solving applied environmental problems in Kuzbass. The following elements of the pilot system are presented: solution for the problem of grit motion in a flooded shaft; virtual laboratory of parallel programming, distributed computer resources access system.

**Ключевые слова:** информационно-вычислительный портал, математическое моделирование, метод сеток, виртуальная лаборатория, высокопроизводительные вычисления.

**Keywords:** computer information portal, mathematical modeling, net method, virtual laboratory, high performance computing.

**Введение**

Предприятия угольной промышленности оказывают существенное негативное влияние на все компоненты окружающей среды Кузбасса, вызывая нежелательное их изменение. Экологическая ситуация усугубляется высокой стоимостью природоохранных объектов, сложностью изыскания средств на финансирование, отсутствием в ряде случаев научно обоснованных рекомендаций по снижению отрицательного воздействия горных работ на окружающую среду и ликвидации последствий этого воздействия. Большое влияние разработка угольных месторождений оказывает на состояние водных ресурсов региона. Увеличивается количество сточных вод на предприятиях угольной промышленности, которые являются серьезным источником загрязнения водных ресурсов. Многие из входящих в состав сточных вод компоненты способны накапливаться в водоемах, аккумулироваться водными организмами, вызывая необратимые последствия в водной среде.

По сравнению с другими, метод очистки сточных вод в отработанных горных выработках затопленных угольных шахт позволяет значительно сократить затраты. В Кузбассе впервые в мировой практике данную методику опробовали на шахте «Кольчугинская» для очистки сточных вод углеобогащательной фабрики «Комсомолец». Предполагается, что закачанные в выработку жидкие промышленные отходы будут очищаться за счет отстаивания и разбавления фильтрующимися грунтовыми водами.

При всей экономической привлекательности применения такого метода очистки остается актуальной и важной проблема исследования и прогнозирования

вероятных сценариев развития протекающих внутри процессов. Так наиболее опасным возможным сценарием может стать «залповый выброс» накопленных примесей, когда будет наблюдаться даже кратковременное увеличение концентрации и объема примесей в откачиваемой жидкости. Причинами возникновения данного явления могут стать изменения внутренней структуры выработки из-за обрушения верхней кровли или слеживания накопившегося осадка, сезонное изменение гидрологического режима в регионе, и, как следствие, увеличение объема фильтрующихся грунтовых вод. Обводненная выработка представляет собой «черный ящик», поэтому реальные измерения каких-либо параметров возможны лишь на входе и выходе. Численное моделирование процесса очистки промышленных стоков является практически единственным инструментом позволяющим оценить воздействие такого проекта на экологию нашей области.

Зачастую созданные в процессе развития наукоемких технологий программные средства остаются либо в распоряжении разработчиков, либо собираются в проблемно-ориентированные пакеты и используются только узким кругом специалистов. Это обусловлено, прежде всего, тем, что программное обеспечение решает узкопрофессиональные задачи, является сложным в эксплуатации, постоянно требует доработки при изменении постановки решаемой задачи. Такое программное обеспечение является уникальным, лицензии на его использование обладают большой стоимостью (порядка 2500 \$ за процессор или 900 – 1500 \$ на пользователя). Современные информационные технологии позволяют существенно снизить стоимость проведения вычислительного эксперимента

и расширить круг пользователей за счет создания облачных вычислений и специализированных WEB-сервисов.

В Кемеровском государственном университете (КемГУ) реализуется проект, цель которого заключается в создании наукоемкого web-ориентированного программно-технологического комплекса для решения экологических задач угольного региона, доступного широкому кругу исследователей, управленцев, инженеров, студентов, аспирантов.

В рамках выполнения проекта решаются следующие задачи:

- создание математических моделей для решения прикладных экологических задач;
- проведение вычислительных экспериментов на базе центра коллективного пользования (ЦКП) по высокопроизводительным вычислениям;
- верификация результатов численных экспериментов на массиве статистических данных предприятий угольной промышленности Кемеровской области;
- разработка прикладного программного обеспечения на основе web-приложения (информационно-вычислительный портал);
- создание виртуальных лабораторных практикумов и методического обеспечения для проведения образовательного процесса на базе информационно-вычислительного портала;
- запуск в эксплуатацию вычислительного портала для сдачи в аренду созданных математических моделей, алгоритмов, прикладного программного обеспечения.

Таким образом, реализация проекта ведется по следующим основным направлениям:

1) создание математических моделей и программных компонентов для решения задач затопления шахт и газификации углей;

2) моделирование и реализация программно-технологической web-платформы для предоставления набора сервисов по выполнению функций информационно-вычислительного портала;

3) создание образовательной компоненты в виде виртуального лабораторного практикума по параллельному программированию;

4) организация доступа к собственному вычислительному ресурсу (ЦКП) и другим вычислительным ресурсам, предоставляемым конечному пользователю на сторонних площадках или в облаке.

#### *Задача о затоплении шахты*

В рамках выполнения задач по первому направлению построена многопараметрическая математическая модель, основные положения которой приводятся ниже.

Будем предполагать, что:

1) в отработанную горную выработку подаются промышленные стоки, содержащие только нерастворенные примеси с известными концентрациями;

2) через верхнюю кровлю в выработку поступают грунтовые воды, не содержащие нерастворенные примеси;

3) частицы примеси не влияют на течение, но оседают под действием силы тяжести и распространяются по выработке за счет диффузии и переноса вместе с потоком воды; осевшие примеси могут накапливаться и «затвердевать» (слеживаться), если на протяжении некоторого времени не сносятся потоками воды;

4) так как скорость движения жидкости в затопленной горной выработке мала, то боковые стенки не оказывают существенного влияния на осаждение и подъем примеси, поэтому будем рассматривать только двумерную модель.

Задача о течении и распространении растворенных примесей рассматривалась в работах [6 – 10].

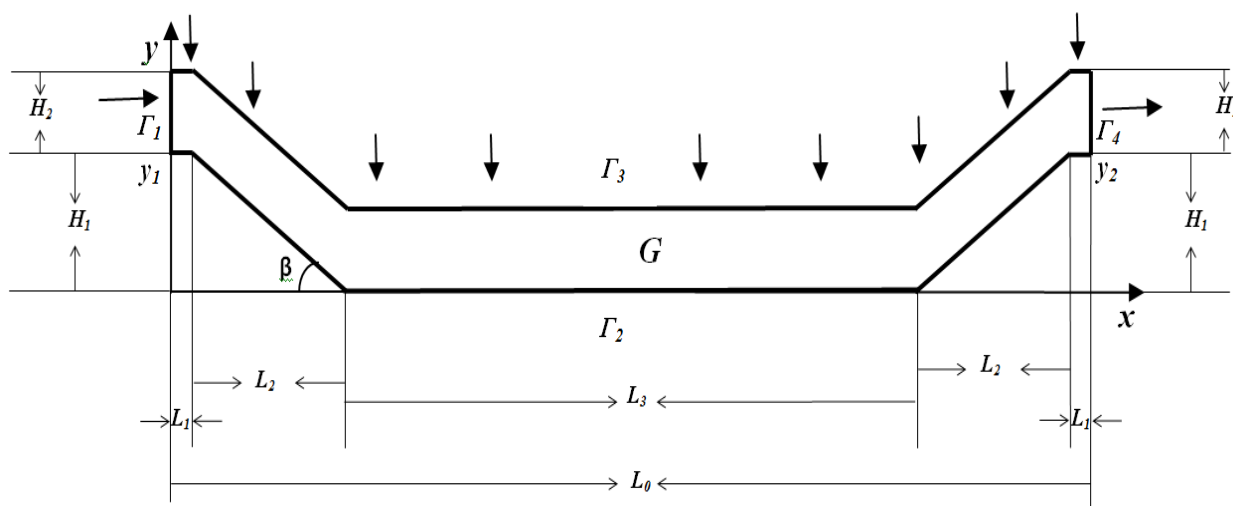


Рис. 1. Область решения для задачи об оседании примеси и слеживании осадка

Рассмотрим область решения  $G$ , характерной для затопленной горной выработки (рис. 1) с границей

$$\partial G = \bigcup_i \Gamma_i, \quad i = 1, \dots, 4, \quad \text{где } \Gamma_1, \Gamma_4 - \text{входное и выходное}$$

отверстия, соответственно, высоты  $H_2, \Gamma_2, \Gamma_3$  – нижняя и верхняя границы, длины  $2L_1 + 2L_2 + L_3$ .

Считаем, что жидкость является однородной, вязкой и несжимаемой. Течение такой жидкости описывается безразмерной системой уравнений Навье – Стокса в переменных «функция тока – вихрь» [11].

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \frac{1}{\text{Re}} \Delta \omega; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega. \quad (2)$$

Для системы уравнений (1) – (2) ставится следующие начальная и краевая задачи:

$$u|_{t=0} = 0, \quad v|_{t=0} = 0;$$

$$\Gamma_1: u = u_0(t, x, y), \quad v = 0; \quad \Gamma_2: u = 0, \quad v = 0; \quad (3)$$

$$\Gamma_3: u = 0, \quad v = v_0(t, x, y);$$

$$\Gamma_4: u = u_1(t, x, y), \quad v = 0.$$

В (1) – (3) используются следующие обозначения:

$\vec{U} = (u(t, x, y), v(t, x, y))$  – вектор скорости, заданный своими компонентами  $u, v$ ;

$u_0(t), u_1(t), v_0(t)$  – известные функции, определенные на границе области решения  $\partial G$ ;

$\text{Re} = \frac{\tilde{u} L_0}{\nu}$  – число Рейнольдса;

$\tilde{u}$  – характерная скорость, вычисляется как максимальная скорость входного потока;

$L_0$  – характерная длина;

$\nu$  – кинематическая вязкость;

$\Delta$  – оператор Лапласа.

Компоненты вектора скорости  $u, v$  связаны с вихрем  $\omega$  и функцией тока  $\psi$  соотношениями:

$$\omega = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}, \quad u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}.$$

Учитывая (3), зададим  $\omega$  и  $\psi$  на  $\partial G$  следующим образом:

$$\omega|_{t=0} = 0, \quad \omega|_{\partial G} = \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)_{\partial G}; \quad (4)$$

$$\psi|_{t=0} = 0, \quad \bigcup_i \Gamma_i: \psi = \psi_i(t, x, y);$$

где  $\psi_i(t, x, y)$  – известные функции, которые выби-

раются таким образом, чтобы выполнялось условие

$$\int_{\partial G} \frac{\partial \psi}{\partial n} = 0 \quad [12], \quad n - \text{направление внешней нормали.}$$

Для моделирования распространения примеси используется уравнение переноса [2], учитывающее воздействие силы тяжести и диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + (v - v_s) \frac{\partial C}{\partial y} = D \left( \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \quad (5)$$

с соответствующими начальными и граничными условиями:

$$C(x, y, 0) = C_0(x, y);$$

$$\Gamma_1: C = C_1(x, y); \quad \Gamma_2: D \frac{\partial C}{\partial y} + v_s C = C_D - C_{us}; \quad (6)$$

$$\Gamma_3: C = C_1(x, y); \quad \Gamma_4: \frac{\partial C}{\partial y} = 0.$$

Здесь  $C_0(x, y), C_1(x, y), C_2(x, y)$  – заданные функции, определенные на границе  $\partial G$ ;

$C$  – концентрация оседающей примеси;

$v_s$  – скорость оседания примеси, характеризует массу оседающих частиц;

$D$  – коэффициент диффузии.

На нижней границе области решения  $\Gamma_2$  определяется поток «тяжелой» примеси, равный разности расходов отрывающихся от дна частиц примеси  $C_D$  (отвечает за размыв осадка) и оседающих частиц  $C_{us}$  (определяет аккумуляцию примеси на дне).

Процесс отложения примесей моделируется так: если на протяжении времени  $T^*$  в области решения вблизи границы, концентрация осевшей примеси превышает пороговое значение  $C^*$ , то будем считать, что данная примесь перестает сноситься течением, и граница области решения переносится в соответствии с концентрацией  $C^*$  и временем  $T^*$ .

Поставленные дифференциальные задачи решаются методом сеток. Исходные дифференциальные краевые задачи аппроксимируются обычным образом на разностной, согласованной с границей, неравномерной сетке с шагом  $h_{x_i}, h_{y_i}$  по пространственным переменным и шагом  $\tau$  по времени [13]. Уравнение переноса вихря и уравнение переноса примеси решаются неявной схемой стабилизирующих поправок с противоточной аппроксимацией конвективных членов [14]. Разностное уравнение Пуассона для функции тока решается методом минимальных невязок неполной аппроксимации с параметром – матрицей с использованием покомпонентной и глобальной оптимизации итерационных параметров [5].



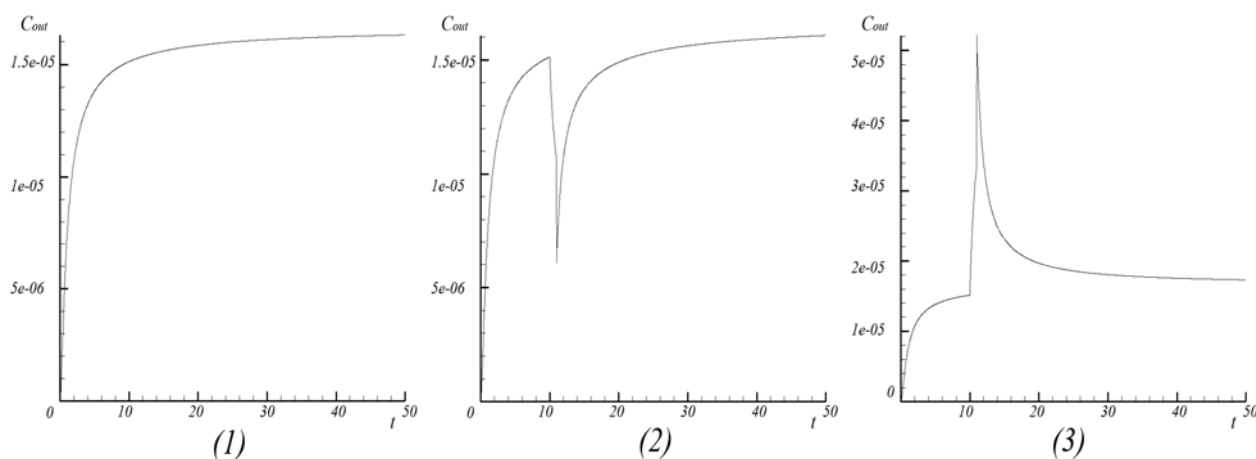


Рис. 2. График изменения количества примеси, выходящей из области решения (1) поток грунтовых вод постоянен; (2) поток грунтовых вод уменьшается в 4 раза в интервале времени  $t \in (10, 11)$ ; (3) модель «залпового выброса» поток грунтовых вод увеличивается в 4 раза в интервале времени  $t \in (10, 11)$

Предполагается, что в начальный момент времени  $t = 0$  в области решения нет примесей, и через входную границу в область начинается подача загрязненной жидкости. Через верхнюю кровлю фильтруются «чистые» грунтовые воды, а на выходной границе проводится откачка жидкости.

Основной характеристикой, показывающей насколько «эффективно» происходит процесс осаждения и накопления примеси является объем примесей, выходящих из области решения с потоком откачиваемой жидкости  $C_{out}$ . Когда поток поступающих в область грунтовых вод  $V_{in}$  постоянен, количество выходящей примеси равномерно увеличивается до некоторого уровня (рис. 2.1).

Но в случае любых колебаний  $V_{in}$  показатель  $C_{out}$  может существенно изменяться. При этом уменьшение объема поступающей жидкости не приводит к опасным последствиям (Рис. 2.2), количество «выброса» уменьшается соответствующим образом и с восстановлением прежнего объема потока равномерно увеличивается.

Самым опасным развитием процессов осаждения и накопления илов является возможность так называемого «залпового выброса». Такая картина может наблюдаться, если, например, произойдет даже кратковременное увеличение объема фильтруемых грунтовых вод (рис. 2.3). Как видно из рисунка, в интервале времени от  $t = 10$  до  $t = 11$  вместе с увеличением  $V_{in}$  в 4 раза происходит резкое увеличение количества примеси на выходе из области решения. До момента времени  $t = 10$  происходит равномерное увеличение величины  $C_{out}$ , а после  $t = 11$  ее показатели уменьшаются до значения, полученного для аналогичной задачи с постоянным объемом фильтрующихся грунтовых вод (рис. 2.1).

Предложенная модель позволяет исследовать процессы течения и распространения, оседания нерастворенных примесей, с возможностью изменения формы выработки из-за накопления осадка. Моделирование осуществляется с учетом внутренних свойств жидкости, оперируя конечным набором параметров (ско-

рость оседания, диффузия, интенсивность накопления и др.). Эмпирически подбирая входные параметры задачи, можно моделировать примеси, обладающие разными свойствами. Модель позволяет прогнозировать момент «запираания» канала тока жидкости и возможность «залпового выброса».

#### Информационно-вычислительный портал

В рамках реализации программно-технологической web-платформы создается специализированный информационно-вычислительный портал, который должен обладать следующими основными функциональными возможностями:

- предоставление сервиса для решения сложных наукоемких задач экологической направленности для угольных предприятий региона;
- использование вычислительного кластера для проведения вычислительных экспериментов на базе ЦКП КемГУ;
- предоставление картографического сервиса для наглядного представления полученных результатов;
- предоставление сервисов для отладки параллельных программ с использованием эмуляции вычислительного кластера;
- предоставление виртуального лабораторного практикума для образовательных целей;
- предоставление сервисов по учету используемых вычислительных ресурсов для целей обеспечения аренды разработанного программного обеспечения.

Работу с порталом можно осуществлять двумя способами.

1. Если пользователь не обладает достаточными знаниями и навыками специфики работы с порталом, он может сформулировать запрос в общем виде в соответствии с предложенным набором правил (рис. 3, блок 1). Если запрос требует уточнения, у пользователя запрашивается дополнительная информация (Рис. 3, блок 2). Как только запрос конкретизирован, поль-

зователю предлагается доступное решение (или набор решений) задачи в виде действий, которые ему необходимо выполнить.

2. В случае, если пользователь знает конкретно что ему нужно на портале, он просто выбирает действие из списка возможных.

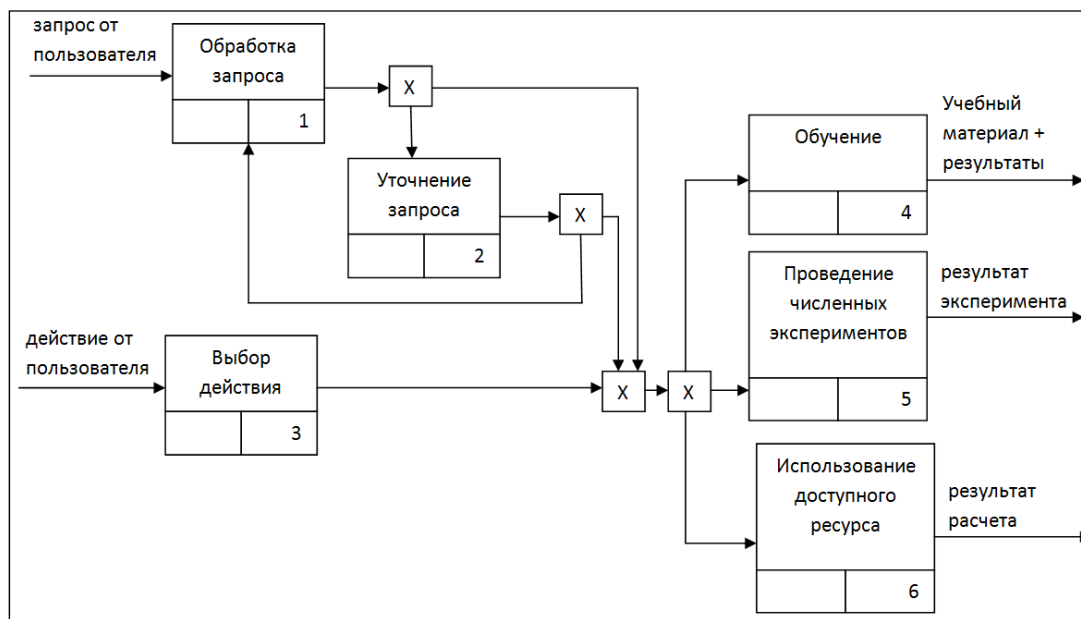


Рис. 3. Процесс использования информационно-вычислительного портала

Портал предоставляет три крупных блока функций:

- 1) для образовательных целей (Рис. 3, блок 4);
- 2) для решения наукоемких задач и проведения численных экспериментов с помощью специального инструментария (Рис. 3, блок 5);
- 3) для выполнения собственного программного кода на определенном вычислительном ресурсе (Рис. 3, блок 6).

Для работы с системой пользователь использует браузер (Рис. 4), который, взаимодействуя с системой посредством web-сервера, выполняет функции отображения данных [1]. Интерфейс пользователя обеспечивает ввод в систему новых объектов (исходные файлы расчетных программ, файлы начальных дан-

ных и пр.) и получение результатов расчетов в текстовом и/или графическом виде.

База данных содержит файлы пользователя и метаинформацию, необходимую для организации проведения расчетов (база пользователей, вычислительных ресурсов, журналы событий и т. п.). Менеджер вычислительных ресурсов (МВР) выполняет основную функцию системы – запуск программ на удаленных вычислительных ресурсах. МВР и сервер приложений занимают ключевое место в системе и обеспечивают связь между клиентской частью системы и вычислительными ресурсами. МВР взаимодействует с удаленными вычислительными ресурсами, отслеживает их состояние, обеспечивает двустороннюю передачу файлов и команд.

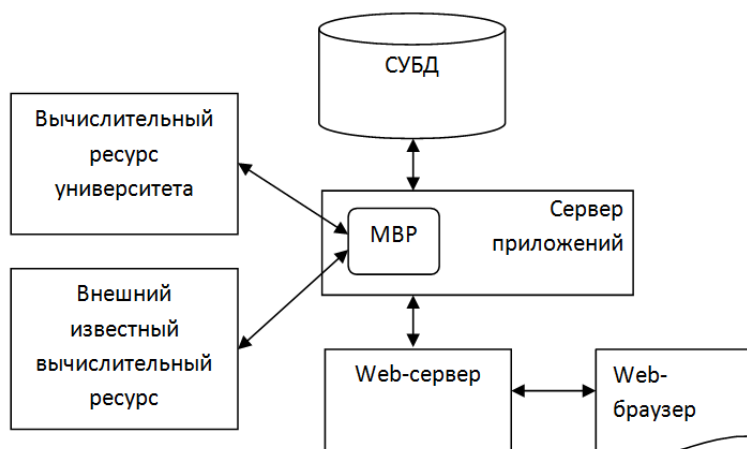


Рис. 4. Архитектура информационно-вычислительного портала

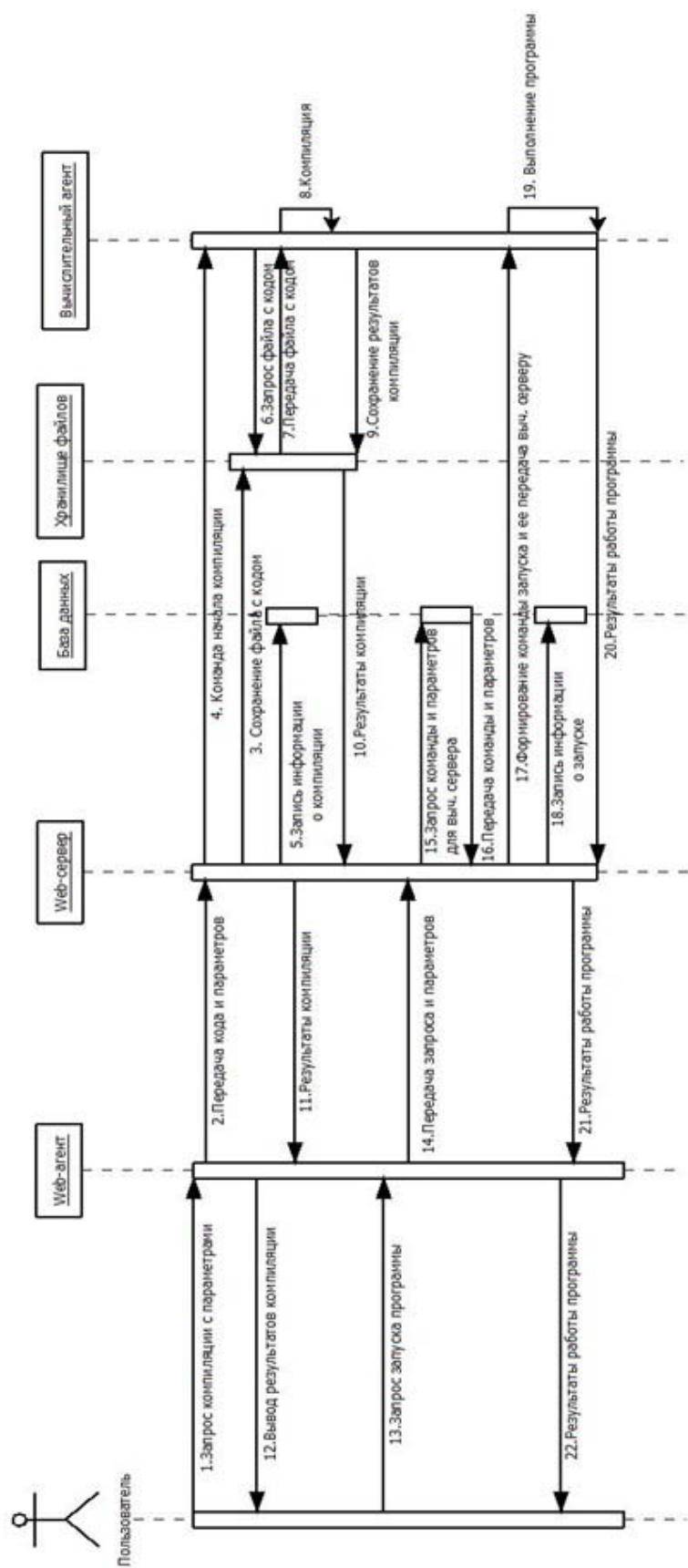


Рис. 5. Диаграмма последовательности действий компиляции и запуска программ

Для визуализации и пространственного представления полученных результатов в рамках информационно-вычислительного портала разрабатывается модуль, предоставляющий картографический сервис, который позволит сформировать расчетную область задачи, основываясь на картографическом описании местности. Это в значительной степени упростит начальный этап моделирования и позволит получать решения, соответствующие реальным условиям задач, у которых расчетная область представляет собой поверхность земли с расположенными на ней объектами.

В качестве образовательной компоненты реализуется модуль виртуальной лаборатории по параллельному программированию. Модуль «Виртуальный лабораторный практикум по параллельным алгоритмам» является образовательным ресурсом, предоставляющим теоретический материал и экспериментальную площадку для реализации параллельных алгоритмов в рамках одной системы.

Модуль предоставляет полнотекстовый теоретический материал, структурированный по главам, с иллюстративным материалом и анимационными роликами по темам: реализация параллельных алгоритмов для кластеров с общей и распределенной оперативной памятью с использованием библиотеки MPI и директив OpenMP (матрично-векторные операции, точные и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, сортировки внутренних массивов, генетические алгоритмы); вопросы сложности и теоретической оценки параллельных алгоритмов. Реализована возможность организации обсуждения теоретического материала.

Единый порядок доступа ко всем вычислительным ресурсам обеспечивает единый унифицированный подход к работе со всеми доступными вычислительными ресурсами. Пользователь, выбрав ресурс и средства реализации (язык программирования, средства распараллеливания, компилятор), реализует код программы во фреймворке, предложенной системой [4]. Для написанного кода пользователь может создать выполняемый файл или получить список ошибок компиляции.

В настоящее время модуль обеспечивает доступ к параллельным вычислительным ресурсам ЦКП КемГУ; применяется при разработке параллельных программ на языке C/C++ для систем с распределенной памятью с использованием библиотеки MPI, систем с общей памятью с использованием директив OpenMP, а так же для гибридных систем с использованием MPI и OpenMP.

Организация доступа к вычислительным ресурсам реализуется в соответствии со следующими основными принципами.

1. Унификация работы с вычислительными ресурсами.
2. Предоставление вычислительных ресурсов, адекватных требованиям пользователя. Организация гибкой системы распределения пользовательских задач по вычислительным ресурсам с учетом используемых средств реализации программ и средств распараллеливания, запрошенного объема оперативной

памяти, с учетом приоритета пользователей (исследователи имеют больший приоритет, чем обучающиеся).

3. Прозрачность системы – предоставление информации пользователю о состоянии доступных вычислительных ресурсов и расчетов. Пользователь может видеть состояние своих расчетов, положение очереди расчетов, отменять вычисления, получать результаты вычислений.

4. Организации доступа в удаленном режиме посредством предоставления web-интерфейса.

5. Нетребовательность к уровню знания пользователем команд операционных систем (ОС) используемых вычислительных ресурсов, компиляторов и пр.

6. Поддержка различных сред запуска (компиляторы, ОС, технологии параллельного программирования (MPI, OpenMP, UPC и др.)).

7. Возможность отложенного запуска заданий, функции пакетной обработки.

8. Простота подключения и использования новых вычислительных ресурсов (при наличии соответствующего агента).

9. Предоставление пользователю информации в зависимости от его предпочтений, а также прав доступа, определяемых набором ролей пользователя (основывается на механизмах аутентификации и авторизации).

Таким образом, данная система сочетает в себе возможности удаленного доступа с web-интерфейсом пользователя, пакетной обработки заданий и мониторинга состояния вычислительных ресурсов [3].

### Заключение

В результате выполнения проекта разработана многопараметрическая модель гидродинамики несжимаемой жидкости. Созданы и опробованы соответствующие алгоритмы. Предложены принципы создания информационно-вычислительного портала на основе сервис ориентированной архитектуры. Реализован прототип web-ориентированного программно-технологического комплекса в составе нескольких модулей: программный компонент расчета задачи движения примесей в затопленной шахте; виртуальная лаборатория по параллельным вычислениям; набор компонент для взаимодействия с распределенными вычислительными ресурсами.

Практическая значимость работы заключается в том, что прототип программно-технологического комплекса будет использован для выполнения вычислительных экспериментов и обучению студентов и аспирантов технологиям высокопроизводительных вычислений.

Планируется, что созданный наукоемкий высоко-технологический продукт привлечет дополнительные инвестиции для исследования новых задач экологии региона.

**Литература**

1. Афанасьев К. Е., Окулов Н. Н., Стуколов С. В. Разработка информационного портала параллельных вычислений для проведения научных и инженерных расчетов в режиме on-line // Материалы пятой сибирской конференции по параллельным и высокопроизводительным вычислениям (под ред. проф. А. В. Старченко). Томск: Изд-во Томского ун-та, 2010. С. 10 – 14.
2. Белолипецкий В. М., Костюк В. Ю., Шокин Ю. И. Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды. Новосибирск: Инфолио-пресс, 1997.
3. Власенко А. Ю., Окулов Н. Н. Система автоматического контроля корректности и виртуальная лаборатория как компоненты информационно-вычислительного портала // Научно-технический вестник Поволжья. № 6. Казань, 2011. 267 с.
4. Григорьева И. В., Демидов А. В. Система удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами // Вычислительные технологии. Т. 13. Спец. выпуск 5. 2008. С. 28 – 32.
5. Захаров Ю. Н. Градиентные итерационные методы решения задач гидродинамики. Новосибирск: Наука, 2004. 239 с.
6. Захаров Ю. Н., Потапов В. П., Счастливцев Е. Л., Чирюкина А. В. Моделирование распространения загрязняющих веществ в затопленных горных выработках // Вестник НГУ. 2009. Т. 7. Вып. 4. С. 66 – 72. (Серия: Информационные технологии).
7. Захаров Ю. Н., Потапов В. П., Счастливцев Е. Л., Чирюкина А. В. Моделирование распространения примесей в затопленных горных выработках: монография. Кемерово, 2013. 96 с.
8. Захаров Ю. Н., Счастливцев Е. Л., Чирюкина А. В. Течение идеальной жидкости в закрытых водоемах // Вычислительные технологии. 2008. Т. 13. Спец. выпуск 2. С. 21 – 27.
9. Захаров Ю. Н., Чирюкина А. В. Итерационный метод определения течения стратифицированной жидкости в проточном водоеме // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики: материалы V Всероссийской научной конференции. 2006. С. 511 – 512.
10. Захаров Ю. Н., Чирюкина А. В. Течение жидкости в подземных полостях с учетом фильтрации через стенки // Инновационные недра Кузбасса. IT-технологии: сборник научных трудов. 2007. С. 305 – 309.
11. Лойцянский Л. В. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1987.
12. Роуч П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980.
13. Самарский А. А., Николаев Е. С. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука, 1978. 592 с.
14. Яненко Н. Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. Новосибирск: Наука, 1967.

**Информация об авторах:**

**Гудов Александр Михайлович** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой ЮНЕСКО по новым информационным технологиям КемГУ, 8(3842) 546-469, [good@kemsu.ru](mailto:good@kemsu.ru).

**Alexander M. Gudov** – Doctor of Technical Science, Associate Professor, Head the UNESCO Chair for New Information Technologies, Kemerovo State University.

**Завозкин Сергей Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры ЮНЕСКО по новым информационным технологиям КемГУ, 8(3842) 546-469, [shade@kemsu.ru](mailto:shade@kemsu.ru).

**Sergey Yu. Zavozkin** – Candidate of Technical Science, Assistant Professor at the UNESCO Chair for New Information Technologies, Kemerovo State University.

**Григорьева Ирина Владимировна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры ЮНЕСКО по новым информационным технологиям КемГУ, 8(3842) 546-469, [igriva@list.ru](mailto:igriva@list.ru).

**Irina V. Grigorieva** – Candidate of Physics and Mathematics, Assistant Professor at the UNESCO Chair for New Information Technologies, Kemerovo State University.

**Бондарева Любовь Васильевна** – ассистент кафедры вычислительной математики КемГУ, [l.v.kemerova@mail.ru](mailto:l.v.kemerova@mail.ru).

**Lyubov V. Bondareva** – Assistant Lecturer at the UNESCO Chair for New Information Technologies Kemerovo State University.

**Окулов Николай Николаевич** – ассистент кафедры ЮНЕСКО по новым информационным технологиям КемГУ, 8(3842) 546-469, [onick7@yandex.ru](mailto:onick7@yandex.ru).

**Nikolay N. Okulov** – Assistant Lecturer at the UNESCO Chair for New Information Technologies Kemerovo State University.

*Статья поступила в редколлегию 02.02.2015 г.*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕОДНОРОДНОЙ ЖИДКОСТИ В КРУПНЫХ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДАХ

*Д. А. Долгов, Ю. Н. Захаров*

## MODELLING OF VISCOUS INHOMOGENEOUS FLUID FLOW IN LARGE BLOOD VESSELS

*D. A. Dolgov, Yu. N. Zakharov*

*Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания № 1.630.2014/К.*

В работе рассматривается математическая модель, описывающая течение неоднородной несжимаемой жидкости с переменной вязкостью в канале с гибкими стенками, а также метод ее численного решения. Приведены результаты моделирования аневризмы стенки кровеносного сосуда, а также движения примеси в нем.

In this paper we propose a mathematical model for describing the viscous inhomogeneous fluid flow in a canal with flexible walls. We present the results of modeling of a blood vessel aneurysm, and the flow of admixture inside the vessel.

**Ключевые слова:** вязкая неоднородная жидкость, аневризма сосуда, метод погруженной границы.

**Keywords:** viscous inhomogeneous fluid, aneurysm of blood vessel, immersed boundary method.

### Введение

Трудно переоценить важность медицинских исследований кровеносной системы человека, т. к. знания в этой области чрезвычайно практичны и значимы. В последнее время интерес к математическому моделированию кровеносной системы существенно возрос (см. [16] и цитируемую здесь литературу). Существует множество исследований по данной тематике, в результате которых выделилось два основных подхода к решению подобных задач.

Первый подход связан с использованием конечно-элементных методов для моделирования течения крови в сосудах [3; 15; 17]. Он позволяет хорошо учитывать сложную геометрию задачи, однако необходимость учитывать взаимодействие жидкости и гибких стенок требует постоянного перестраивания расчетной сетки, чтобы удовлетворять меняющейся геометрии исследуемого объекта. Это приводит к существенным затратам работы компьютерных программ расчётов.

Второй подход, который и рассматривается в данной работе, связан с методом погруженной границы [4; 10; 12; 14]. Метод также может применяться в задачах со сложной геометрией, но при этом не требует модификации сетки.

В связи с необходимостью моделирования более сложных задач, появляются развития метода погруженной границы. В [5] предложена формулировка этого метода для случая трехмерного течения двух неперемешивающихся (разделенных гибким препятствием) компонент жидкости разной вязкости и плотности. В [8; 9] показано применение метода для решения двумерных задач о течении двухкомпонентной жидкости.

В данной работе мы предлагаем описывать движение крови в упругих крупных кровеносных сосудах как трехмерное нестационарное течение вязкой несжимаемой жидкости с переменной плотностью и вязкостью [6; 7; 11]. Таким образом, целью работы является построение математической модели и метода решения задачи о возникновении и развитии аневризмы стенок кровеносных сосудов с учетом неоднород-

ной структуры крови, а также о движении примеси (форменных элементов) внутри сосуда.

### Постановка задачи

Рассмотрим нестационарную задачу о течении крови внутри сосуда. Кровь состоит из плазмы и взвешенных в ней форменных элементов. Стенки сосуда являются гибкими и изменяют свою форму в зависимости от течения крови. Сосуд может быть подвержен аневризме, т. е. “выпячиванию” стенок вследствие их растяжения.

Исходя из этого, будем моделировать кровь как вязкую, несжимаемую неоднородную двухкомпонентную жидкость с переменной вязкостью, стенки сосуда – как непроницаемую для жидкости поверхность цилиндрической формы, обладающую определенной жесткостью. Под воздействием давления жидкости сосуд деформируется. Аневризму, возникающую на стенках, будем моделировать с помощью локального уменьшения ее жесткости.

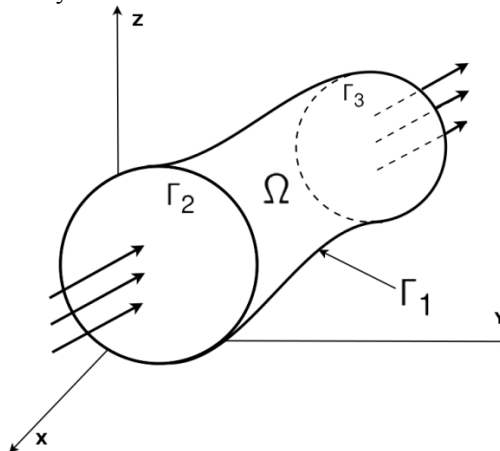


Рис. 1. Изображение расчетной области

Так как источником движения крови в сосудах является давление, создаваемое сокращением сердца, то задачу о ее движении опишем следующей нестационарной системой дифференциальных уравнений Навье-Стокса [7]:

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nabla \sigma + \vec{f} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \quad (2)$$

с начальными и краевыми условиями:

$$\vec{u}(\vec{x}, 0) = \vec{u}_0, \vec{u}|_{\Gamma_1} = \vec{u}_B, u|_{\Gamma_2, \Gamma_3} = 0 \quad (3)$$

$$p|_{\Gamma_2} = p_{in}, p|_{\Gamma_3} = p_{out} \quad (4)$$

где  $\vec{x} = (x, y, z) \in \Omega$ ,  $\vec{u} = (u, v, w)$  – вектор скорости,  $\vec{u}_B$  – скорость, с которой двигаются стенки сосуда при деформации,  $\rho = \rho(\vec{x}, t)$  – плотность,  $p = p(\vec{x}, t)$  – давление,

$\sigma = \mu(\nabla u + (\nabla u)^T)$  – вязкий тензор напряжений,

$\mu = \mu(\vec{x}, t)$  – вязкость жидкости,  $\vec{f} = \vec{f}(\vec{x}, t)$  – вектор массовых сил, который в дальнейшем используется для определения формы сосуда.

Область  $\Omega$  – сосуд с границей  $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3$ ,

где  $\Gamma_1$  – стенка кровеносного сосуда,  $\Gamma_2$  и  $\Gamma_3$  – области втекания и вытекания (рис. 1).

Плотность  $\rho$  и вязкость  $\mu$  определяются следующими соотношениями [7]:

$$\mu = c(\mu_2 - \mu_1) + \mu_1, \quad (5)$$

$$\rho = c(\rho_2 - \rho_1) + \rho_1, \quad (6)$$

где  $\rho_1, \mu_1$  – плотность и вязкость жидкости (плазмы), а  $\rho_2, \mu_2$  – плотность и вязкость примеси (форменных элементов),  $c$  – концентрация примеси. Концентрация  $c = c(\vec{x}, t)$ ,  $c \in [0, 1]$  примеси определяется как решение уравнения:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla c = 0 \quad (7)$$

с начальными условиями:

$$c(\vec{x}, 0) = c_0(\vec{x}), \vec{x} \in \Omega \quad (8)$$

и краевыми условиями на границе втекания:

$$c(\vec{x}, t)|_{\Gamma_2} = c_s(\vec{x}, t). \quad (9)$$

Здесь  $c_0, c_s$  – заданные функции.

Отсутствие задания одной компоненты вектора скорости на участках втекания-вытекания является одной из проблем при численном решении задач подобного типа. Она решается с помощью использования исходных уравнений (1) – (4) на границах  $\Gamma_2$  и  $\Gamma_3$  для вычисления недостающих компонент вектора скорости (подробнее см. [7]).

Для моделирования движения стенок сосуда необходимо определять силы, которые возвращают со-

суд в равновесное состояние. В силу того, что в данной работе рассматриваются небольшие деформации стенок сосуда, мы используем простую формулу для нахождения силы деформации в зависимости от смещения относительно исходного положения:

$$F = k \|X - X_0\|, \quad (10)$$

где  $X, X_0$  – функции, которые описывают поверхность сосуда в момент времени  $t$  и в начальный момент времени,  $k$  – коэффициент жесткости.

Для более общего случая могут быть использованы формулы, приведенные в работах [4; 13].

### Метод решения

В соответствии с методом погруженной границы [12], будем рассчитывать течение жидкости в параллелепипеде  $\bar{\Omega}$ , включающем в себя  $\Omega$ , на границах которого задано условие прилипания. Для расчета течения жидкости будем использовать прямоугольную равномерную разнесенную сетку  $\bar{\Omega}_h$  с шагами  $h_{xi}, h_{yj}, h_{zk}$ , а для определения деформации поверхности сосуда  $\Gamma_1$  введем дополнительную область  $\Gamma$  с лагранжевой системой координат, соотнесенной со стенками сосуда. На границе  $\Gamma$  построим сетку  $\Gamma_h$ , узлы которой соответствуют точкам на  $\Gamma_1$ . Алгоритм решения состоит из нескольких шагов: на сетке  $\bar{\Omega}_h$  решаем задачу (1) – (4); затем решаем уравнение конвекции (7), т. е. определяем концентрацию примеси в области решения и пересчитываем значения плотности и вязкости. Далее определяем деформацию сосуда под воздействием жидкости, т. е. находим смещение узлов сетки  $\Gamma_h$  относительно предыдущего момента времени, и с помощью уравнения (10) вычисляем значение сил, противодействующих деформации. После этого находим новое распределение массовых сил в уравнении движения жидкости.

Поставленная дифференциальная задача (1) – (9) решается методом конечных разностей. Для решения (1) – (4) будем использовать схемы расщепления по физическим факторам [1]:

$$\frac{u^* - u^n}{\Delta t} = -(u^n \cdot \nabla) u^* - \frac{1}{\rho} \nabla \sigma + f^n, \quad (11)$$

$$\rho \Delta p^{n+1} - (\nabla \rho \cdot p^{n+1}) = \frac{\rho^2 \nabla u^*}{\Delta t}, \quad (12)$$

$$\frac{u^{n+1} - u^*}{\Delta t} = -\frac{1}{\rho} \Delta p^{n+1}. \quad (13)$$

Численная реализация схемы состоит из 3-х этапов. Сначала по известным значениям скорости с предыдущего временного слоя находится промежуточное поле  $u^*$ . Для этого уравнение (11) решается методом стабилизирующей поправки [2]. Затем, путем численного решения (12) с использованием мето-

да бисопряженных градиентов, определяется новое поле давления. И на последнем этапе восстанавливается окончательное поле вектора скорости по явным формулам (13).

После нахождения параметров течения жидкости необходимо вычислить новые значения плотности и вязкости. Для этого, используя полученные значения компонент скорости, делается шаг по времени для уравнения конвекции (7), и производится пересчет значений плотности и вязкости по формулам (5), (6).

Далее нам необходимо определять деформацию стенок сосуда под воздействием жидкости, а также распределение массовых сил в уравнении движения жидкости исходя из возникшей деформации. В работах [4; 12] показано, что для этого мы можем использовать следующие уравнения:

$$\frac{\partial X}{\partial t}(\bar{q}, t) = \int_{\Omega} \vec{u}(\bar{x}, t) \cdot \delta(x - X(\bar{q}, t)) dx dy dz \quad (14)$$

$$\vec{f}(\bar{x}, t) = \int_{\Gamma} F(\bar{q}, t) \cdot \delta(x - X(\bar{q}, t)) dq dr ds \quad (15)$$

где  $\bar{q} = (q, r, s) \in \Gamma$  – точка поверхности сосуда,

$X = X(\bar{q}, t)$  – функция, описывающая поверхность сосуда в момент времени  $t$ ,

$F = F(\bar{q}, t)$  – сила сопротивления деформации в данной точке сосуда,

$\vec{u}(\bar{x}, t)$  – вектор скорости течения,

$\vec{f}(\bar{x}, t)$  – вектор массовых сил,

$\delta$  – дельта-функция Дирака.

Используя уравнения (14), (15), которые численно интегрируются с помощью какой-либо квадратурной формулы, и уравнение (10), мы можем рассчитать деформацию, которой подвергаются стенки сосуда при данном давлении жидкости, и то, как повлияют возникшие силы сопротивления на течение.

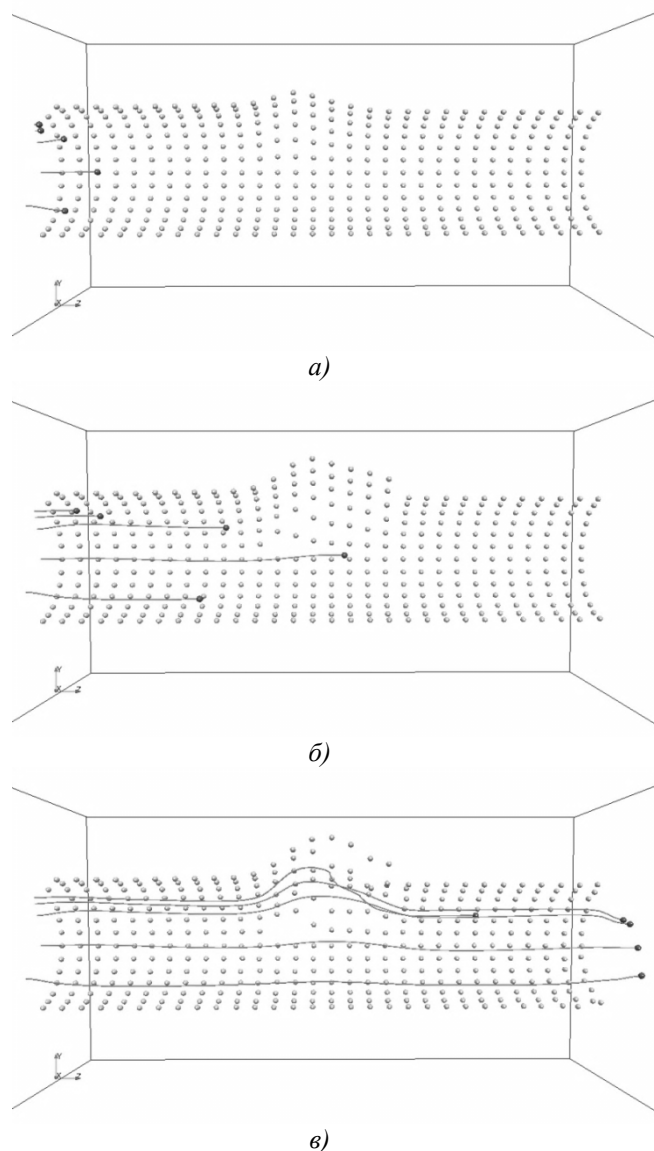
### Результаты

Приведем результаты некоторых методических расчетов с различными коэффициентами жесткости для случаев постоянной и переменной вязкости и плотности, цель которых заключается в демонстрации работоспособности описанного метода и возможности получать с его помощью картины деформации стенок сосуда и распространения примеси. Во всех расчетах был использован сосуд, начальная форма которого являлась круговым цилиндром с длиной  $l = 1$ , радиусом  $r = 0.11$  и жесткостью стенок  $k = 4 \cdot 10^3$ . Давление на входе и на выходе  $p_{in} = 2$ ,  $p_{out} = 1$ .

На рис. 2 – 4 приведены расчёты движения жидкости и стенки сосуда, где область  $\bar{\Omega}$  имела параметры  $1.0 \times 0.5 \times 0.5$ , шаги по пространственной сетке  $\bar{\Omega}_h$   $h_x = h_y = h_z = 0.01$ , шаг по времени  $\Delta t = 0.01$ ,  $n$  указывает количество шагов по вре-

мени. Точками обозначена форма сосуда в данный момент времени.

На рис. 2 показано изменение формы стенок сосуда под воздействием жидкости за счет локального снижения жесткости стенки. В верхней половине центральной части сосуда коэффициент жесткости имеет значение  $k = 0.4 \cdot 10^3$ . Плотность и вязкость были постоянны.



**Рис. 2. Изменение формы сосуда под действием течения. Внутри сосуда отображены треки некоторых частиц  $\rho_1 = \rho_2 = 1$ ,  $\mu_1 = \mu_2 = 1 \cdot 10^{-2}$  а)  $n = 100$ , б)  $n = 400$ , в)  $n = 1200$**

Как видно из рис. 2, в области, где стенка имеет меньшую жесткость, сосуд деформируется под воздействием давления жидкости.

Второй пример (рис. 3) отображает распространение примеси в жидкости при образовании «аневризмы». На  $\Gamma_2$  задается постоянный приток примеси с концентрацией  $c_s = 0.5$ .



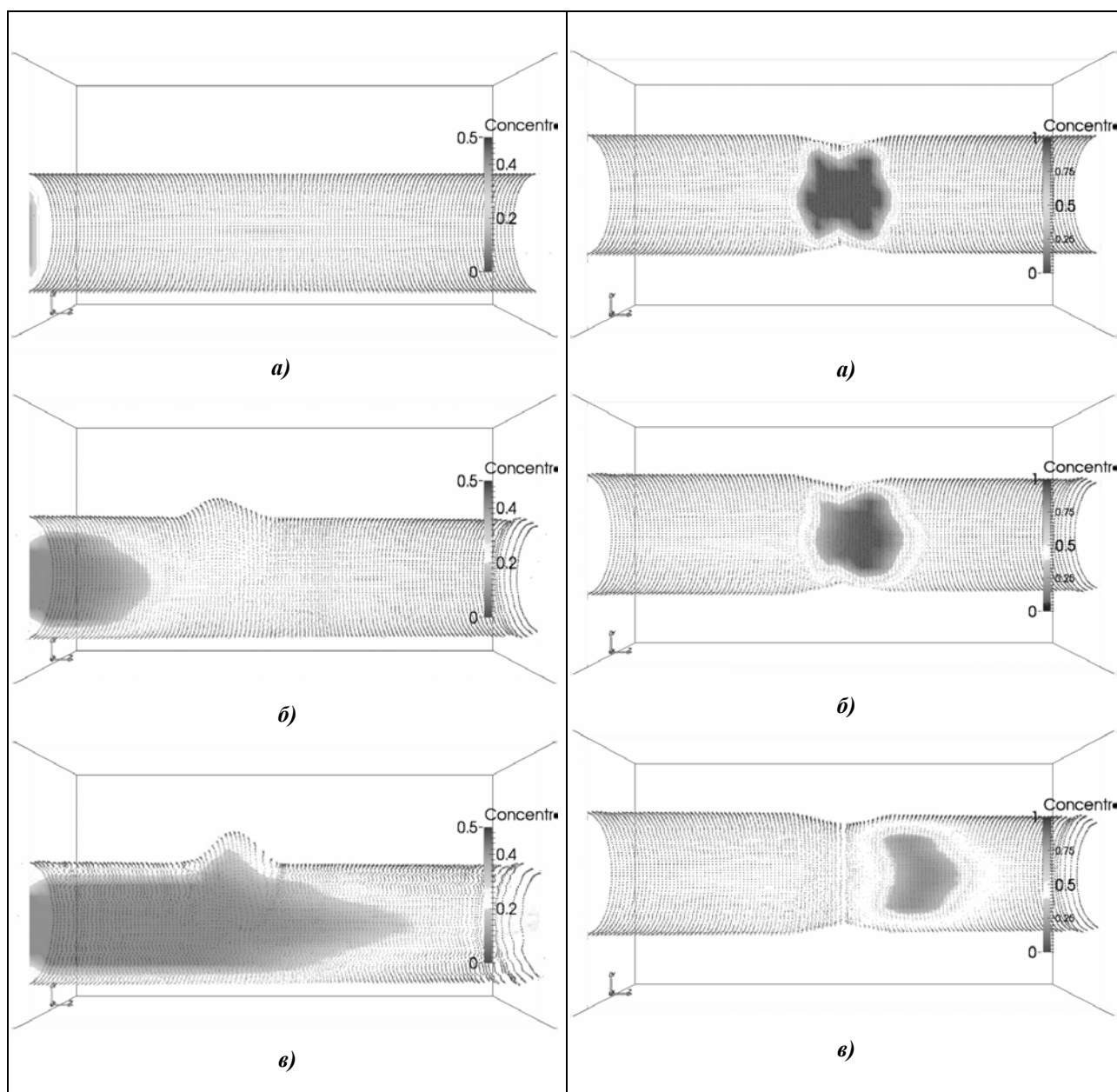


Рис. 3. Изменение формы сосуда и распространение в нем примеси. На входе задается постоянный приток примеси  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 = 2$ ,  $\mu_1 = 1 \cdot 10^{-2}$ ,  $\mu_2 = 2 \cdot 10^{-2}$ ,  $c_s|_{\Gamma_2} = 0.5$   
 а)  $n = 0$ , б)  $n = 400$ , в)  $n = 1200$

Как следует из рис. 3, «аневризма» небольшого размера мало влияет на распространение примеси.

Третий пример показывает распространение уже имеющейся внутри сосуда примеси. В центре сосуда имеется сужение до радиуса  $r_2 = 0.09$ . Центральная часть заполнена вязкой примесью с концентрацией  $c_0(x, y, z) = 1$  в области  $(x, y, z) \in \Omega_c$  и  $c_0(x, y, z) = 0$  в остальной части сосуда.

Рис. 4. Размытие примеси в деформированном сосуда. Область  $\Omega_c$  в центре сосуда имеет повышенную плотность и вязкость  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 = 2$ ,  $\mu_1 = 1 \cdot 10^{-2}$ ,  $\mu_2 = 2 \cdot 10^{-2}$   
 а)  $n = 0$ , б)  $n = 50$ , в)  $n = 150$

Этот пример показывает, область в центре сосуда с повышенной вязкостью и плотностью размывается потоком жидкости меньшей вязкости и плотности.

#### Заключение

Построенная модель течения крови с переменной плотностью и вязкостью позволяет получать картины изменения стенок сосуда и распространения примеси под воздействием течения неоднородной жидкости.

**Литература**

1. Белоцерковский О. М. Численное моделирование в механике сплошных сред. М.: Наука, 1984. 520 с.
2. Яненко Н. Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики. Новосибирск.: Наука, 1967. 197 с.
3. Black M. M., Howard I. C., Huang X., Patterson E. A. A three-dimensional analysis of a bioprosthetic heart valve // J. Biomech. 1991. 24(9). P. 793 – 801.
4. Boyce E. G. Immersed boundary model of aortic heart valve dynamics with physiological driving and loading conditions // International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering. 2011. 1 – 29.
5. Fai T. G., Boyce E. G., Mori Y., Peskin C. S. Immersed boundary method for variable viscosity and variable density problems using fast constant-coefficient linear solvers I: Numerical method and results // SIAM Journal on Scientific Computing. 2013. 35(5). B1132 – B1161.
6. Geidarov N. A., Zakharov Y. N., Shokin Yi. I. Solution of the problem of viscous fluid flow with a given pressure differential // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling. 2011. V. 26. № 1. P. 39 – 48.
7. Gummel E. E., Milosevic H., Ragulin V. V., Zakharov Y. N., Zimin A. I. Motion of viscous inhomogeneous incompressible fluid of variable viscosity // Zbornik radova konferencije MIT 2013. Beograd. 2014. 760 p. (Proceedings of International Conference “Mathematical and Informational Technologies MIT-2013” Врњачка Баня, Сербия, Будва, Черногория, 5.09.2013 – 14.09.2013). Kosovska Mitrovica. 2014. P. 267 – 274.
8. Jian D., Robert D. G., Aaron L. F. An immersed boundary method for two-fluid mixtures // Journal of Computational Physics. 2014. Volume 262. P. 231 – 243.
9. Lee P., Boyce E. G., Peskin C. S. The immersed boundary method for advection-electrodiffusion with implicit timestepping and local mesh refinement // Journal of computational physics. 2010. Volume 229. P. 5208 – 5227.
10. Ma X., Gao H., Boyce E. G., Berry C., Luo X. Image-based fluid–structure interaction model of the human mitral valve // Computers & Fluids. 2013. 71. P. 417 – 425.
11. Milosevic H., Gaydarov N. A., Zakharov Y. N. Model of incompressible viscous fluid flow driven by pressure difference in a given channel // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. July. Vol. 62. P. 242 – 246.
12. Peskin C. S. Numerical Analysis of Blood Flow in the Heart // JC. 1977. 25. P. 220 – 252.
13. Peskin C. S. The immersed boundary method // Acta Numerica. 2002. 11. P. 479 – 517
14. Pilhwa L., Boyce E. G., Peskin C. S., The immersed boundary method for advection-electrodiffusion with implicit timestepping and local mesh refinement // Comput Phys. 2010. July 1. 229(13).
15. Taylor C. A., Hughes T. J. R., Zarins C. K. Finite Element Modeling of Blood Flow in Arteries // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1998. Vol. 158. P. 155 – 196.
16. Yoganathan A. P., He Z. M., Jones S. C. Fluid mechanics of heart valves // Annu. Rev. Biomed Eng. 2004. Vol. 6. P. 331 – 362.
17. Zhang Y, Bajaj C. Finite element meshing for cardiac analysis // ICES Technical Report. 2004. P. 4 – 26.

**Информация об авторах:**

*Долгов Дмитрий Андреевич* – аспирант кафедры вычислительной математики КемГУ.

*Dmitry A. Dolgov* – post-graduate student at the Department of Computational Mathematics, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – *Ю. Н. Захаров*).

*Захаров Юрий Николаевич* – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной математики КемГУ, [zaharovyn@rambler.ru](mailto:zaharovyn@rambler.ru).

*Yury N. Zakharov* – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Computational Mathematics, Kemerovo State University.

*Статья поступила в редколлегию 12.03.2015 г.*

УДК 519.63

## ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ РАЗМЫВА СВЯЗНОГО ГРУНТА И ДВИЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН

Х. Милошевич, Ю. Н. Захаров, Н. Контрец, А. И. Зимин, И. С. Нуднер, В. В. Рагулин

## MODEL OF COHESIVE SOIL EROSION AND SURFACE WAVE MOTION

H. Miloshevich, Y. N. Zaharov, N. Kontrec, A. I. Zimin, I. S. Nudner, V. V. Ragulin

*Работа выполнена при поддержке проектной части Государственного задания № 1.630.2014/К.**The work was carried out with support of state task of Ministry for Science and Education, project № 1.630.2014/К.*

В данной работе для моделирования процессов размыва связного грунта и распространения поверхностных волн используется нестационарная неоднородная система уравнений Навье-Стокса с переменной вязкостью, зависящей от плотности. Значение плотности определяется при помощи уравнения конвекции-диффузии. Для решения полученной системы уравнений используется алгоритм, состоящий из схемы расщепления по физическим факторам для системы уравнений Навье-Стокса и метода предиктора-корректора для уравнения переноса. Система решается на разнесенной сетке методом сеток. Представлены результаты двух- и трехмерных расчетов.

Non-stationary inhomogeneous system of Navier–Stokes equations with variable viscosity depending on the density for modeling the processes of cohesive soil erosion and surface wave propagation has been used. Value of the density has been determined by the convection-diffusion equation. For solving the obtained system we have used an algorithm consisting of the splitting scheme on physical factors and the predictor-corrector method. The system has been solved on the staggered grid by the grid method. The results of calculations for two-dimensional and three-dimensional problems are presented.

**Ключевые слова:** уравнения Навье-Стокса, размыв связного грунта, распространение поверхностных волн, переменная плотность, переменная вязкость, неоднородная жидкость, двухкомпонентная жидкость.

**Keywords:** Navier-Stokes, cohesive soil erosion, surface wave propagation, variable viscosity, variable density, inhomogeneous fluid, two-component fluid.

**Introduction**

Many problems of modern hydrodynamics consider more complicated medium and conditions in which they are moving. In particular, they include the problem for inhomogeneous fluid. Inhomogeneity can be caused by inconstancy of density or viscosity due to the dependence of these properties on temperature or by interaction of liquids with different hydrodynamic parameters (multi-component or multiphase medium). The movement of these fluids occurs in many areas of applied fluid dynamics: meteorology, aquatic ecology, oceanography and hydrology (filtration of immiscible liquids, transferring sand and clay sediments).

In this paper, we used the motion model of the two-component viscous incompressible fluid with variable hydrodynamic parameters (viscosity, density) to calculate the problems of cohesive soil erosion and surface wave propagation.

**Mathematical model**

We consider the motion of the two-component incompressible viscous fluid, its viscosity and density depending on the concentration of the components. Then the model of the fluid is described by the non-stationary Navier-Stokes equations [2].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v_i}{\partial t} + \sum_j v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} = \frac{1}{\rho} \left( -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left( 2\mu \frac{\partial v_i}{\partial x_i} \right) + \sum_{j \neq i} \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu \left( \frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \right) \right) + f_i, \quad i = 1, 2, 3, \\ \sum_{i=1}^3 \frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

and by the convection-diffusion equation

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 v_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = D \Delta C. \quad (2)$$

Here the dependence of the viscosity and density on the concentration is expressed by the following equations:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = C(\mu_2 - \mu_1) + \mu_1, \\ \rho = C(\rho_2 - \rho_1) + \rho_1, \end{array} \right. \quad (3)$$

where  $(v_1, v_2, v_3)$  – vector of velocity projections on the spatial axes  $(x_1, x_2, x_3)$ ,  $\mu$  – dynamic viscosity,  $\rho$  – density,  $p$  – pressure,  $(f_1, f_2, f_3)$  – vector of mass forces,

$C$  – component concentration,  $D$  – diffusion coefficient,  $\mu_1, \mu_2, \rho_1, \rho_2$  – viscosities and densities of the first and second components respectively.

Pressure difference as the boundary conditions at the inlet and outlet is a set for motion equations. We use a no-slip condition on the solid wall and boundary conditions of the second kind for the concentration equation. Some initial distribution for concentration is also given.

### **Solution scheme**

To solve the initial boundary problem (1) – (3) we used the following algorithm.

The time step for the Navier-Stokes equations (1) is done in the first stage, based on the known velocity and concentration distribution (and hence the density and viscosity). The scheme of splitting on physical factors [1] is used for this purpose. The time step for the convection-diffusion equation (2) is done in the second stage, using the values obtained for the velocity components. We use a predictor-corrector scheme with approximation of the convective terms against the flow [4] for this purpose. The values of density and viscosity in the space are recalculated according to (3) in the third stage. Then the transition to the first stage of the next iteration of the algorithm follows.

It is worth noting that the system of equations (1) – (3) is solved numerically by the grid method on the staggered grid [3].

### **Cohesive soil erosion**

In order to simulate the process of wetting substance which is cohesive soil, divide it into two parts (see Fig. 1).

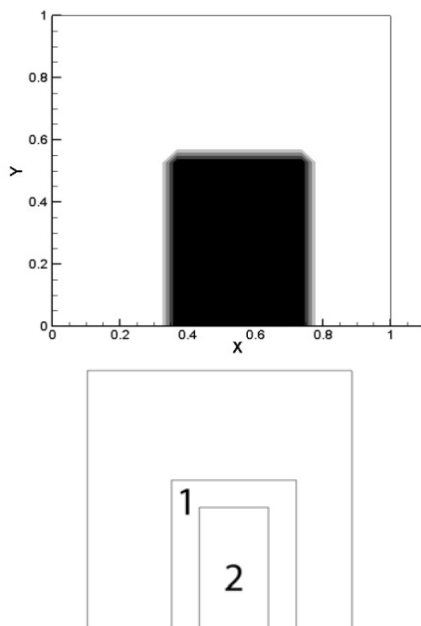


Figure 1. The initial position and separation scheme of substance

Here, number 1 is the part of already soaked substance that behaves like some viscous impurity in the liquid, and number 2 is the part that is considered to be not soaked and behaves like a solid body. Respectively, region 1 is computational, and region 2 is not. The fluid is considered to have penetrated enough to make the abutting portion of

region 2 computational when the concentration at some location of the boundary layer becomes smaller a predetermined value  $C^*$ . And so on. A similar approach is used for three-dimensional case.

Test calculation illustrating this approach was carried out for two-dimensional problem (see Fig. 2).

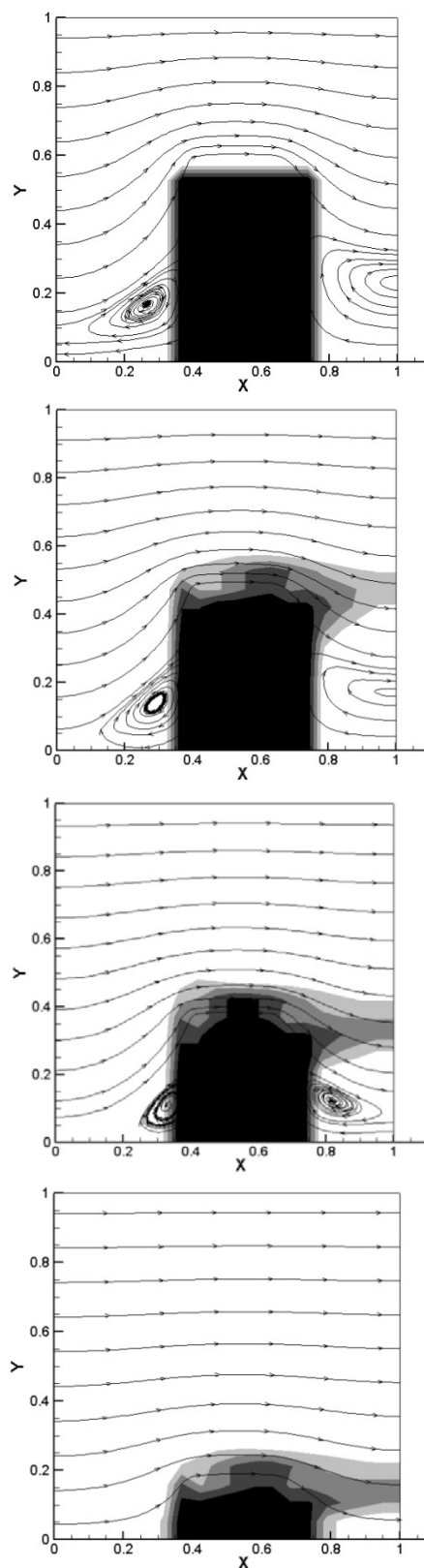


Figure 2. Smearing of substance under the conditions of the threshold value  $C^* = 0.1$  for various time points  $t = 0, 1, 6, 13$

Obviously, the threshold concentration value affects not only dynamics and the process of substance erosion, but also the overall flow picture.

As part of the modeling process of the cohesive soil erosion we consider the following problem. Dense and quite viscous substance essentially differing in its hydro-

dynamic parameters from the surrounding liquid is located under stationary platform in the given area. Washing out the substances from under the platform occurs during the movement of the liquid. Fig. 3 shows the erosion for three-dimensional case.

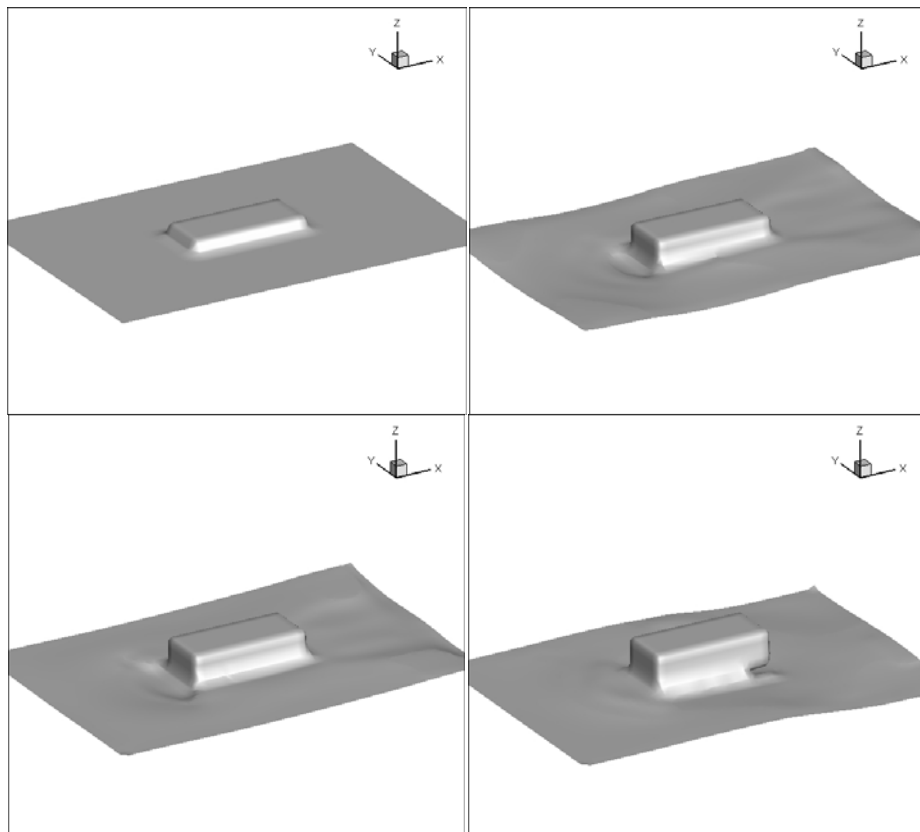


Figure 3. Smearing of the substance near solid platform under the conditions of the threshold value  $C^* = 0.1$  for various time points  $t = 0, 208, 312, 1145$

#### Wave propagation on surface

Modeling waves on the surface of the viscous fluid is a difficult task. We propose the following method for simulating waves. The area is a two-phase medium described by equations (1) – (3), liquid phase being more dense and viscous than gaseous phase. We consider the boundary of the two components to take place at  $C = 0.1$ .

We considered the following problems to test the proposed method. The first one is the collapse of the liquid

column. The liquid column is in the middle of the area at the initial time. Then column collapses under the influence of the gravity and movement of the entire medium takes place. The following hydrodynamic parameters were chosen here:  $\nu_1 = 10^{-3}$ ,  $\rho_1 = 10$  for liquid and  $\nu_2 = 10^{-5}$ ,  $\rho_2 = 1$  for gas. Fig. 4 and Fig. 5 show the appearance of the wave motion for two- and three-dimensional cases respectively.

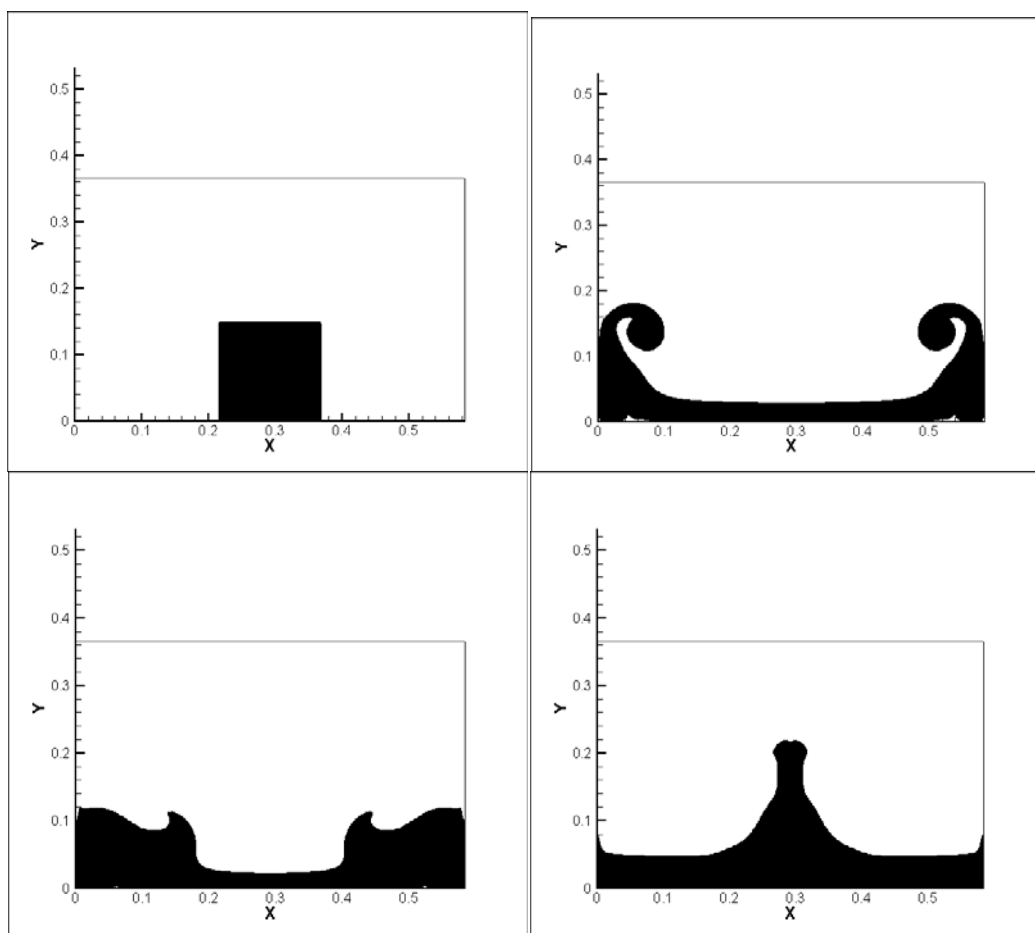


Figure 4. Picture of wave motion for various time points  $t = 0, 0.5, 0.7, 1.0$

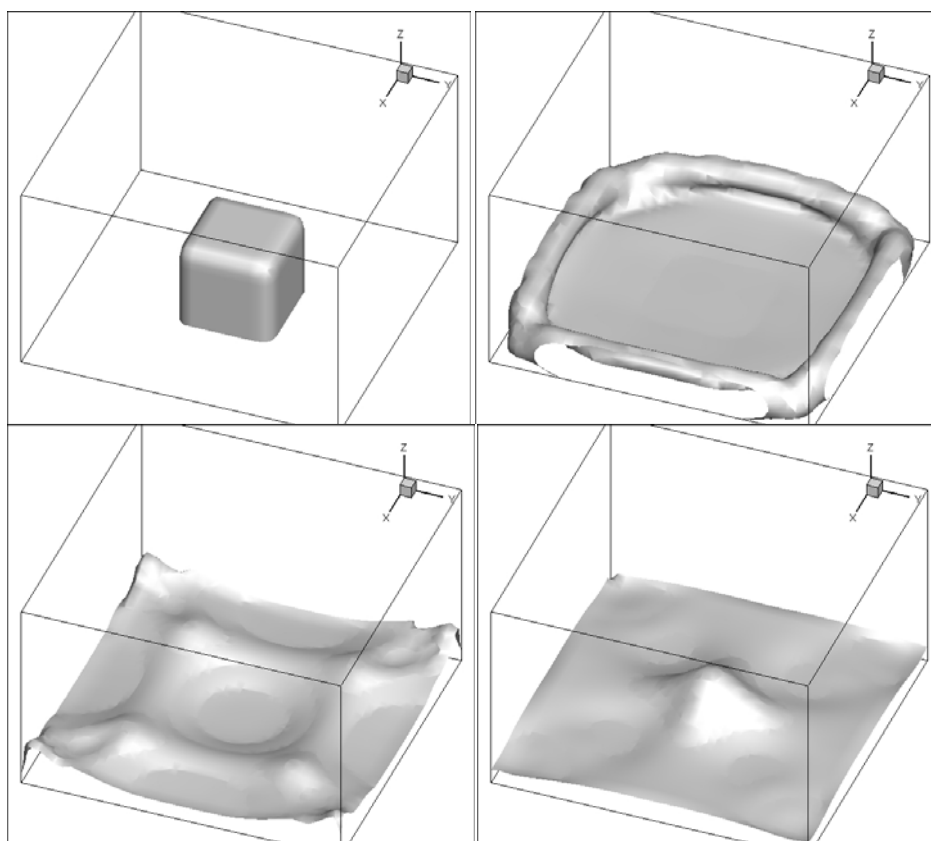


Figure 5. Picture of wave motion for various time points  $t = 0, 0.5, 0.9, 1.3$

The second one is the wave overrunning on the obstacle. Rectangle of the liquid substance is located above the general level in the left side of the area at the initial time. Then the collapse of the rectangle launches a wave in the direction of the obstacle. Here we used the same viscosities and densities as in the first problem. Fig. 6 and Fig. 7 show the wave overrunning on the obstacle for two- and three-dimensional cases respectively.

Thus, this method allows us to simulate wave formation on the heavy liquid surface using the uniform algo-

rithm without isolation features of boundary motion between the components.

### Conclusion

The carried out calculations demonstrate the possibility of the two-component incompressible fluid model described by the equations (1) – (3) to simulate some complicated processes such as cohesive soil erosion and surface wave propagation.

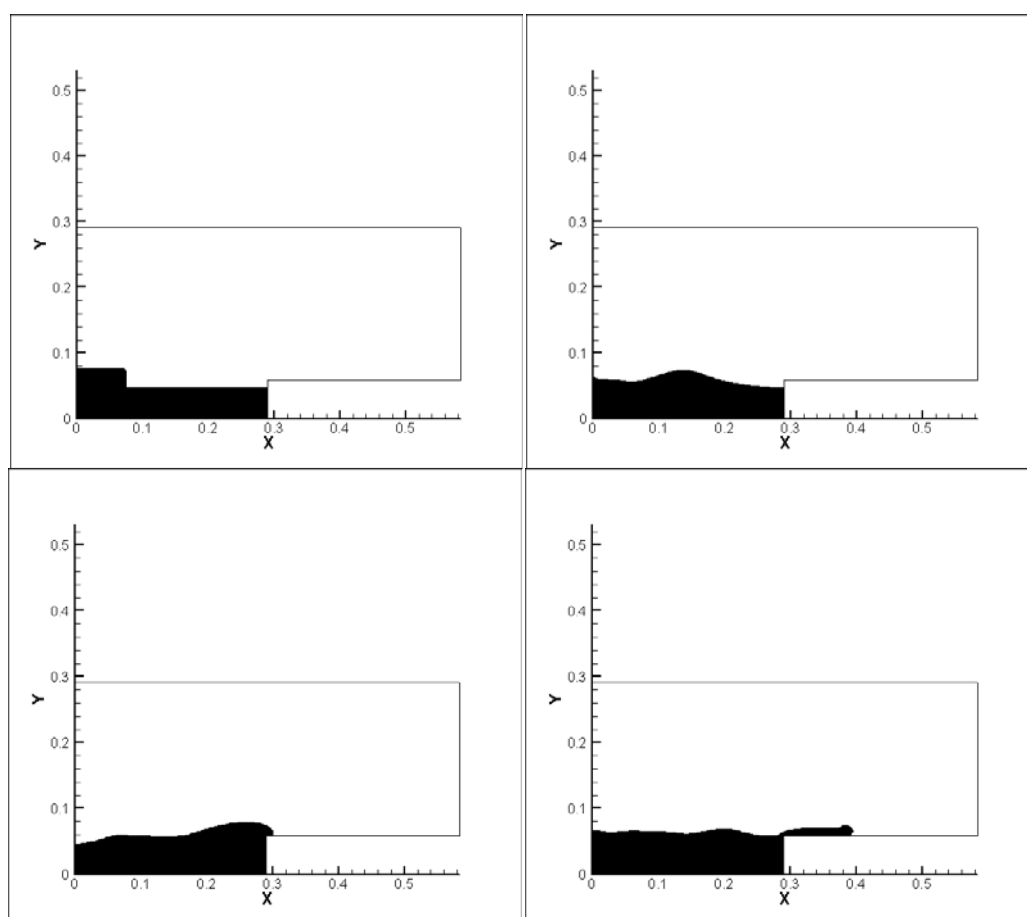


Figure 6. Picture of wave motion for various time points  $t = 0, 0.2, 0.4, 0.7$

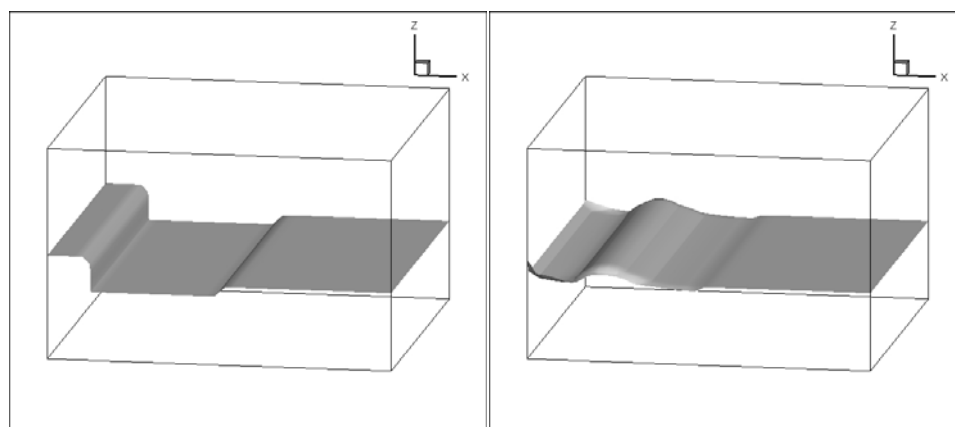


Figure 7. Picture of wave motion for various time points  $t = 0, 0.2, 0.5, 0.8$

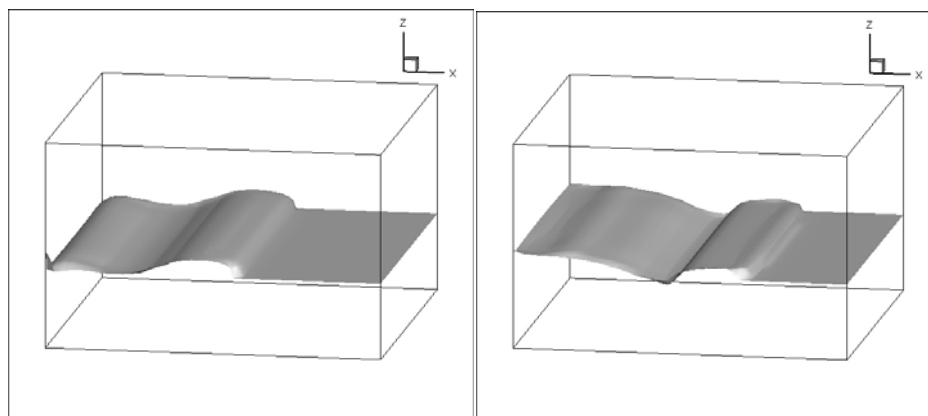


Figure 7. Picture of wave motion for various time points  $t = 0, 0.2, 0.5, 0.8$

### References

1. Belotserkovskiy O. M. Chislennoye modelirovaniye v mekhanike sploshnykh sred [Numerical modeling in continuum mechanics]. 1994. 448 p.
2. Loytsyanskiy L. G. Mekhanika zhidkosti i gaza [Fluid and gas mechanics]. 2003. 846 p.
3. Patankar S. Numerical heat transfer and fluid flow. 1980. 197 p.
4. Yanenko N. N. Metod drobnnykh shagov resheniya mnogomernykh zadach matematicheskoy fiziki [Method of fractional steps for solving multidimensional problems of mathematical physics]. 1967. 197 p.

### Информация об авторах:

**Милошевич Хранислав** – доктор технических наук, профессор факультета математических наук и информационных технологий Сербского университета в Косовске Митровице, Сербия, [mhrane@gmail.com](mailto:mhrane@gmail.com).

**Hranislav Milosevic** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Faculty of Mathematical Science and Information Technology, Serbian University in Kosovska Mitrovica.

**Захаров Юрий Николаевич** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной математики КемГУ, [zaharovyn@rambler.ru](mailto:zaharovyn@rambler.ru)

**Yury N. Zakharov** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Computational Mathematics, Kemerovo State University.

**Контрець Наташа** – ассистент факультета математических наук и информационных технологий сербского университета в Косовске Митровице, Сербия.

**Natasa Kontrec** – Assistant Lecturer at the Faculty of Mathematical Science and Information Technology, Serbian University in Kosovska Mitrovica.

**Зимин Антон Игоревич** – аспирант Института вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, [slili@mail.ru](mailto:slili@mail.ru).

**Anton I. Zimin** – post-graduate student at the Institute of Computational Technologies of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk.

(Научный руководитель – Ю. Н. Захаров).

**Нуднер Игорь Сергеевич** – доктор технических наук, профессор Балтийского государственного технического университета "Военмех" им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург.

**Igor S. Nudner** – Doctor of Technical Sciences, Professor at Baltic State Technical University «Voenmeh» named after D. F. Ustinov, St.-Petersburg.

**Рагулин Владимир Васильевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры дифференциальных уравнений КемГУ.

**Vladimir V. Ragulin** – Candidate of Physics and Mathematics, Assistant Professor at the Department of Differential Equations, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 12.03.2015 г.



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАПОЛНЕНИЯ «КУПОЛА-СЕПАРАТОРА», ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ В ЗОНЕ МОРСКОГО ДНА

А. А. Насыров

## MODELLING OF FILLING THE 'DOME-SEPARATOR' INTENDED FOR ELIMINATION OF OIL AND GAS EMISSIONS IN THE SEABED ZONE

A. A. Nasyrov

В работе рассматриваются теоретические основы функционирования «купола-сепаратора», предназначенного для сбора и последующей отгрузки газо-нефтяных выбросов в случае разрыва скважины вблизи дна глубоких водоемов, когда термобарические условия благоприятны для образования газогидрата. Построена математическая модель описывающая процесс наполнения и откачки углеводородов из купола при условиях гидратообразования, а так же описана динамика изменения температуры фаз.

The paper considers the theoretical basis of functioning of the 'dome-separator' designed for the collection and subsequent shipment of oil-gas emissions in the case of rupture of the well near the bottom of deep waters when thermobaric conditions are favorable for the formation of gas hydrate. The mathematical model describing the process of filling and pumping the hydrocarbons from the dome under hydrate formation conditions is constructed, and dynamics of change of temperature of phases is also described.

**Ключевые слова:** «купол-сепаратор», углеводороды, гидрат.

**Keywords:** 'dome-separator', hydrocarbons, hydrate.

### Введение

По причине истощения углеводородных запасов на суше разработка пришельфовых месторождений является актуальным направлением в сохранении стабильных уровней производства нефти и газа. При этом необходимо свести к минимуму экологические риски, связанные с добычей углеводородов на дне океана.

Важной проблемой является предотвращение последствий неконтролируемого выброса углеводородного сырья в воды мирового океана. Наглядными примерами подобных аварий могут служить прорывы скважин в Мексиканском заливе в 2010 г., когда в воду вылилось до 5 миллионов баррелей нефти и утечка газа на добывающей платформе в Северном море в марте 2012 г.

Представляется, что наиболее эффективным методом предотвращения подобных выбросов может служить применение купола-сепаратора, который устанавливается непосредственно над местом утечки, а собранная им нефть и газ поставляется по гибким трубам на поверхность океана, для последующей транспортировки [1]. При монтаже купола-сепаратора на глубинах, соответствующих условиям стабильности газогидратов, всегда будет происходить слабо контролируемый процесс образования гидратов. В последующем, эта гидратная масса может представлять проблему для дальнейшей откачки. Масса образующегося гидрата может быть оценена из балансовых соотношений.

В общем случае, купол-сепаратор может иметь произвольную геометрическую форму, однако остановимся на рассмотрении цилиндрической формы, что позволит исключить осложнения, связанные с образованием гидратной массы в процессе эксплуатации сепаратора.

### Основные уравнения

На рис. 1 представлена принципиальная схема цилиндрического купола-сепаратора, который устанавливается на дне океана, непосредственно над местом аварии. Показанный порядок расслоения фаз обусловлен их плотностями ( $\rho_g < \rho_o < \rho_h < \rho_w$ ).

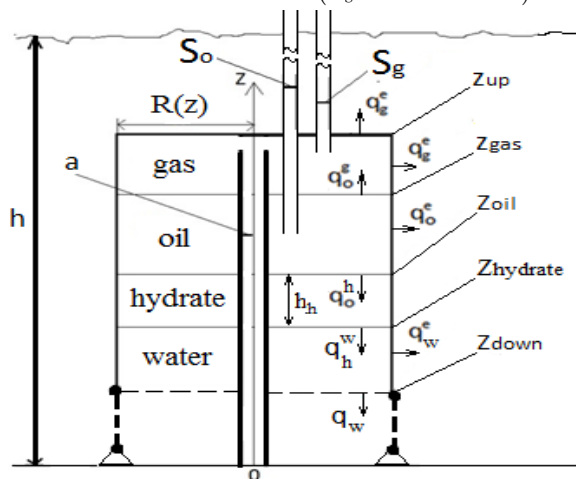


Рис. 1. Принципиальная схема купола-сепаратора

Здесь  $R(z)$  – радиус купола;  $a$  – радиус скважины;  $z_{up}$ ,  $z_{down}$  – координата верхней и нижней границы купола;  $z_{gas}$ ,  $z_{oil}$ ,  $z_{hydrate}$  – граница раздела фаз «нефть-газ», «нефть-гидрат» и «гидрат-вода»;  $h$  – расстояние от поверхности до дна океана;  $S_o$ ,  $S_g$  – площади сечения труб для откачки нефти и газа;  $h_h$  – толщина слоя гидрата.

Для описания динамики уровня нефти и газа в процессе наполнения купола-сепаратора, полагая, что

между ними отсутствует массообмен, запишем уравнения сохранения массы углеводородов [2]:

$$\frac{dM_j}{dt} = m_j^+, \quad (1)$$

$$M_j = \int_{z_j}^{z_{j+1}} \rho_j \cdot F(z) dz, \quad F(z) = \pi(R^2(z) - a^2),$$

$$(z_j < z < z_{j+1}),$$

где  $M_j$  – массы фаз;  $\rho_j$  – плотности фаз;

$F(z)$  – площадь поперечного сечения купола в координате  $z$ ;  $m_j^+$  – массовый расход нефти и газа в куполе ( $j = g, o$ ).

Для сохранения массы воды в куполе запишем:

$$\frac{dM_w}{dt} = \rho_w w_w F(z_h), \quad (2)$$

где  $M_w$  – масса воды;  $w_w$  – скорость расхода воды из купола;  $\rho_w$  – плотность воды.

Уравнение сохранения массы для гидрата можно представить в виде:

$$\frac{dM_h}{dt} = F(z_h) j_h, \quad (3)$$

где  $M_h$  – масса гидрата;  $j_h$  – интенсивность образования гидрата с единицы площади контакта с нефтью.

Для определения средней температуры фаз в куполе используем закон сохранения энергии:

$$\frac{d(M_g c_g T_g)}{dt} = - \int_{z_g}^{z_{up}} 2\pi R(z) \sqrt{1 + R'(z)^2} q_g^e dz -$$

$$- F(z_{up}) q_g^e + F(z_g) q_o^g + m_g^+ c_g T_g^+, \quad (4)$$

$$\frac{d(M_o c_o T_o)}{dt} = - \int_{z_o}^{z_g} 2\pi R(z) \sqrt{1 + R'(z)^2} q_o^e dz -$$

$$- F(z_g) q_o^g + F(z_o) q_o^h + m_o^+ c_o T_o^+, \quad (5)$$

$$\frac{d(M_w c_w T_w)}{dt} = - \int_{z_d}^{z_h} 2\pi R(z) \sqrt{1 + R'(z)^2} q_w^e dz -$$

$$- F(z_h) q_h^w - F(z_d) q_w + F(z_h) w_w \rho_w c_w T_w^+, \quad (6)$$

$$R'(z) = \frac{dR(z)}{dz},$$

где  $q_g^e, q_o^g, q_o^e, q_o^s, q_o^h, q_w^e, q_h^e, q_w$  – тепловые потоки, показанные на рис. 1;

$c_g, c_o, c_w$  – удельные теплоемкости фаз;

$T_g^+, T_o^+$  – температура поступающих газа и нефти;

$T_g, T_o, T_w$  – текущие средние температуры фаз.

Давление фаз в верхней части купола будем определять исходя из условия гидростатического равновесия:

$$p_{oc} = p_g + \rho_o g(z_g - z_o) + \rho_w g(z_o - z_d), \quad (7)$$

где  $p_{oc}$  – давление столба жидкости на глубине  $h$ ;

$p_g$  – давление газа под куполом;  $\rho_j$  – плотность фаз;  $z_j, z_d$  – координаты границ фаз и нижнего основания купола.

#### Учёт тепломассобмена

Для замыкания приведенной системы запишем уравнение для интенсивности гидратообразования, используя условие баланса тепла на границе фаз:

$$j_h = \frac{-q_o^h + q_h^w}{l}, \quad (8)$$

здесь  $l$  – удельная теплота гидратообразования,  $q_o^h$ ,

$q_h^w$  – тепловые потоки от нефти в слой гидрата и от гидрата в воду.

Межфазные тепловые потоки внутри купола-сепаратора, исходя из решения автомодельной задачи о внезапном контакте 2-х сред, можно записать в виде [5]:

$$q_o^g = - \frac{(T_g - T_o) \lambda_g \lambda_o}{\lambda_o \sqrt{\pi} \sqrt{\chi_g t} + \lambda_g \sqrt{\pi} \sqrt{\chi_o t}},$$

$$q_h^w = \frac{(T_s(p) - T_w) \lambda_h \lambda_w}{\lambda_l \sqrt{\pi} \sqrt{\chi_h t} + \lambda_h \sqrt{\pi} \sqrt{\chi_w t}}, \quad (9)$$

$$q_o^h = - \frac{(T_s(p) - T_o) \lambda_h \lambda_o}{\lambda_o \sqrt{\pi} \sqrt{\chi_h t} + \lambda_h \sqrt{\pi} \sqrt{\chi_o t}},$$

$$q_w = - \frac{(T_w - T_w^0) \lambda_w^2}{2 \lambda_w \sqrt{\pi} \sqrt{\chi_w t}}, \quad (10)$$

где  $q_o^g, q_o^h, q_h^w$  – интенсивность теплообмена, соответственно, между нефтью и газом, нефтью и гидратом, гидратом и слоем воды в куполе, приходящаяся на единицу площади контакта,  $q_w$  – интенсивность теплообмена между слоем воды в куполе и под куполом, приходящаяся на единицу площади контакта,  $\lambda_j$  – коэффициент теплопроводности фаз ( $j = g, o, h, w$ );  $\chi_j$  – коэффициент температуропроводности фаз;  $T_w^0$  – температура океанической воды;  $t$  – время, отсчитываемое от начала заполнения купола углеводородной смесью.

Температуру на границе  $z_h$  будем считать равной равновесной температуре гидратообразования, соответствующей давлению  $p_{oc}$ :

$$T_s(p_{oc}) = T_{h0} + T_* \ln\left(\frac{p_{oc}}{p_{h0}}\right), \quad (11)$$

где  $T_s(p_{oc})$  – равновесная температура гидратообразования;  $T_{h0}$ ,  $p_{h0}$ ,  $T_*$  – эмпирические параметры.

Для описания теплового взаимодействия фаз с окружающей океанической водой через стенку купола-сепаратора примем следующие соотношения [3]:

$$\begin{aligned} q_j^- &= \beta_c^-(T_j - T_c^-), \quad q_c = \beta_c(T_c^- - T_c^+), \\ q_c^+ &= \beta_c^+(T_c^+ - T_w^0), \quad \beta_c^- = \frac{\lambda_j Nu_j}{2R(z)}, \\ \beta_c &= \frac{\lambda_p}{\delta}, \quad \beta_c^+ = \frac{\lambda_w Nu_w}{z_{j+1} - z_j}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$Nu_j = B(Gr_j \cdot Pr_j)^n, \quad Nu_w = B(Gr_w \cdot Pr_w)^n,$$

где  $q_j^-$  – интенсивность теплообмена между фазами и внутренней поверхностью стенки купола-сепаратора, приходящейся на единицу площади этой стенки ( $j = g, o, w$ ),  $q_c$  – интенсивность теплопереноса через стенку купола, приходящейся на единицу площади этой стенки,  $q_c^+$  – интенсивность теплообмена между внешней поверхностью стенки установки и окружающей океанической водой, приходящейся на единицу площади этой стенки,  $T_c^-$  – темпе-

ратура внутренней поверхностью стенки купола-сепаратора,  $T_c^+$  – температура внешней поверхностью стенки установки купола,  $Nu$ ,  $Gr$ ,  $Pr$  – числа Нуссельта, Грасгофа и Прандтля,  $B$  и  $n$  – эмпирические константы, взятые для вертикальной поверхности,  $\lambda_p$  – коэффициент теплопроводности полиуретана,  $\delta$  – толщина стенки купола.

С учетом того что тепловые потоки  $q_j^-$ ,  $q_c$ ,  $q_c^+$  должны быть равны, получаем [4; 6]:

$$q_j^e = q_j^- = q_c = q_c^+ = \beta(T_j - T_w^0), \quad (13)$$

где

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{\beta_c^-} + \frac{1}{\beta_c} + \frac{1}{\beta_c^+}. \quad (14)$$

Для проведения численных расчетов, описывающих процесс наполнения купола-сепаратора углеводородными соединениями в условиях гидратообразования примем его форму цилиндрической. Как уже было сказано, данная форма позволяет уменьшить риски возникновения аварийных ситуаций, связанных с закупоркой газогидратом отводящих труб при откачки углеводородов. Получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dz_g}{dt} &= -\frac{m_g^+}{\pi \rho_g (R^2 - a^2)}, \quad \frac{dz_o}{dt} = -\frac{\rho_g m_o^+ + \rho_o m_g^+}{\pi \rho_g \rho_o (R^2 - a^2)}, \\ \frac{dT_g}{dt} &= \frac{-2\pi R(z_{up} - z_g)q_g^e - \pi(R^2 - a^2)q_g^e + \pi(R^2 - a^2)q_o^g + m_g^+ c_g (T_g^+ - T_g)}{c_g [\rho_g \pi (R^2 - a^2)(z_{up} - z_g)]}, \\ \frac{dT_o}{dt} &= \frac{-2\pi R(z_g - z_o)q_o^e - \pi(R^2 - a^2)q_o^g - \pi(R^2 - a^2)q_h^h + m_o^+ c_o (T_o^+ - T_o)}{c_o [\rho_o \pi (R^2 - a^2)(z_g - z_o)]}, \\ \frac{dP_g}{dt} &= (\rho_o - \rho_w)g \frac{dz_o}{dt} - \rho_o g \frac{dz_g}{dt}, \quad \frac{dT_w}{dt} = \frac{-2\pi R(z_h - z_d)q_o^e + \pi(R^2 - a^2)q_h^w - \pi(R^2 - a^2)q_w}{c_l (\rho_l \pi (R^2 - a^2)(z_h - z_d))}, \\ \frac{dh_h}{dt} &= \frac{-q_o^h + q_h^w}{l \rho_h}, \end{aligned} \quad (15)$$

где  $R$  – радиус цилиндрического купола;  $\rho_h$  – плотность гидрата,  $\rho_g$  – плотность газа, которую определяем исходя из закона Менделеева-Клайперона:

$$\rho_g = \frac{P_g}{R_g T_g}, \quad (16)$$

Записанная система уравнений позволяет описать динамику наполнения купола, изменения температуры фаз, а так же толщину гидратного слоя в куполе.

### Результаты расчетов

Проведены расчёты, моделирующие динамику изменения границ фаз и температуры при заполнении купола. Массовый расход нефти  $m_o^+$  равен 1 кг/с, массовый расход газа 0,1, 0,2 и 0,5 кг/с для различных случаев. Параметры скважины и купола-сепаратора имеют следующие значения:  $h=500$  м;  $a=0,2$  м;  $R=10$  м;  $z_{up}=75$  м;  $z_{down}=5$  м;  $V_{куп}=4396$  м<sup>3</sup>. Для теплофизических параметров фаз примем:

$$T_o = 366 \text{ К}; \quad T_w^0 = 277 \text{ К}; \quad \lambda_o = 0,12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$$\begin{aligned}\lambda_w &= 0,58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \rho_w = 1000 \text{ кг/м}^3; \\ \rho_o &= 866 \text{ кг/м}^3; c_o = 1670 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}; \\ c_w &= 4218 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}; T_g = 366 \text{ К}; \\ \lambda_g &= 0,03 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; c_g = 2365 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}; \\ T_{h0} &= 283 \text{ К}; p_{h0} = 6,95 \text{ МПа}; T_* = 10 \text{ К}; \\ l &= 5 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}; c_h = 2044 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}; \\ R_g &= 519,38 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}.\end{aligned}$$

На рис. 2 представлен закон изменения границ фаз. Сплошной линией показано движение границы «газ-нефть», штрих-пунктирной линией представлена динамика изменения границы «нефть-гидрат» и «нефть-вода» после разложения гидрата.

На рис. 3 показана динамика давления газа в процессе наполнения купола. Видно, что увеличение дебита приводит к более быстрому росту давления газа в куполе-сепараторе.

На рис. 4 приведены результаты численных расчетов для изменения температуры нефти и газа. Штриховыми линиями показана температура поступающей смеси углеводородов (366 К) и температура окружающей среды (277 К). Сплошная, штрихпунктирная и точечная линии соответствуют различным дебитам газа указанным на рис. 4. На выделенном фрагменте представлено изменение температуры фаз на начальном этапе заполнения. Так как на данном этапе количество углеводородов накопленных в куполе-сепараторе незначительно их температура со временем падает.

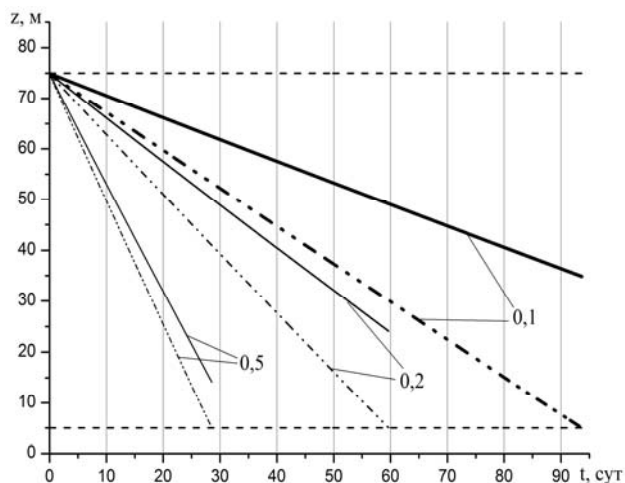


Рис. 2. Движение границ «газ-нефть» и «нефть-вода». Числа на линиях соответствуют массовым расходам газа  $m_g^+$  в кг/с

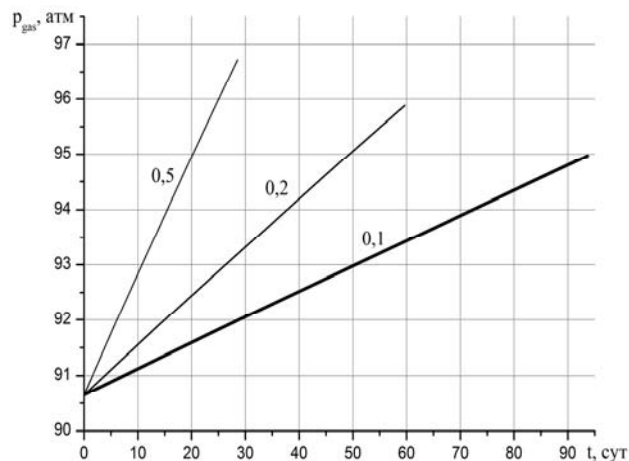


Рис. 3. Динамика изменения давления газа в куполе-сепараторе. Числа на линиях соответствуют массовым расходам газа  $m_g^+$  в кг/с

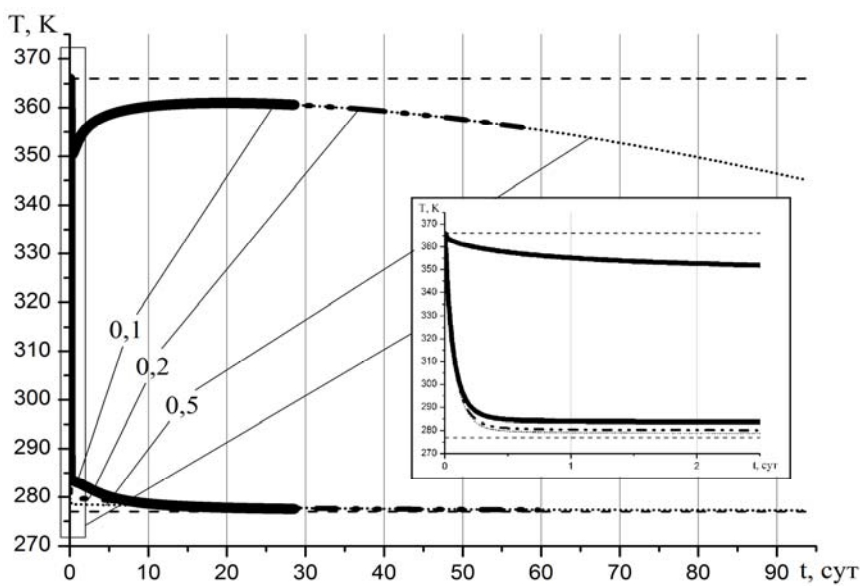


Рис. 4. Изменение температуры нефти и газа при заполнении купола. Числа на линиях соответствуют массовым расходам газа  $m_g^+$  в кг/с.

На рис. 5 показано изменение толщины слоя гидрата, начальная толщина которого составляла 0,1 м. В случае дебита газа 0,1 кг/с, гидрат успевает полностью разложиться до момента заполнения ловушки углеводородной смесью.

Температура воды в куполе меняется на доли градусов и основной ее рост соответствует конечному этапу заполнения купола-сепаратора после разложения газогидрата.

### Заключение

В работе, на основе предложенных уравнений, изучена динамика процесса наполнения купола-сепаратора, изменения температур и давления газа. Показано, что при достаточно высоких дебитах газа, полное разложение гидрата не осуществляется, что в свою очередь может привести к закупорке отводящего трубопровода в процессе откачки углеводородов. Поэтому необходимо предварительное устранение гидратообразования еще на первоначальном этапе установки купола-сепаратора или проведение дополнительных мероприятий для интенсификации его разложения.

### Литература

1. Жуков А. В., Звонарев М. И., Жукова Ю. А. Способ добычи газа из глубоководных месторождений газогидратов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 10. Ч. 1. С. 16 – 20.
2. Кильдибаева С. Р. Моделирование купола-сепаратора при разливе нефти в шельфе // Фундаментальные исследования. 2013. № 10. Ч. 5. С. 1045 – 1050.
3. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979. 416 с.
4. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 344 с.
5. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. М.: Изд-во МГУ, 2004. 798 с.
6. Шагапов В. Ш., Чиглинцева А. С., Сыртланов В. Р. О возможности вымывания газа из газогидратного массива посредством циркуляции теплой воды // Прикладная математика и техническая физика. 2009. № 4. Т. 50. С. 100 – 111.

### Информация об авторе:

**Насыров Азат Аскатович** – аспирант Бирского филиала Башкирского государственного университета, 8-937-349-34-74, [nasaza@mail.ru](mailto:nasaza@mail.ru).

*Azat A. Nasyrov* – post-graduate student at Birk branch of Bashkir State University.

(Научный руководитель: **Шагапов Владислав Шайхулаззамович** – доктор физико-математических наук, академик АН РБ, заведующий кафедрой высшей и прикладной математики Бирского филиала БашГУ, [Shagapov@rambler.ru](mailto:Shagapov@rambler.ru)).

*Vladislav Sh. Shagapov* – Doctor of Physics and Mathematics, Member of the Academy of Science of the Republic of Bashkortostan, Head of the Department of Higher and Applied Mathematics, Birk Branch of Bashkir State University).

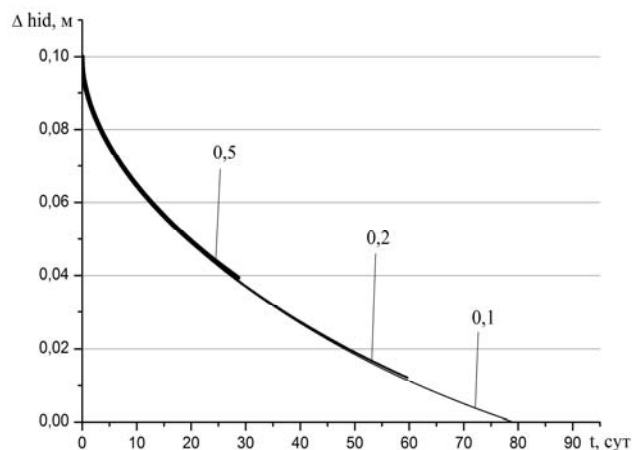


Рис. 5. Изменение толщины слоя гидрата при заполнении купола. Числа на линиях соответствуют массовым расходам газа  $m_g^+$  в кг/с

Статья поступила в редколлегию 12.02.2015 г.

## О ГРУППАХ АВТОМОРФИЗМОВ БЕСКОНЕЧНО-ПОРОЖДЕННЫХ СВОБОДНЫХ АБЕЛЕВЫХ ГРУПП

В. А. Толстых

## ON THE GROUPS OF THE INFINITELY GENERATED FREE ABELIAN GROUPS AUTOMORPHISMS

V. A. Tolstykh

Пусть  $A$  – бесконечно-порожденная свободная абелева группа. Мы показываем, что все автоморфизмы группы  $\text{Aut}(A)$  являются внутренними.

Let  $A$  be an infinitely generated free abelian group. The paper shows that all automorphisms of the group  $\text{Aut}(A)$  are inner.

**Ключевые слова:** свободные абелевы группы, бесконечно-порожденные группы, группы автоморфизмов.

**Keywords:** free abelian groups, infinitely generated groups, automorphism groups.

Л.-К. Хуа и И. Райнер [4] получили в 1951 году полное описание автоморфизмов группы автоморфизмов свободной абелевой группы  $A$  конечного ранга; в частности, было установлено, что индекс подгруппы внутренних автоморфизмов  $\text{Inn}(\text{Aut}(A))$  в группе  $\text{Aut}(\text{Aut}(A))$  не превышает 4. Работа Хуа и Райнера стимулировала как новые результаты в описании групп автоморфизмов линейных групп над кольцами (в силу того обстоятельства, что группа  $A$  может рассматриваться как свободный  $\mathbf{Z}$ -модуль), так и новые результаты в описании групп автоморфизмов относительно свободных групп. В рамках последнего направления Дж. Дайер и Э. Форманек в серии работ [1 – 3] установили совершенность групп автоморфизмов ряда относительно свободных групп конечного ранга  $\geq 2$  (к примеру, конечно-порожденных абсолютно свободных и свободных разрешимых групп; группа  $G$  называется *совершенной*, если ее центр тривиален и все её автоморфизмы являются внутренними). В серии собственных работ [6; 7; 9] автор показал, что группа автоморфизмов  $\text{Aut}(F)$  бесконечно-порожденной относительно свободной группы  $F$  является совершенной в случае, если группа  $F$  либо абсолютно свободна, либо является свободной нильпотентной группой ступени  $\geq 2$ , либо свободной разрешимой группой ступени  $\geq 2$ .

В настоящей работе, отталкиваясь от основного результата из работы [5] О. О'Миры, мы доказываем следующий результат, распространяющий процитированный выше результат Хуа и Райнера на бесконечно-порожденные свободные абелевы группы.

**Теорема.** Пусть  $A$  – бесконечно-порожденная свободная абелева группа. Тогда все автоморфизмы группы  $\text{Aut}(A)$  являются внутренними.

**Доказательство.** Обозначим через  $V$  естественным образом определенную линейную оболочку группы  $A$  над полем рациональных чисел  $\mathbf{Q}$ . “Непроективная” версия теоремы 6.7 из [5] утверждает, что если  $\Delta \in \text{Aut}(\text{Aut}(A))$ , то найдется обратимый линейный оператор (формально, – в соответствии с указанной теоремой, – *коллинеарный* оператор)  $g$  векторного пространства  $V$  над  $\mathbf{Q}$  и найдется ото-

бражение  $\chi: \text{Aut}(A) \rightarrow \text{RL}(V) \cong \mathbf{Q}^* = \mathbf{Q} \setminus \{0\}$ , где  $\text{RL}(V)$  — это группа растяжений пространства  $V$ , определяемых элементами мультипликативной группы  $\mathbf{Q}^*$ , такие, что

$$\Delta(\sigma) = \chi(\sigma)g\sigma g^{-1} \quad [\sigma \in \text{Aut}(A)].$$

Легко видеть, что отображение  $\chi$  является гомоморфизмом из группы  $\text{Aut}(A)$  в группу  $\text{RL}(V)$ . Так как, далее, группа  $\text{Aut}(A)$  совпадает со своим коммутантом (согласно теореме 1.5 из работы [8]), то  $\chi \equiv 1$ , ибо всякий гомоморфизм в абелеву группу переводит коммутатор в нейтральный элемент:

$$\begin{aligned} \chi([\sigma_1, \sigma_2]) &= \chi(\sigma_1\sigma_2\sigma_1^{-1}\sigma_2^{-1}) = \\ &= \chi(\sigma_1)\chi(\sigma_2)\chi(\sigma_1)^{-1}\chi(\sigma_2)^{-1} = 1, \end{aligned}$$

где  $\sigma_1, \sigma_2 \in \text{Aut}(A)$ . Таким образом, оператор  $g$  нормализует группу  $\text{Aut}(A)$ :

$$g\text{Aut}(A)g^{-1} = \text{Aut}(A). \quad (1)$$

Обозначим общую линейную группу  $\text{GL}(V) = \text{Aut}(V)$  векторного пространства  $V$  через  $G$ . Мы утверждаем, что  $g \in Z(G) \cdot \text{Aut}(A)$ , то есть что  $g$  является произведением растяжения  $\rho \in Z(G) = \text{RL}(V)$  и элемента  $\pi \in \text{Aut}(A)$ . В таком случае,  $g\sigma g^{-1} = \pi\sigma\pi^{-1}$  для всех элементов  $\sigma \in \text{Aut}(A)$ , и стало быть,  $\Delta$  является на самом деле внутренним автоморфизмом группы  $\text{Aut}(A)$ , как и утверждается в заключении теоремы.

Рассмотрим образ  $g(A)$  группы  $A$  под действием оператора  $g$ . Зафиксируем базис  $\{e_i : i \in I\}$  группы  $A$ . Очевидным образом,  $g(A)$  является  $\mathbf{Z}$ -линейной оболочкой, натянутой на множество всех элементов  $g(e_i)$ :  $g(A) = \text{Span}_{\mathbf{Z}}(g(e_i) : i \in I)$ .

Применяя формулу (1) выше, получаем, что группа  $g(A)$  инвариантна под действием всех элементов группы  $\text{Aut}(A)$ . Для каждого элемента  $i$  индексного множества  $I$ , выберем ненулевое целое число  $k_i \in \mathbf{Z}$ , для которого имеем  $k_i g(e_i) \in A$ , а затем унимоду-



лярный элемент  $u_i$  группы  $A$  и целое число  $m_i$ , такие что:

$$k_i g(e_i) = m_i u_i \quad (2)$$

(напомним, что *унимодулярный элемент* данной свободной абелевой группы – это элемент, который может быть включен в некоторый базис этой группы).

Дальнейшее доказательство разбивается на два случая. Предположим сначала, что найдется пара целых чисел  $m_i, m_j$  указанного выше вида, где  $i, j \in I$ , которые взаимно просты и пусть  $f$  – унимодулярный элемент группы  $A$ . Будучи унимодулярным элементом группы  $A$ , элемент  $u_i$  (соотв., элемент  $u_j$ ) может быть переведен в унимодулярный элемент  $f$  подходящим автоморфизмом  $\sigma_i \in \text{Aut}(A)$  (соотв., автоморфизмом  $\sigma_j$ ). Поскольку целые числа  $m_i, m_j$  взаимно просты, имеем  $rm_i + sm_j = 1$  для подходящих  $r, s \in \mathbf{Z}$ . Используя  $\text{Aut}(A)$  – инвариантность группы  $g(A)$ , получаем в таком случае, что

$$m_i f, m_j f \in g(A) \Rightarrow rm_i f + sm_j f \in g(A) \Rightarrow f \in g(A).$$

С другой стороны, наличие в группе  $g(A)$  унимодулярного элемента группы  $A$ , означает, что она содержит группу  $A: g(A) \geq A$ . В таком случае,  $A \geq g^{-1}(A)$ . Очевидно, что обратный оператор  $g^{-1}$  тоже нормализует группу  $\text{Aut}(A)$ , и потому группа  $g^{-1}(A)$  является подгруппой группы  $A$ , которая инвариантна относительно всех автоморфизмов последней.

Легко видеть, однако, если подгруппа  $B$  группы  $A$  является  $\text{Aut}(A)$ -инвариантной, то  $B = mA$  для

подходящего  $m \in \mathbf{N}$ . Действительно, пусть  $B \neq \{0\}$  и пусть  $\mathcal{U}(A)$  обозначает семейство всех унимодулярных элементов группы  $A$ . Тогда, положив

$$m = \min\{k \in \mathbf{N} \setminus \{0\} : \exists e \in \mathcal{U}(A) \text{ т. ч. } ke \in B\},$$

немедленно получаем, что  $B = mA$ . Следовательно,  $g^{-1}(A) = mA = \rho(m)(A)$ , для некоторого натурального числа  $m > 0$ , где  $\rho(m) \in \text{RL}(V)$  обозначает растяжение пространства  $V$ , определяемое скаляром  $m$ . Следовательно,  $\rho(m^{-1})g^{-1}(A) = A$ , откуда  $\rho(m^{-1})g^{-1} \in \text{Aut}(A) \Rightarrow g \in Z(G) \cdot \text{Aut}(A)$ , как и утверждалось выше.

Предположим теперь, что пара различных индексов  $i, j \in I$ , такова, что наибольший общий делитель соответствующих чисел  $m_i, m_j$  строго больше единицы:  $\gcd(m_i, m_j) = d > 1$ . Отталкиваясь от равенств  $m_i = dm'_i, m_j = dm'_j$ , где целые числа  $m'_i, m'_j$  взаимно просты, получаем, что

$$\begin{cases} k_i g(e_i) = dm'_i u_i, \\ k_j g(e_j) = dm'_j u_j \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k_i (1/d) g(e_i) = m'_i u_i, \\ k_j (1/d) g(e_j) = m'_j u_j. \end{cases}$$

Но в таком случае вышеприведенные рассуждения применимы к обратимому линейному оператору  $h = \rho(1/d)g = \rho(d^{-1})g$ , который очевидным образом нормализует группу  $\text{Aut}(A)$ . Следовательно,  $h \in Z(G) \cdot \text{Aut}(A)$ , откуда  $g \in Z(G) \cdot \text{Aut}(A)$ , что и требовалось доказать.

*Автор признателен О. В. Белегредеку и М. Эмертону за полезные обсуждения.*

## Литература

1. Dyer J., Formanek E. The automorphism group of a free group is complete // J. London Math. Soc. 11 (1975). P. 181 – 190.
2. Dyer J., Formanek E. Automorphism sequences of free nilpotent group of class two // Math. Proc. Camb. Phil. Soc. 79 (1976). P. 271 – 279.
3. Dyer J., Formanek E. Characteristic subgroups and complete automorphism groups // Amer. J. Math. 99 (1977). P. 713 – 753.
4. Hua L. K., Reiner I. Automorphisms of the unimodular group // Trans. Amer. Math. Soc. 71 (1951). P. 331 – 348.
5. O'Meara O. A general isomorphism theory for linear groups // J. Algebra. 44 (1977). P. 93 – 142.
6. Tolstykh V. The automorphism tower of a free group // J. London Math. Soc. 61 (2000). P. 423 – 440.
7. Tolstykh V. Infinitely generated free nilpotent groups: completeness of the automorphism groups // Math. Proc. Camb. Phil. Soc. 147 (2009). P. 541 – 566.
8. Tolstykh V. On the Bergman property for the automorphism groups of relatively free groups // J. London Math. Soc. (2) 73 (2006). P. 669 – 680.
9. Tolstykh V. Small conjugacy classes in the automorphism groups of relatively free groups // J. Pure Appl. Algebra. 215 (2011). P. 2086 – 2098.

## Информация об авторе:

**Толстых Владимир Александрович** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики и информатики Стамбульского университета Арел, Стамбул, Турция, [vladimirtolstykh@arel.edu.tr](mailto:vladimirtolstykh@arel.edu.tr).

**Vladimir A. Tolstykh** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Mathematics and Informatics, Istanbul Arel University, Turkey.

*Статья поступила в редколлегию 05.03.2015 г.*

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 544.225.2: 548.713.022.723

### ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ И ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ В СУПЕРТВЕРДОМ $\text{sp-BC}_2\text{N}$

Ю. М. Басалаев, А. С. Поплавной

### ELECTRONIC STRUCTURE AND CHEMICAL BONDING IN SUPERHARD $\text{sp-BC}_2\text{N}$

Yu. M. Basalaev, A. S. Poplavnoi

*Работа выполнена при поддержке государственного задания № 3.1235.2014К.*

На основе первопринципного метода функционала плотности вычислены зонный спектр, полная и деформационная электронные плотности, атомные заряды супертвердого соединения  $\text{BC}_2\text{N}$  в структуре халькопирита. Проанализирован парциальный состав валентной зоны. Вблизи дна зоны проводимости имеются конкурирующие минимумы, при этом расположение абсолютного минимума зависит от используемого кода вычислений (PWscf или CRYSTAL09), что не позволяет отнести  $\text{sp-BC}_2\text{N}$  к прямозонному или непрямозонному кристаллу. Характер контуров полной и деформационной плотностей показывает ионно-ковалентный тип химической связи, при этом связь C-N оказывается более прочной, чем B-C.

Band spectrum, full and deformational electronic densities, atomic charges of superhard compound  $\text{BC}_2\text{N}$  in a chalcopyrite structure have been calculated in terms of first principles density functional theory. A partial composition of the valence band has been analysed. There are some competing minima within the band bottom, the absolute minimum location depending on the calculation code applied (PWscf or CRYSTAL09), which does not allow  $\text{sp-BC}_2\text{N}$  to be a direct band crystal or indirect band one. The nature of full and deformational density contours is of ionic-covalent type of the chemical bonding and the C-N bond appears to be stronger than that of B-C.

**Ключевые слова:** халькопирит, сверхтвердый, электронное строение,  $\text{BC}_2\text{N}$ , химическая связь.

**Keywords:** chalcopyrite, superhard, electronic structure,  $\text{BC}_2\text{N}$ , chemical bonding.

#### Введение

В последние годы тройные соединения на основе бора, углерода и азота (B-C-N) привлекли особое внимание исследователей (см. [8 – 10; 13 – 14] и литературу в этих источниках), так как они могут быть новым типом сверхтвердых материалов с экстремально высокими твердостями, сравнимыми с алмазом, а также иметь высокую термическую и химическую стабильности, как кубический нитрид бора (c-BN). Более того, B-C-N соединения ожидаются интересными для электронных и оптоэлектронных применений, поскольку их зонные щели оказываются промежуточными между полуметаллическим графитом и изолирующим гексагональным нитридом бора (h-BN).

Поскольку изоэлектронные соединения  $\text{BC}_2\text{N}$  формально являются идеальным сплавом углерода ( $\text{C}_2$ ) и нитрида бора (BN), как это видно из состава, представляется разумным соображение о том, что  $\text{BC}_2\text{N}$  имеют подобную кристаллическую структуру. На этой основе некоторые, приписываемые к кубическим материалам соединения были успешно синтезированы, однако их кристаллическая структура все еще надежно не определена. В частности, изучались высокоплотные структуры типа сфалерита (zb- $\text{BC}_2\text{N}$ ), вурцита (w- $\text{BC}_2\text{N}$ ), халькопирита (sp- $\text{BC}_2\text{N}$ ), другие тетрагональные модификации (z- $\text{BC}_2\text{N}$ ), (t- $\text{BC}_2\text{N}$ ), короткопериодический сверхрешеточный тип  $(\text{C}_2)_n(\text{BN})_n$  [13; 14; 9]. В [8] в качестве предпочтительной для объяснения некоторых рентгеновских структурных экспериментов рассматривалась ромбоэдрическая фаза. Обсуждалась также гипотетическая объемноцентрированная  $\text{sp}^3$ -связанная

структура углерода (bc 6-c) с низшей плотностью, чем алмаз и начиная с этой работы исследовались низкоплотностные фазы  $\text{BC}_2\text{N}$  [10]. Несмотря на обилие исследованных модификаций, вопрос о том, какое количество полиморфов существует на основе  $\text{BC}_2\text{N}$  до сих пор не решен, а по поводу конкретных структур продолжают интенсивные дискуссии [8 – 10; 13 – 14].

Структура халькопирита для потенциально сверхтвердого бор-карбонитрида (sp- $\text{BC}_2\text{N}$ ) впервые предсказана теоретически [14] на основе *ab initio* псевдопотенциального метода функционала плотности. В этой работе вычислены структурные параметры, объем элементарной ячейки, плотность, упругие постоянные, объемный модуль, энергия формирования, определена как

$$E_f = [E(\text{BC}_2\text{N}) - (E(\text{алмаз}) + E(\text{BN})) / 2] / 2.$$

Эта энергия оказалась положительной, откуда сделан вывод, что sp- $\text{BC}_2\text{N}$  может быть метастабильной фазой, имеющей тенденцию к разделению на алмаз и c-BN. Механическая стабильность sp- $\text{BC}_2\text{N}$  установлена на основе анализа упругих постоянных. Вычислена также зонная структура, проведен парциальный анализ зон,  $E_g = 3.3$  эВ, край поглощения прямой, имеется близкий дополнительный минимум зоны проводимости в боковой точке зоны Бриллюэна. В работе [9] выполнены первопринципные расчеты электронных, динамических и оптических свойств пяти модификаций  $\text{BC}_2\text{N}$ , включая sp- $\text{BC}_2\text{N}$ , на основе плосковолнового метода функционала плотности, при этом основное внимание уделено колебательным спектрам.



В нашей работе выполнены вычисления зонной структуры, карт полной и деформационной плотностей, проанализированы особенности химической связи кристалла  $\text{sr-BC}_2\text{N}$ . При этом использовались два различных программных кода (PWscf и CRYSTAL09), основанных на методе функционала плотности, что необходимо в условиях фактического отсутствия экспериментальных данных.

**1. Кристаллическая структура халькопирита** определяется пространственной группой симметрии  $D_{2d}^{12}$  ( $I\bar{4}2d$ ). Все атомы в кристалле находятся в тетраэдрическом окружении их ближайших соседей, координационное число атомов равно 4, а координационным многогранником является тетраэдр. Тройные соединения со структурой подобной халькопириту принято разделять на двухкатионные ( $ABX_2$ ) и двуханионные ( $A_2XY$ ), в соответствии с природой атомов ( $A$ ,  $B$  –

катионы,  $X$ ,  $Y$  – анионы) заполняющих три подрешетки, имеющие происхождение из структуры алмаза и сфалерита [3; 1]. Соединение  $\text{sr-BC}_2\text{N}$  отличается от обеих групп по характеру заполнения этих подрешеток (рис. 1). В данном случае атомы  $B$  окружены четырьмя атомами  $C$  и размещены в катионной подрешетке  $A$  халькопирита  $ABX_2$ , являясь катионами по отношению к двум другим атомам ( $C$  и  $N$ ). Атомы  $N$  также окружены четырьмя атомами  $C$  и располагаются в катионной подрешетке  $B$ , но по своей природе являются анионами. В свою очередь, атомы  $C$  в ближайшем окружении имеют по два атома  $B$  и  $N$ , занимают позиции анионов  $X$  классического халькопирита и по отношению к атомам  $N$  являются катионами, а по отношению к атомам  $B$  – анионами, что может быть объяснено их взаимным расположением в периодической таблице и величинами электроотрицательностей [2]: 2.04 ( $B$ ), 2.55 ( $C$ ) и 3.04 ( $N$ ).

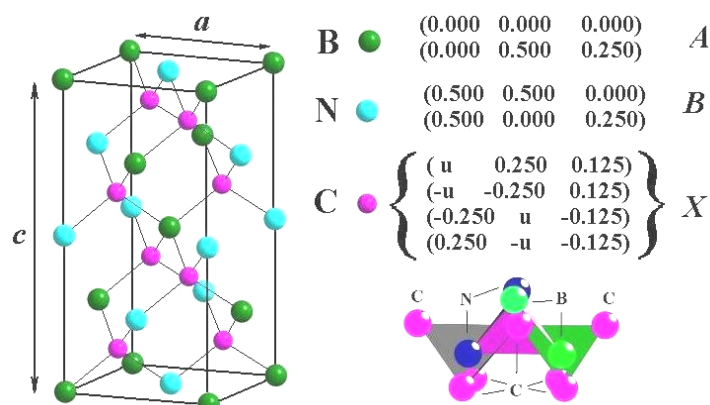


Рис. 1. Кристаллическая ячейка, позиции атомов, катионные ( $BC_4$ ,  $B_2CN_2$ ) и анионные ( $NC_4$ ) тетраэдры кристалла  $\text{sr-BC}_2\text{N}$  в структуре халькопирита

Позиции атомов  $C$  в анионной подрешетке  $X$  (рис. 1) определяются различием ионных радиусов атомов образующих соединение  $\text{sr-BC}_2\text{N}$ , что характеризуется тетрагональным сжатием  $\gamma = c/a$  и смещением  $u$  из узлов гранецентрированной кубической подрешетки  $X$  неискаженного бинарного аналога со структурой сфалерита  $AX$ . В неискаженном кристалле со структурой халькопирита  $\gamma = 2$  и  $u = 0.25$ . Поскольку в литературе отсутствуют экспериментальные значения параметров решетки, нами были оценены их равновесные величины в соответствии с методикой [7], а затем уточнялись в рамках *ab initio* расчетов с помощью стандартной процедуры оптимизации геометрии кристалла.

**2. Метод и параметры расчета.** Вычисление электронного строения кристалла  $\text{sr-BC}_2\text{N}$  осуществлялось с использованием программных кодов PWscf [6] и CRYSTAL09 [5] в рамках теории функционала плотности DFT (density functional theory). В обоих кодах применялось локальное LDA (local density approximation) приближение. Для всех атомов в коде PWscf использовались сохраняющие норму атомные псевдопотенциалы. В вычислениях с помощью пакета CRYSTAL09 был использован валентно-расщепленный базис гауссовых орбиталей TZVP (Triple-Zeta Valence). Обрыв кинетической энергии осуществлялся при 40

Ry, что обеспечивает сходимость по полной энергии не хуже  $10^{-3}$  эВ/атом и уровень сходимости фононных частот в пределах нескольких десятых долей  $\text{см}^{-1}$ . Интегрирование по зоне Бриллюэна велось методом специальных точек на сетке Монкхорста-Пака [11]  $4 \times 4 \times 4$ . Зона Бриллюэна халькопирита и основные точки симметрии представлены на рис. 2.

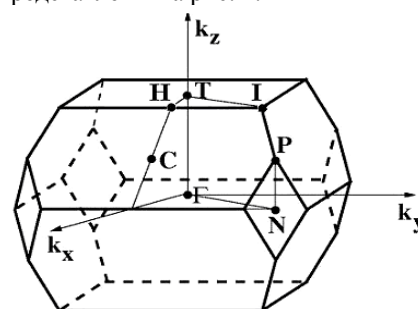


Рис. 2. Зона Бриллюэна халькопирита

Вычисленные по формулам из работы [7] значения параметров  $c$ ,  $a$ ,  $\gamma$  и  $u$  представлены в таблице 1, где также приведены значения длин связей  $B-C$  и  $C-N$ , объема элементарной ячейки  $\Omega$  и плотности  $\rho$  исследуемых кристаллов. Там же дан угол разворота ф тетраэдров  $B_2CN_2$  вокруг оси четвертого порядка  $c$  и валентные углы  $\theta$ :  $B-C-N$ ,  $B-C-B$  и  $N-C-N$ .

Вычисленное нами по формулам из работы [14] значение твердости по Виккерсу для кристалла  $\text{BC}_2\text{N}$  равно 72.23 ГПа, что хорошо согласуется со значением 72.2 ГПа, полученным авторами работы [14] для структуры халькопирита и экспериментальным значением

$76 \pm 4$  ГПа для кубического кристалла  $\text{с-BC}_2\text{N}$  из работы [12]. Кристалл  $\text{ср-BC}_2\text{N}$  является сверхтвердым, поскольку сверхтвердыми считаются материалы, твердость которых превышает 40 ГПа.

Таблица 1

Параметры кристаллической решетки  $\text{ср-BC}_2\text{N}$

Параметры	Наш расчет		Расчет	Расчет
	PWscf	CRYSTAL	[1]	[5]
$a$ (Å)	3.6118	3.615	3.613	3.614
$c$ (Å)	7.1456	7.144	7.147	7.146
$\gamma = c/a$	1.9784	1.976	1.978	1.977
$u$	0.278	0.261	0.263*	0.260*
$\Omega$ (Å <sup>3</sup> )	93.22	93.36	93.27	93.33
$\rho$ (г/см <sup>3</sup> )	3.480	3.475	3.478	3.476
B-C (Å)	1.573	1.6195	1.586	1.580*
C-N (Å)	1.526	1.5024	1.534	1.538*
$\phi$ (°)	48.04	46.23	46.45*	46.12*
B-C-N (°)	109.78	110.07	110.00*	110.05*
B-C-B (°),	103.34	106.80	106.41*	107.03*
N-C-N (°)	115.47	111.57	112.04*	111.36*

Примечание: звездочкой отмечены вычисленные нами параметры на основе данных из [14] и [9].

3. Зонная структура кристалла  $\text{ср-BC}_2\text{N}$  вычисленная с помощью кода PWscf в точках высокой симметрии и вдоль линий их соединяющих ( $\Gamma \rightarrow \Gamma \rightarrow \text{N} \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{I} \rightarrow \text{T} \rightarrow \text{H} \rightarrow \text{C} \rightarrow \Gamma$ ), а также кода CRYSTAL09 в направлениях  $\text{T} \rightarrow \Gamma \rightarrow \text{N}$ , представлена на рис. 3а и 3б, соответственно. За начало шкалы отсчета энергии выбран последний заполненный уровень (положение вершины валентной зоны). В целом оба расчета хорошо согласуются между собой: валентные зоны качественно подобны и состоят из трех подзон, разделенных запрещенными участками; все подзоны широкодисперсные, что характерно для соединений с пре-

имущественно ковалентной связью; вершина валентной зоны реализуется в центре зоны Бриллюэна двукратно вырожденным уровнем с симметрией  $\Gamma_{5V}$ ; широкая валентная зона ( $\sim 23.5$  эВ) обусловлена тем, что в составе кристалла  $\text{ср-BC}_2\text{N}$  содержится большой процент атомов углерода,  $s$ - и  $p$ -состояния которых дают основной вклад в валентную зону, что подтверждается нашими расчетами для модельного кристалла  $\text{CCC}_2$  со структурой халькопирита [4]. Кристаллическое расщепление в обоих случаях имеет отрицательное значение, т. к. однократный уровень  $\Gamma_{4V}$  расположен энергетически ниже уровня  $\Gamma_{5V}$ .

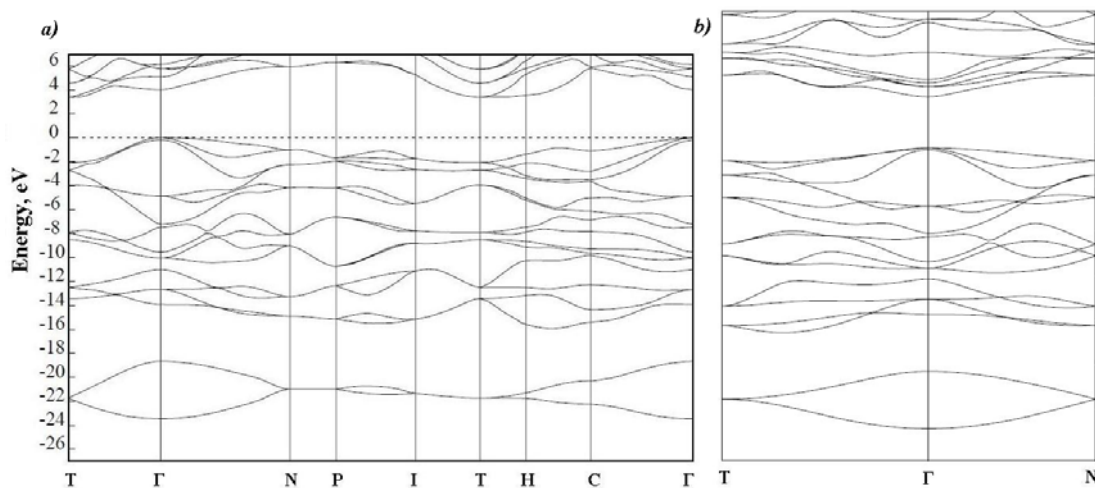


Рис. 3. Зонная структура кристалла  $\text{ср-BC}_2\text{N}$  вычисленная с помощью: а) кода PWscf и б) кода CRYSTAL09

В то же время, между зонными спектрами на рис. 3 имеются существенные отличия в строении дна зоны проводимости. Согласно расчету с использованием кода PWscf кристалл  $\text{ср-BC}_2\text{N}$  является непрямозонным, т. к. абсолютный минимум зоны проводимости расположен в точке Т. Причин для такой локализации в кристалле  $\text{ср-BC}_2\text{N}$  не выявлено, поскольку

его нельзя отнести, например, к соединениям семейства халькопирита с сильным тетрагональным сжатием, для которых эта особенность была установлена [1; 4]. Перебор различных базисов в рамках кода PWscf не позволил что-либо изменить или установить причину данной особенности. Аналогичные расчеты с использованием различных базисов генерированных

для кода CRYSTAL09 дали устойчивые результаты, в соответствии с которыми абсолютный минимум зоны проводимости (симметрия  $\Gamma_{3C}$ ) кристалла  $\text{sp-BC}_2\text{N}$  расположен, как и абсолютный максимум валентной зоны ( $\Gamma_{5V}$ ) в центре зоны Бриллюэна. Согласно теоретико-групповому анализу прямой переход  $\Gamma_{5V} \rightarrow \Gamma_{3C}$  разрешен по симметрии и, следовательно, кристалл  $\text{sp-BC}_2\text{N}$  является прямозонным с шириной запрещенной зоны  $E_g = 4.39$  эВ и кристаллическим расщеплением  $\Delta_{\text{кр}} = -0.20$  эВ.

Структура зон  $\text{sp-BC}_2\text{N}$  вычислялась ранее в работе [14] с помощью кода CASTEP на основе *ab initio* метода функционала плотности с использованием ультрамягких псевдопотенциалов. Зонная структура, вычисленная в [14], качественно подобна структуре зон, представленной на рис. 3. По данным [14], на краю поглощения реализуется прямой переход, так же, как и в наших расчетах с использованием кода CRYSTAL09. Вместе с тем, как уже отмечено, использование кода PWscf приводит к непрямоугольному краю поглощения. Такая ситуация достаточно типична в кристаллах с минимумом зоны проводимости  $\Gamma_3$ , происходящего из  $X_3$  сфалерита – всегда имеется боковой минимум в точке T и их взаимное расположение нередко устанавливается только экспериментально. В целом структура валентной зоны кристалла  $\text{BC}_2\text{N}$  отличается по топологии и не имеет аналогов среди известных алмазоподобных соединений с решеткой халькопирита.

Из расчета полной и парциальной плотности состояний  $N(E)$  кристалла  $\text{B}_2\text{CN}$  установлено, что нижняя подзона (расположенная в интервале энергии от -19 до -24 эВ), включает два энергетических уровня и содержит вклады из s-состояний атомов азота и углерода в соотношении 5:1. В интервале от -11 до -15 эВ расположена подзона из четырех уровней энергии, основные вклады в которую дают p-состояния азота и s-состояния углерода. Верхнюю подзону можно условно разделить на две части. Нижняя часть (четыре

уровня энергии от -7 до -10 эВ) формируется в основном за счет вкладов p-состояния атомов азота и углерода, а верхняя часть (уровни энергии от 0 до -7 эВ) формируется преимущественно из вкладов p-состояния атомов углерода и бора. Дно зоны проводимости содержит вклады p-состояний всех трех атомов. Эти результаты хорошо согласуются с данными работ [14] и [9].

#### 4. Распределение заряда валентных электронов.

Результаты первопринципных расчетов электронной плотности  $\rho(\mathbf{r})$  в кристалле  $\text{sp-BC}_2\text{N}$ , выполненные нами с использованием кода CRYSTAL09, представлены на рис. 4а в виде карты распределения заряда валентных электронов, для плоскости, содержащей атомы разного сорта. Установлено, что основной заряд сосредоточен на анионе (атом N), который образует с ближайшими катионами (четыре атома C) преимущественно ковалентную химическую связь, с изолиниями  $\rho(\mathbf{r})$  деформированными вдоль направления N-C, вследствие чего эта связь является поляризованной ионно-ковалентной. Связь B-C также можно считать ионно-ковалентной, с преобладающей ионной составляющей химической связи.

Деформационная плотность  $\Delta\rho(\mathbf{r})$  вычислялась с использованием кода CRYSTAL09. Она показывает перераспределение электронной плотности при образовании кристалла из свободных атомов. Плотность  $\Delta\rho(\mathbf{r})$  может принимать как положительные, так и отрицательные значения, что позволяет определить области избыточной электронной плотности, отвечающей, как правило, за образование химической связи. На рис. 4b представлена карта вычисленной деформационной плотности для кристалла  $\text{sp-BC}_2\text{N}$ . Отрицательные области  $\Delta\rho(\mathbf{r})$  обозначены на рисунке штриховой линией, нулевые – жирной штрих-пунктирной линией, положительные – сплошной линией.

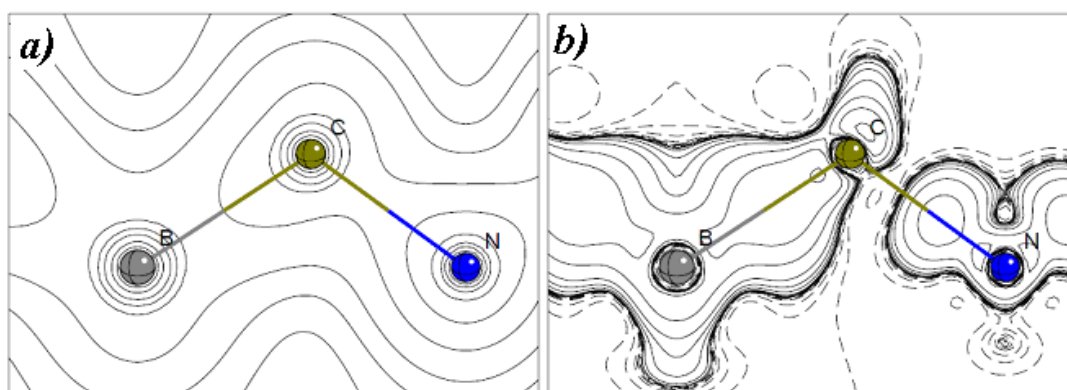


Рис. 4. Распределение электронной плотности в кристалле  $\text{sp-BC}_2\text{N}$ : а) полная  $\rho(\mathbf{r})$ ; б) деформационная  $\Delta\rho(\mathbf{r})$

Карты деформационной плотности  $\Delta\rho(\mathbf{r})$  кристалла  $\text{sp-BC}_2\text{N}$ , показывают наличие антисвязывающих (разрыхляющих) орбиталей (локализованные максимумы на рис.4b за атомом C), которые ослабляют связь B-C.

Судить о типе химической связи в кристалле можно по величине зарядов на атомах и направлению

перераспределения валентной электронной плотности. Известно, что атомный заряд можно определить однозначно лишь для свободного атома. В то же время существуют различные схемы для определения заряда атома в кристаллах (Левдина, Малликена, Бейдера и др.). Вычисленные в модели Левдина атомные заряды кристалла  $\text{sp-BC}_2\text{N}$ , имеют следующие значе-

ния (в ед.  $e$ ): для атомов В – 3.13 ( $Q_s = 0.66$ ,  $Q_p = 2.47$ ); для атомов С – 3.90 ( $Q_s = 0.95$ ,  $Q_p = 2.95$ ); для атомов N – 5.01 ( $Q_s = 1.22$ ,  $Q_p = 3.79$ ).

### Заключение

Халькопиритная структура  $sp$ - $BC_2N$  предсказана в ряде теоретических работ. Что касается синтезированных соединений  $BC_2N$ , то для многих из них кристаллическая структура все еще не определена и по этому поводу продолжают интенсивные дискуссии. В частности, относительно  $sp$ - $BC_2N$  высказывается мнение, что эта метастабильная фаза, имеющая тенденцию к распаду на алмаз и кубический нитрид бора. Тройные соединения подобные халькопириту принято разделять на двухкатионные ( $ABX_2$ ) и двуханионные ( $A_2XY$ ), в соответствии с природой атомов ( $A$ ,  $B$  – катионы,  $X$ ,  $Y$  – анионы). Соединение  $sp$ - $BC_2N$  отличается от этих обеих групп, поскольку в нем атомы В являются катионами по отношению к двум другим атомам (С и N), атомы N – анионами, в то время как атомы С по отноше-

нию к В являются анионами, а по отношению к N – катионами.

Электронное строение  $sp$ - $BC_2N$  качественно подобно строению «классических халькопиритов»: валентные зоны состоят из трех подзон, разделенных запрещенными участками. Все подзоны широкодисперсные, что характерно для соединений с преимущественно ковалентной химической связью. Положение дна зоны проводимости оказалось зависимым от используемого программного кода. Такая ситуация достаточно типична для структур с решеткой халькопирита, у которых дно зоны проводимости происходит из минимума  $X_3$  сфалерита, и это приводит к существованию конкурирующих минимумов в точках Г и Т зоны Бриллюэна халькопирита. Характер контуров полной и деформационной плотности показывает ионно-ковалентный тип химической связи, при этом связь C-N оказывается более прочной, чем B-C. Вычисленные в модели Левина заряды атомов коррелируют со значениями их электроотрицательностей

### Литература

1. Басалаев Ю. М., Поплавной А. С. Электронное строение тройных алмазоподобных соединений со структурой халькопирита. Кемерово; М., 2009. 226 с.
2. Бацанов С. С. Структурная химия. Факты и зависимости. М: Диалог-МГУ, 2000. 292 с.
3. Горюнова Н. А. Сложные алмазоподобные полупроводники. М.: Советское радио, 1968. 276 с.
4. Basalaev Yu. M., Poplavnoi A. S. In: Chalcopyrite: Chemical Composition, Occurrence and Uses // Ed. D. Cronin. New-York: Nova Science Publishers, Inc., 2014. P. 115 – 173.
5. Dovesi R., Orlando R., Civalieri B., Roetti C., Saunders V. R., Zicovich-Wilson C. M. CRYSTAL: a computational tool for the ab initio study of the electronic properties of crystal // Zeit. Kristallogr. 2005. 220. № 5-6. P. 571 – 573.
6. Giannozzi P., Baroni S., De Gironcoli S., Fabris S., Gebauer R., Kokalj A., Martin-Samos L., Paulatto L., Sbraccia C., Scandolo S., Sclauzero G., Umari P., Paolini S., Bonini N., Ceresoli D., Marzari N., Calandra M., Gougoussis C., Lazzeri M., Mauri F., Seitsonen A.P., Car R., Cavazzoni C., Chiarotti G.L., Cococcioni M., Wentzcovitch R.M., Dabo I., Fratesi G., Smogunov A., Gerstmann U., Mazzarello R., Pasquarello A. Quantum espresso: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials // J. Phys.: Condens. Matter. 2009. V. 21. № 39. P. 395502-1-19.
7. Jaffe J. E., Zunger A. Theory of the band-gap anomaly in  $ABC_2$  chalcopyrite semiconductors // Phys. Rev. B. 1984. V. 29. № 4. P. 1882 – 1906.
8. Li Q., Wang M., Oganov A. R., Cui T., Ma Ya., Zou G. Rhombohedral Superhard Structure of  $BC_2N$  // J. Appl. Phys. 2009. V. 105. № 5. P. 053514 1-4.
9. Li Y., Fan W., Sun H. et al. First-principles study of the electronic structure, optical properties, and lattice dynamics of  $BC_2N$  // J. Phys. Chem. C. 2010. V. 114. № 6. P. 2783 – 2791.
10. Luo X., Guo X., Xu B., Wu Q., Hu Q., Liu Zh., He J., Yu D., Tian Y., Wang H.-T. Body-centered superhard  $BC_2N$  phases from first principles // Phys. Rev. B. 2007. V. 76. № 9. P. 94103-1-6.
11. Monkhorst H. J., Pack J. D. Special points for Brillouin-zone integrations // Phys. Rev. B. 1976. V. 13. № 12. P. 5188 – 5192.
12. Solozhenko V. L., Andrault D., Fiquet G., Mezouar M., Rubie D. C. Synthesis of superhard cubic  $BC_2N$  // Appl. Phys. Lett. 2001. V. 78. № 10. P. 1385 – 1387.
13. Sun J., Zhou X.-F., Fan Y.-X., Chen J., Wang H.-T., Guo X., He J., Tian Y. First-principles study of electronic structure and optical properties of heterodiamond  $BC_2N$  // Phys. Rev. B. 2006. V. 73. № 4. P. 045108-1-10.
14. Sun J., Zhou X.-F., Qian G.-R., Chen J., Fan Y. X., Wang H. T., Guo X. J., He J. L., Liu Z. Y., Tian Y. J. Chalcopyrite polymorph for superhard  $BC_2N$  // Appl. Phys. Lett. 2006. V. 89. № 15. P. 15911-1-3.

### Информация об авторах:

**Басалаев Юрий Михайлович** – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры теоретической физики КемГУ, 8(3842)58-31-95, [ymbas@kemsu.ru](mailto:ymbas@kemsu.ru).

**Yury M. Basalaev** – Doctor of Physics and Mathematics, Full Professor, Professor at the Department of Theoretical Physics, Kemerovo State University.

**Поплавной Анатолий Степанович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики КемГУ, 8(3842)58-31-95, [popl@kemsu.ru](mailto:popl@kemsu.ru)

**Anatoly S. Poplavnoy** – Doctor of Physics and Mathematics, Full Professor, Head of the Department of Theoretical Physics, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 03.02.2015 г.



# ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ИОНООБМЕННЫХ СВОЙСТВ И КИСЛОРОДНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЯГКИХ КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

*Н. В. Иванова, П. Д. Халфина, Т. В. Дикунова*

## VOLTAMMETRIC STUDY OF ION-EXCHANGE PROPERTIES AND OXYGEN PERMEABILITY OF THE MATERIALS FOR SOFT CONTACT LENSES

*N. V. Ivanova, P. D. Khalфина, T. V. Dikunova*

Разработаны методики вольтамперометрического определения кислородной проницаемости и активности в кислотно-основном обмене материалов для мягких контактных линз. В первом случае предлагается использовать катодный вариант вольтамперометрии по току восстановления  $O_2$  в герметичной ячейке с индикаторным золотым электродом, во втором – измерение пиков окисления адсорбированного на платине водорода в процессе поглощения свободной кислоты материалом линзы.

The techniques of the voltammetric determination of oxygen permeability and of the activity in acid-base exchange were developed for the soft contact lenses. In the first case it is proposed to use the cathodic voltammetry by means of  $O_2$  reduction current in the airtight cell with a gold electrode. In the second case the authors suggest measuring the hydrogen oxidation peaks with platinum electrode during the absorption of free acid by lens material.

**Ключевые слова:** вольтамперометрия, кислородная проницаемость, ионообменные свойства, мягкие контактные линзы.

**Keywords:** voltammetry, oxygen permeability, ion-exchange properties, soft contact lenses.

Мягкие контактные линзы (МКЛ) широко используются как средство оптической коррекции зрения, а также для лечения химических ожогов и некоторых заболеваний глаз в качестве искусственной повязки для роговицы и средства введения лекарственных веществ. Для изготовления МКЛ применяются полимерные материалы, которые наряду с хорошими оптическими свойствами, обладают гибкостью, эластичностью и биологической инертностью. Одной из важнейших характеристик качества линз является кислородная проницаемость. По международным стандартам для измерения этого показателя предлагается использование полярографических методов или кулонометрическое определение [7 – 8]. Предлагаемые методики не лишены определённых недостатков, например, применимы не для всех материалов, не учитывают разницу в толщине линзы на различных участках и требуют введения поправок, связанных с величиной катода и геометрическими параметрами линз [4].

Для лечения химических ожогов созданы лекарственные средства на основе мягких контактных линз – глазные лечебные ионообменные вкладыши и линзы, содержащие ионообменные материалы [1; 3]. Химические ожоги, особенно щелочные, отличаются быстротой проникновения повреждающего вещества в глубину тканей глаза. В связи с этим велико значение быстроты и активности первой помощи пострадавшим. В этом случае важной характеристикой МКЛ является их активность в кислотно-основном обмене, для определения которой пока не существует стандартных методов. Имеются сведения о возможности количественной оценки обменной емкости МКЛ титриметрическим методом после выдерживания линзы в соответствующих растворах [5]. Метод кислотно-основного титрования в данном случае обладает рядом недостатков, таких как: длительное время проведения анализа, большие затраты реакти-

вов, значительные суммарные погрешности, а также отсутствие возможности проведения анализа в реальном времени. В представленной работе рассматривается возможность определения кислородной проницаемости и обменной емкости по отношению к кислотам материалов для МКЛ в динамике методом вольтамперометрии на твердых электродах.

### Методика эксперимента

Работа проводилась на полярографе ПУ-1 с интерфейсным блоком «ГРАФИТ». В качестве индикаторных электродов использовали электроды из платины, золота и стеклоуглерода, все потенциалы приведены относительно 0,1 М хлоридсеребряного электрода. Для измерения pH использовался pH-метр марки pH-340. Растворы электролитов готовили из реактивов марки х. ч. и бидистиллированной воды. Деаэрирование электрохимических ячеек производили газообразным азотом. Образцы мягких контактных линз предоставлены малым инновационным предприятием «Лиомед» (КемГУ).

### Экспериментальные результаты и их обсуждение

Для разработки вольтамперометрической методики исследования обменных характеристик линз по отношению к кислотам и основаниям необходимо выбрать аналитический сигнал, связанный с концентрацией ионов водорода. Рабочая область pH раствора определяется типом ионообменника, используемого для модификации материала линзы. Так, при использовании катионитов pH, по результатам предварительных измерений, варьируется от 1,9 до 3,5.

Максимальный отклик на присутствие ионов водорода будут давать электродные материалы, характеризующиеся низким перенапряжением выделения водорода, вследствие их каталитической и адсорбционной активности, например, металлы платиновой

группы. Наиболее доступным и в достаточной степени устойчивым к анодному окислению материалом является платина, поэтому платиновый электрод был выбран в качестве индикаторного для проведения вольтамперометрических исследований.

В литературе [6] подробно обсуждается электрохимическое поведение платиновых электродов в различных средах, на основании этих данных был выбран анодный режим регистрации вольтамперных кривых, а в качестве аналитического сигнала решено использовать суммарный пик электрохимической десорбции слабо- и прочносвязанного водорода с поверхности платины.

При выборе оптимальных условий исследования ионообменных характеристик линз осуществлен экспериментальный поиск необходимых параметров вольтамперометрирования, и конструкции электрохимической ячейки, обеспечивающих устойчивый отклик в течение длительного времени и отсутствие мешающих влияний. Показано, что наилучшие результаты показывает ячейка, состоящая из индикаторного платинового, вспомогательного стеклоуглеродного электродов и хлоридсеребряного электрода сравнения. Максимальное и наиболее воспроизводимое значение тока пика наблюдается в следующих условиях:

- фоновый электролит 0,02 М HCl;
- потенциал накопления: -0,8 В;
- время накопления: 30 сек;
- диапазон сканирования потенциала: от -1 В до +1 В;
- скорость сканирования: 100 мВ/сек.

В выбранных оптимальных условиях величина аналитического сигнала стабильна в течение, как минимум, 180 минут, причем относительное стандартное отклонение результатов измерений не превышает 2 %.

Электродная система демонстрирует адекватный отклик на изменение активности ионов водорода в наиболее интересной области pH от 1,9 до 3,5. Эксперимент проводился следующим образом: регистрировалась фоновая вольтамперная кривая в 0,02 М HCl, затем вносилась добавка стандартного раствора NaOH при перемешивании. Вновь производилась развертка потенциала и измерялась величина пика десорбции на вольтамперной кривой. Параллельно, в отдельных пробах, контролировали pH раствора с использованием pH-метра. Зависимость тока пика десорбции от pH раствора изображена на рис. 1. Полученная расчетным путем на основании этих данных зависимость тока пика от концентрации ионов водорода линейна в интервале концентраций  $5,0 \cdot 10^{-4} - 4,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л.

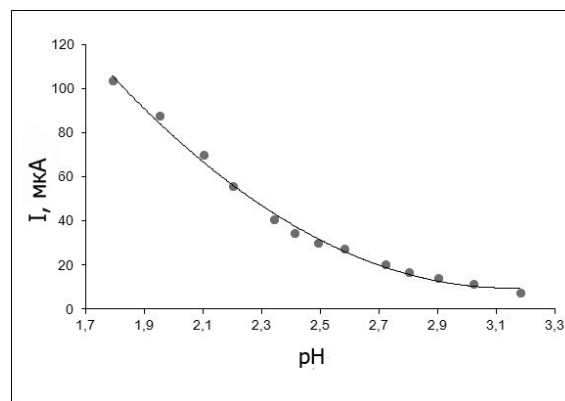


Рис. 1. Зависимость тока пика электрохимической десорбции ионов водорода от pH электролита, полученная с использованием платинового электрода

Проведенные на модельных растворах измерения показали возможность использования данного варианта вольтамперометрии в определении ионообменных характеристик линз и материалов для их изготовления.

Объектами исследования в данной работе являлись линзы из материала «Кемерон», модифицированного карбоксильным катионитом Д-113-170, предварительно выдержанные в 0,02М растворе NaOH, для того, чтобы смоделировать реальную ситуацию, возникающую в случае необходимости лечения кислотных ожогов глаз.

Для исследования сорбционных свойств линзы по отношению к кислоте в электролизёр помещали предварительно подготовленный образец. Проводили регистрацию вольтамперных кривых, каждые 50 сек, непрерывно, в течение 140 мин. Раствор электролита перемешивали с помощью газообразного азота. Результаты измерений представлены на рис. 2. Кривая сорбции кислоты линзой имеет классический S-образный вид, выход на предельное насыщение ионами водорода в рассмотренных гидродинамических условиях наблюдается в области времен  $85 \pm 5$  минут.

Сорбцию ионов водорода материалом линзы рассчитывали по формуле:

$$Q = (c - c_0) \cdot 10/m,$$

где Q – сорбция (ммоль/г);

c – концентрация  $H^+$  в текущий момент времени (моль/л);

$c_0$  – концентрация  $H^+$  в начальный момент времени, определялась по результатам «холостого опыта» (моль/л);

m – масса воздушно-сухого образца линзы.

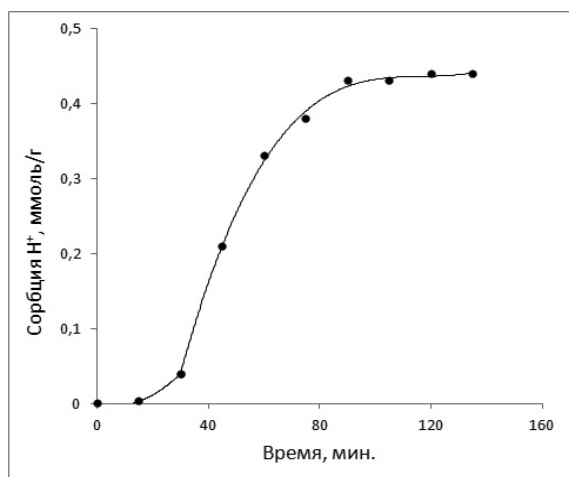


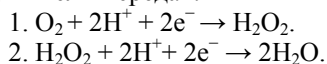
Рис. 2. Зависимость величины сорбции ионов водорода материалом «Кемерон» (Д – 113–170) от времени

Рассчитанные по экспериментальным данным значения обменной емкости линз находятся в пределах  $(0,46 \pm 0,02)$  ммоль/г, что удовлетворительно согласуется с аналогичными величинами, определенными с использованием кислотно-основного титрования:  $(0,52 \pm 0,11)$  ммоль/г. Легко заметить, что вольтамперометрический метод позволяет достичь лучшей сходимости результатов определений.

Кроме того, преимуществами предложенной методики являются: экспрессность, исключение дополнительных манипуляций с образцом линзы, меньшая погрешность анализа, возможность проведения исследования в условиях, приближенных к реальным.

Для вольтамперометрического определения кислородной проницаемости мягких контактных линз разработана методика с использованием электродной ячейки оригинальной конструкции. Корпус и две съемные крышки ячейки изготовлены из тефлона. В верхней крышке имеются отверстия для индикаторного электрода (золотой), электрода сравнения (серебряный) и два отверстия для деаэрирования. Нижняя крышка представляет собой кольцо для закрепления линзы и съемного дна из полиэтилена.

Аналитическим сигналом (АС), отражающим присутствие растворенного кислорода в ячейке, является ток восстановления O<sub>2</sub>, регистрируемый в катодном варианте в области потенциалов:  $-0,3 \div -0,6$  В (отн. х. с. э.) в зависимости от pH среды. Электрохимический процесс протекает в две стадии по схемам [6], в кислых средах:



В нейтральных и щелочных средах:

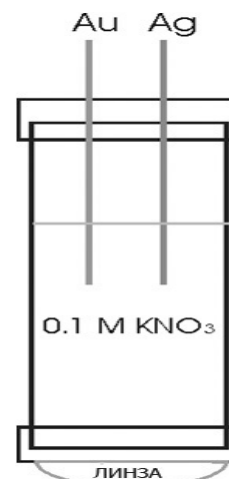
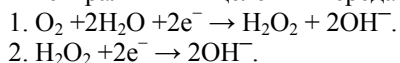


Рис. 3. Схема ячейки для вольтамперометрического измерения кислородной проницаемости материалов для МКЛ

Установлено, что оптимальным электролитом для проведения исследований является раствор нитрата калия, так как он позволяет получить простую форму АС (в кислых средах две стадии процесса восстановления в большей степени разнесены по потенциалам, что затрудняет измерение) и наиболее воспроизводимые величины токов. В качестве материала индикаторного электрода рассматривались золото, платина, стеклоглерод и графит, однако, необходимые характеристики способен обеспечить только золотой электрод, вследствие удачного сочетания мягких каталитических свойств и возможности воспроизводимо обновлять поверхность. Предлагаемая методика определения кислородной проницаемости состоит в следующем:

- закрепляют линзу и защитную пленку в нижней части ячейки;
- заполняют ячейку раствором электролита (0,1М KNO<sub>3</sub>);
- ячейку подключают к полярографу ПУ-1 и в интервале развертки потенциала от 0,5 до  $-0,9$  В регистрируют волну восстановления, предельный ток которой соответствует концентрации растворенного в электролите кислорода;
- удаляют кислород пропусканием через ячейку азота, контролируя отсутствие аналитического сигнала на фоновой вольтамперной кривой;
- удаляют защитную пленку и регистрируют время появления волны восстановления кислорода и ее высоту;
- по калибровочному графику определяют концентрацию кислорода, прошедшего через МКЛ и рассчитывают кислородную проницаемость линзы в единицу времени. Возможен также относительный вариант, основанный на сравнении токов восстановления кислорода, полученных в исходной (холостой) пробе и пробе в присутствии образца линзы.

При построении калибровочного графика концентрации кислорода задавали непосредственно в ячейке посредством продувки воздуха и контролировали методом иодометрического титрования по Винклеру. Зависимость линейна в интервале концентраций  $7 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$  моль/л O<sub>2</sub>. Правильность предложенной мето-

дики оценивали путем анализа модельных объектов, также в сравнении с методом Винклера. Как видно из таблицы 1, наблюдается удовлетворительное соответствие результатов, полученных двумя методами.

С использованием предложенной методики проведено измерение кислородной проницаемости мягких контактных линз различных производителей.

Рассчитаны значения кислородной проницаемости для исследуемых линз по формуле:

$$Dk = \frac{S_d \cdot V_{O_2}}{\tau \cdot V_y \cdot p},$$

где  $Dk$  – кислородная проницаемость МКЛ;

$S_d$  – площадь линзы,  $\text{см}^2$ ;

$V_{O_2}$  – объем кислорода, прошедшего через линзу, мл;

$\tau$  – время, за которое определенное количество кислорода прошло через линзу, мин;

$V_y$  – объем ячейки;

$p$  – атмосферное давление мм. рт. ст.

Таблица 1  
Сравнение результатов определения кислорода полученных двумя методами

Проба	$c(O_2) \cdot 10^4$ , моль/л, титрование по Винклеру	$c(O_2) \cdot 10^4$ , моль/л, вольтамперометрия
1	$12,9 \pm 0,6$	$11,8 \pm 1,2$
2	$12,8 \pm 1,5$	$13,2 \pm 0,6$
3	$15,0 \pm 0,0$	$13,6 \pm 0,6$

Для сравнения проведен расчет кислородной проницаемости МКЛ с учетом их влажности по формуле [2]:  $Dk = 1,67 \cdot e^{0,0397 \cdot W}$ ,

где  $W$  – показатель влажности линзы, %.

Результаты анализа для различных образцов мягких контактных линз приведены в таблице 2.

Таблица 2

#### Характеристики кислородной проницаемости МКЛ

Название материала	$W^*$ , %	$c(O_2)^{**}$ , ммоль/л	$Dk^{**}$ (эксп.), бар	$Dk$ (расч.), бар
Кемерон-1	68	0,75	28	25
Кемерон-КЯСА	65	0,93	38	22
Кемерон-КЗА	59	0,65	18	17
Кемерон-4	71	0,42	13	28
Бенц-38	38	0,39	8,0	7,6
Бенц-55	55	0,49	13	15

Примечания: \*паспортные данные,

\*\*значение  $S_r$  для результатов параллельных определений не превышает 10 %.

Величины кислородной проницаемости для линз Бенц-38 и Бенц-55 (Англия) согласуются с паспортными данными. Для линз, изготовленных из материала «Кемерон» данные получены впервые. Исходя из полученных результатов, лучшими эксплуатационными качествами обладает материал «Кемерон-КЯСА» способный пропускать большее количество кислорода в единицу времени, чем остальные МКЛ.

#### Заключение

Проведенные исследования показали возможность использования катодного и анодного вариантов метода вольтамперометрии при определении кислородной проницаемости и ионообменных характеристик мягких контактных линз. Несмотря на сложность процессов, лежащих в основе формирования аналитического сигнала, удалось выявить оптимальные условия выполнения измерений в реальном времени и апробировать предложенные методики в исследовании свойств линз, изготовленных из различных материалов.

#### Литература

1. Жевняк В. Д., Сталковский В. В., Фомина М. П. Способ получения материала для мягких контактных линз // Патент РФ № 2119927. 1997.
2. Морган Ф. Закат эпохи  $Dk$ ? // Вестник оптометрии. 2004. № 6. С. 43 – 49.
3. Пак В. Х., Жевняк В. Д., Дикунова Т. В., Хатминский Ю. Ф., Прозорова Е. В. Российский материал для мягких контактных линз // Глаз. 2007. № 1. С. 6 – 9.
4. Розенблюм Ю. З. Основные тенденции развития оптической коррекции зрения // Российский медицинский журнал. 2000. № 1. С. 40 – 44.
5. Рыбакова Е. Г., Аветисов С. Э., Бадун Г. А., Краснянский А. В. Закономерности десорбции лекарственных препаратов из мягких контактных линз // Вестник офтальмологии. 1996. № 1. С. 18 – 21.
6. Фрумкин А. Н. Избранные труды. Перенапряжение водорода. М.: Наука, 1988. 240 с.
7. International Standards Organisation. ISO 9913-1:1998 Determination of oxygen permeability and transmissibility by the FATT method, 2000.
8. International Standards Organisation. ISO 9913-2:1998 Determination of oxygen permeability and transmissibility by the coulometric method, 2000.



**Информация об авторах:**

**Иванова Наталья Владимировна** – кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии КемГУ, 8-384-2-58-06-05, [sayga@ngs.ru](mailto:sayga@ngs.ru).

**Natalia V. Ivanova** – Candidate of Chemistry, Assistant Professor at the Department of Analytical Chemistry, Kemerovo State University.

**Халфина Полина Даниловна** – старший преподаватель кафедры аналитической химии КемГУ, [halfina@mail.ru](mailto:halfina@mail.ru).

**Polina D. Khalfina** – Senior Lecturer at the Department of Analytical Chemistry, Kemerovo State University.

**Дикунова Татьяна Владимировна** – ведущий инженер кафедры аналитической химии КемГУ, [anchem@kemsu.ru](mailto:anchem@kemsu.ru).

**Tatyana V. Dikunova** – chief engineer at the Department of Analytical Chemistry, Kemerovo State University.

*Статья поступила в редколлегию 20.01.2015 г.*

УДК 535.341.08

# РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 690 НМ

*А. В. Каленский, А. П. Никитин, М. В. Ананьева*

## CALCULATION OF ALUMINIUM NANOPARTICLES ABSORPTIVITY AT THE WAVELENGTH OF 690 NM

*A. V. Kalenskii, A. P. Nikitin, M. V. Ananyeva*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание № 2014/64) и Российского Фонда Фундаментальных Исследований (№ 14-03-00534 А).*

В работе исследована зависимость коэффициентов эффективности поглощения наночастицами алюминия (в вакууме) от температуры в интервале 300 – 700 К. При увеличении температуры наночастицы алюминия коэффициент эффективности поглощения увеличивается во всем исследованном диапазоне. Рассчитаны зависимости максимальных коэффициентов эффективности поглощения и оптимальных размеров наночастицы от температуры. Для каждого радиуса наночастицы в диапазоне от 50 до 200 нм исследуемая зависимость интерполируется полиномом второго порядка, получены коэффициенты разложения. Результаты необходимы для оптимизации составов капсулей оптических детонаторов и устройств оптоакустики.

The paper investigates the dependence of aluminium nanoparticles absorptivity (in a vacuum) on the temperature in the range from 300 to 700 K. If the temperature increases, the absorptivity also increases all over the examined range. The dependences of absorptivity maximums and optimal nanoparticles sizes on the temperature were calculated. For each of the nanoparticles radii in the range from 50 to 200 nm the dependence might be described using polynomial of the second degree. The expansion coefficients were calculated. The results of the work are important to enhance the cup of the optical detonator and optoacoustic equipment.

**Ключевые слова:** оптические свойства, показатель поглощения, теория Ми, коэффициент эффективности поглощения, наночастицы алюминия.

**Keywords:** optical properties, linear absorption index, Mie theory, absorptivity, aluminum nanoparticles.

Экспериментальному и теоретическому исследованию оптических свойствам наночастиц металлов в посвящен ряд работ [7; 10; 18]. Прикладной аспект проблемы заключается в широком практическом использовании процессов поглощения света (в том числе на длине волны рубинового лазера – 690 нм) наночастицами в прозрачных матрицах. Взаимодействие излучения с наночастицей приводит к ее нагреванию [20; 22; 24]. В устройствах нелинейной оптики термоупругие напряжения могут вызвать деградацию потребительских свойств материала, заключающихся в уменьшении прозрачности матрицы в условиях образования локальных дефектных областей и образованию каверн на рабочей поверхности устройства. С другой стороны, оптимизация составов капсулей оптических детонаторов [4; 11] и устройств оптоакустики требует опреде-

ления условий, при которых коэффициент эффективности поглощения будет максимальным [16; 12]. Возможность использования композитов на основе наночастиц алюминия и вторичных взрывчатых веществ в качестве капсулей оптических детонаторов отмечалась в работах [8; 14]. Показано, что эффективность поглощения [25] и рассеяния [2; 23] света в образце, длина волны иницирующего излучения [3; 13], учет фазовых переходов [1; 17] оказывают существенное влияние на эффективность нагревания наночастицы. Однако увеличение температуры приводит одновременно к изменению коэффициента эффективности поглощения.

Целью настоящей работы является исследование зависимости коэффициентов эффективности поглощения наночастиц алюминия от температуры на длине волны 690 нм.

Коэффициент эффективности поглощения света ( $Q_{\text{abs}}$ ) сферической наночастицей (радиуса  $R$ ) рассчитывался (как и в работах [6; 16]) в рамках теории Ми как разность коэффициентов эффективности экстинкции ( $Q$ ) и рассеяния ( $Q_{\text{sca}}$ ):

$$Q_{\text{sca}} = \frac{2}{\rho^2} \sum_{l=1}^{\infty} (2l+1) \cdot (|c_l|^2 + |b_l|^2),$$

$$Q = \frac{2}{\rho^2} \text{Im} \sum_{l=1}^{\infty} (2l+1) \cdot (c_l - b_l),$$

где  $\rho = 2\pi R/\lambda$ , а  $\lambda$  – длина волны. Коэффициенты  $c_l$  и  $b_l$  определяются из граничных условий на поверхности наночастицы [9]:

$$c_l = i \frac{\psi_l(\rho)\psi'_l(n\rho) - n\psi'_l(\rho)\psi_l(n\rho)}{\zeta_l(\rho)\psi'_l(n\rho) - n\zeta'_l(\rho)\psi_l(n\rho)},$$

$$b_l = -i \frac{\psi'_l(\rho)\psi_l(n\rho) - n\psi_l(\rho)\psi'_l(n\rho)}{\zeta'_l(\rho)\psi_l(n\rho) - n\zeta_l(\rho)\psi'_l(n\rho)},$$

где  $n = m/m_0$  – комплексный показатель преломления наночастицы относительно среды. Для вычисления функций ( $\psi_l$  и  $\zeta_l$ ) и их производных ( $\psi'_l$  и  $\zeta'_l$ ) использовались рекуррентные соотношения, приведенные в работах [6; 9].

Основным параметром, определяющим зависимость  $Q_{\text{abs}}(R)$  при различных температурах ( $T$ ) является комплексный показатель преломления металла ( $mi$ ). В таблице 1 приведены комплексные показатели преломления алюминия для длины волны  $\lambda = 690$  нм (рубиновый лазер) при температурах 300 – 700 К. Значения  $mi$  при температурах 300 К, 500 К и 700 К (1.8-6.25i, 2.5-4.9i и 2.6-3.9i, соответственно) взяты из работы [19]. Остальные значения  $mi$  получены интерполяцией полиномом второго порядка.

Таблица 1

**Рассчитанные при температурах  $T$  комплексные показатели преломления ( $mi$ ), максимальные коэффициенты эффективности поглощения наночастиц алюминия в вакууме ( $Q_{\text{abs max}}$ ), соответствующие им радиусы ( $R_{\text{abs max}}$ ) и коэффициенты эффективности поглощения для  $R = 50, 125$  и  $200$  нм**

$T, K$	$mi$	$Q_{\text{abs max}}$	$R_{\text{abs max}} \text{ нм}$	$Q_{\text{abs}} (50 \text{ нм})$	$Q_{\text{abs}} (125 \text{ нм})$	$Q_{\text{abs}} (200 \text{ нм})$
300	1.8-6.25i	0.4706	102.3	0.1980	0.4231	0.3711
325	1.9203-6.0621i	0.5216	102.0	0.2198	0.4678	0.4107
350	2.0313-5.8797i	0.5722	101.7	0.2416	0.5121	0.4499
375	2.1328-5.7027i	0.6222	101.4	0.2633	0.5557	0.4886
400	2.225-5.5313i	0.6712	101.1	0.2846	0.5985	0.5265
425	2.3078-5.3652i	0.7192	100.9	0.3055	0.6402	0.5636
450	2.3812-5.2047i	0.7659	100.6	0.3259	0.6807	0.5996
475	2.4453-5.0496i	0.8111	100.4	0.3457	0.7200	0.6346
500	2.5-4.9i	0.8549	100.2	0.3648	0.7580	0.6683
525	2.5453-4.7559i	0.8971	100.0	0.3832	0.7945	0.7008
550	2.5812-4.6172i	0.9376	99.8	0.4008	0.8296	0.7321
575	2.6078-4.484i	0.9767	99.6	0.4176	0.8633	0.7622
600	2.625-4.3563i	1.0141	99.4	0.4337	0.8955	0.7910
625	2.6328-4.234i	1.0501	99.3	0.4491	0.9264	0.8186
650	2.6312-4.1172i	1.0847	99.1	0.4639	0.9558	0.8451
675	2.6203-4.0059i	1.1179	98.9	0.4782	0.9839	0.8705
700	2.6-3.9i	1.1499	98.7	0.4921	1.0106	0.8947

Используя полученные комплексные показатели преломления, для каждой температуры рассчитаны зависимости коэффициента эффективности поглощения света ( $Q_{\text{abs}}$ ) от радиуса сферической наночастицы. Зависимости имеют максимумы ( $Q_{\text{abs max}}$ ), положение которых ( $R_{\text{abs max}}$ ) зависят от температуры. Для уточнения максимума зависимости  $Q_{\text{abs}}(R)$  рассчитаны с шагом 0.1 нм. При  $T = 300$  К  $Q_{\text{abs max}} = 0.4706$  при  $R_{\text{abs max}} = 102.3$  нм. При увеличении температуры  $Q_{\text{abs max}}$  увеличивается, а  $R_{\text{abs max}}$  – уменьшается. При  $T = 700$  К  $Q_{\text{abs max}}$  возрастает в 2.44 раза, при этом  $R_{\text{abs max}}$  уменьшается всего на 4 %. Увеличение температуры приводит к росту коэффициента эффективности поглощения света и уменьшению оптимального размера наночастиц. Такие закономерности для ряда металлов наблюдаются при уменьшении длины волны лазерного импульса [3; 13], или увеличении оптической плотности матрицы [15], в которую помещены наночастицы.

При моделировании быстропотекающих процессов в энергетических материалах [5; 21] постоянной величиной остается радиус наночастицы, а температура изменяется в результате поглощения света. В таблице 1 приведены рассчитанные значения коэффициентов эффективности поглощения света наночастицами алюминия радиусами 50 нм ( $Q_{\text{abs}} (50 \text{ нм})$ ), 125 нм ( $Q_{\text{abs}} (125 \text{ нм})$ ) и 200 нм ( $Q_{\text{abs}} (200 \text{ нм})$ ). На рисунке 1 приведена рассчитанная зависимость коэффициента эффективности поглощения наночастиц алюминия радиусом 100 нм от температуры (точки) для длины волны 690 нм. На этом же рисунке представлена аппроксимация рассчитанной зависимости полиномом второго порядка (линия). Выбор радиуса определяется тем, что в интервале температур от комнатной до 700 К  $R_{\text{abs max}} = (100 \pm 2)$  нм. В этом температурном диапазоне коэффициент эффективности поглощения увеличивается с 0.4698 до 1.1493 (почти в 2.5 раза).

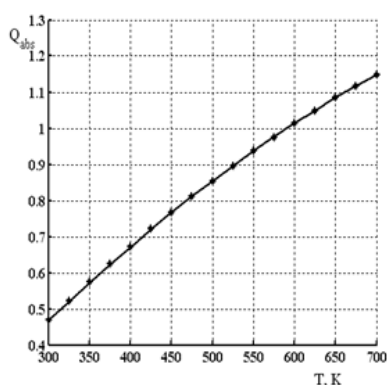


Рис. 1. Зависимость коэффициента эффективности поглощения наночастиц алюминия радиусом 100 нм от температуры при длине волны 690 нм

В таблице 2 представлены рассчитанные значения  $Q_{abs}$  для температур 300, 500 и 700 К. Зависимости коэффициента эффективности поглощения от температуры в актуальном диапазоне температур для радиусов наночастиц алюминия от 50 до 200 нм хорошо интерполируется полиномом второго порядка  $Q_{abs} = a \cdot T^2 + b \cdot T + c$ , коэффициенты разложения для различных радиусов представлены в столбцах 5 – 7 таблицы 2.

Таблица 2

Рассчитанные при радиусах  $R$  коэффициенты эффективности поглощения наночастиц алюминия при температурах 300, 500 и 700 К и коэффициенты разложения  $Q_{abs} = f(T)$  в полином второй степени

$R, \text{ нм}$	$Q_{abs} (300 \text{ К})$	$Q_{abs} (500 \text{ К})$	$Q_{abs} (700 \text{ К})$	$a \cdot 10^7$	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^1$
50	0.1980	0.3648	0.4921	-4.9391	1.2291	-1.2627
60	0.2606	0.4884	0.6678	-6.0342	1.6214	-1.7149
70	0.3282	0.6181	0.8503	-7.2001	2.0252	-2.1454
80	0.3949	0.7392	1.0135	-8.7436	2.4208	-2.5262
90	0.4467	0.8251	1.1206	-10.3438	2.7191	-2.7589
100	0.4698	0.8549	1.1493	-11.3231	2.8311	-2.7758
110	0.4630	0.8334	1.1128	-11.3629	2.7607	-2.6290
120	0.4380	0.7847	1.0456	-10.7166	2.5907	-2.4275
130	0.4086	0.7327	0.9782	-9.8178	2.4057	-2.2478
140	0.3838	0.6913	0.9270	-8.9808	2.2560	-2.1215
150	0.3676	0.6660	0.8974	-8.3722	2.1617	-2.0550
160	0.3606	0.6564	0.8877	-8.0671	2.1245	-2.0415
170	0.3610	0.6585	0.8914	-8.0732	2.1332	-2.0630
180	0.3655	0.6656	0.8991	-8.3148	2.1653	-2.0921
190	0.3701	0.6705	0.9019	-8.6316	2.1926	-2.1004
200	0.3711	0.6683	0.8947	-8.8453	2.1936	-2.0735

Значение коэффициента  $b$  для радиусов в интервале от 50 до 200 нм положительно, следовательно, с увеличением температуры  $Q_{abs}$  увеличивается, но скорость роста значения коэффициента эффективности поглощения – уменьшается (коэффициент  $a$  – отрицательный).

**Вывод:** при моделировании процессов кондуктивного теплопереноса в наночастице при нагревании светом необходимо учитывать зависимость коэффициента эффективности поглощения от температуры.

#### Литература

1. Адуев Б. П., Ананьева М. В., Звеков А. А., Каленский А. В., Кригер В. Г., Никитин А. П. Микроочаговая модель лазерного инициирования взрывного разложения энергетических материалов с учетом плавления // Физика горения и взрыва. 2014. Т. 50. № 6. С. 92 – 99.
2. Адуев Б. П., Нурмухаметов Д. Р., Белокуров Г. М., Звеков А. А., Каленский А. В., Никитин А. П., Лисков И. Ю. Исследование оптических свойств наночастиц алюминия в тетраэтитропентаэритрите с использованием фотометрического шара // Журнал технической физики. 2014. Т. 84. № 9. С. 126 – 131.
3. Адуев Б. П., Нурмухаметов Д. Р., Фурега Р. И., Звеков А. А., Каленский А. В. Взрывчатое разложение ТЭНа с нанодобавками алюминия при воздействии импульсного лазерного излучения различной длины волны // Химическая физика. 2013. Т. 32. № 8. С. 39 – 42.
4. Ананьева М. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю., Каленский А. В., Никитин А. П. Перспективные составы для капсюля оптического детонатора // Перспективные материалы. 2014. № 7. С. 5 – 12.
5. Ананьева М. В., Каленский А. В. Иницирование взрывного разложения микрокристаллов азида серебра // Молодой ученый. 2014. № 19. С. 52 – 55.
6. Газенаур Н. В., Зыков И. Ю., Каленский А. В. Зависимость показателя поглощения меди от длины волны // Аспирант. 2014. № 5. С. 94 – 98.

7. Звеков А. А., Каленский А. В., Никитин А. П., Адуев Б. П. Моделирование распределения интенсивности в прозрачной среде с Френелевскими границами, содержащей наночастицы алюминия // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. № 4. С. 749 – 756.
8. Зыков И. Ю. Критическая плотность энергии иницирования тэна с добавками наночастиц алюминия // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2013. № 1(8). С. 79 – 84.
9. Зыков И. Ю. Учет эффективности поглощения при разогреве нановключений лазерным излучением // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2012. № 3(6). С. 43 – 50.
10. Зыков И. Ю., Одинцова О. В. Спектральная зависимость коэффициентов эффективности поглощения наночастиц серебра в прозрачной матрице // Аспирант. 2014. № 5. С. 99 – 102.
11. Каленский А. В., Ананьева М. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю. Спектральная зависимость критической плотности энергии иницирования композитов на основе пентаэритриттетранитрата с наночастицами никеля // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2014. Т. 11. № 3. С. 340 – 345.
12. Каленский А. В., Ананьева М. В., Никитин А. П. Оптические характеристики наночастиц никеля в прозрачных матрицах // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 11-1 (43). С. 5 – 13.
13. Каленский А. В., Звеков А. А., Ананьева М. В., Зыков И. Ю., Кригер В. Г., Адуев Б. П. Влияние длины волны лазерного излучения на критическую плотность энергии иницирования энергетических материалов // Физика горения и взрыва. 2014. Т. 50. № 3. С. 98 – 104.
14. Каленский А. В., Зыков И. Ю., Ананьева М. В., Звеков А. А., Адуев Б. П. Взрывная чувствительность композитов тэн-алюминий к действию импульсного лазерного излучения // Вестник КемГУ. 2014. № 3(59) Т. 3. С. 211 – 217.
15. Каленский А. В., Зыков И. Ю., Никитин А. П. Расчет коэффициентов эффективности поглощения наночастиц алюминия в прозрачных средах // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2015. № 1. С. 15 – 19.
16. Кригер В. Г., Каленский А. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю., Адуев Б. П. Влияние эффективности поглощения лазерного излучения на температуру разогрева включения в прозрачных средах // Физика горения и взрыва. 2012. Т. 48. № 6. С. 54 – 58.
17. Кригер В. Г., Каленский А. В., Звеков А. А., Зыков И. Ю., Никитин А. П. Процессы теплопереноса при лазерном разогреве включений в инертной матрице // Теплофизика и аэромеханика. 2013. Т. 20. № 3. С. 375 – 382.
18. Лукатова С. Г. Спектральные закономерности коэффициентов эффективности поглощения композитов золото-тэн // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2014. № 2(13). С. 54 – 58.
19. Магунов А. Н. Лазерная термометрия твердых тел. М.: Физматлит, 2001. 224 с.
20. Чумаков Ю. А., Князева А. Г. Иницирование реакции в окрестности одиночной частицы, нагреваемой СВЧ излучением // Физика горения и взрыва. 2012. Т. 28. № 2. С. 24 – 30.
21. Ananyeva M. V., Kalenskii A. V. The size effects and before-threshold mode of solid-state chain reaction // Журнал Сибирского федерального университета. (Серия: Химия). 2014. Т. 7. № 4. С. 470 – 479.
22. Ananyeva M. V., Kriger V. G., Kalenskii A. V., Zvekov A. A., Borovicova A. P., Grishaeva E. A., Zycov I. Yu. Comparative Analysis of Energetic Materials Explosion Chain and Thermal Mechanisms // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 11/3. С. 13 – 17.
23. Zvekov A. A., Ananyeva M. V., Kalenskii A. V., Nikitin A. P. Regularities of light diffusion in the compo site material pentaerythriol tetranitrate – nickel // Наносистемы: физика, химия, математика. 2014. Т. 5. № 5. С. 685 – 691.
24. Kalenskii A. V., Ananyeva M. V. Spectral regularities of the critical energy density of the pentaerythriol tetranitrate - aluminium nanosystems initiated by the laser pulse // Наносистемы: физика, химия, математика. 2014. Т. 5. № 6. С. 803 – 810.
25. Kalenskii A. V., Kriger V. G., Zvekov A. A., Grishaeva E. A., Zycov I. Yu., Nikitin A. P. The Microcenter Heat Explosion Model Modernization // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55. № 11/3. С. 62 – 66.

#### Информация об авторах:

**Каленский Александр Васильевич** – профессор кафедры химии твердого тела КемГУ, [kriger@kemsu.ru](mailto:kriger@kemsu.ru).  
**Alexander V. Kalenskii** – Professor at the Department of Solid State Chemistry, Kemerovo State University.

**Никитин Андрей Павлович** – аспирант Института углехимии и химического материаловедения СО РАН, Кемерово.

**Andrey P. Nikitin** – post-graduate student at the Institute of Coal Chemistry and Material Science of the Siberian Branch of the RAS.

**(Научный руководитель: Адуев Борис Петрович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией энергетических соединений и нанокompозитов института углехимии и химического материаловедения СО РАН, [lesinko-iuxm@yandex.ru](mailto:lesinko-iuxm@yandex.ru).

**Boris P. Aduev** – doctor of physico-mathematical Sciences, Professor, head of laboratory of energetic compounds and nanocomposites Institute of Coal Chemistry and Material Science SB RAS).

**Ананьева Марина Владимировна** – научный сотрудник кафедры химии твердого тела КемГУ.

**Marina V. Ananyeva** – Research Associate at the Department of Solid State Chemistry, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 22.01.2015 г.

## ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АЗИДЕ СЕРЕБРА

В. Г. Кригер, П. Г. Журавлев, Д. В. Балыков, О. Н. Колмогорова, А. П. Боровикова

## ELECTRON-HOLE PROCESSES IN SILVER AZIDE

V. G. Kriger, P. G. Zhuravlev, D. V. Balykov, O. N. Kolmogorova, A. P. Borovikova

В работе проведен анализ электронно-дырочных процессов в азиде серебра с учетом поляризации кристаллической решетки носителями заряда. Определены энергетические и динамические параметры поляронов, оценены эффективные массы электронов и дырок, определены их подвижности при учете рассеяния на продольных оптических фононах. Оценено энергетическое положение уровней дефектов в запрещенной зоне азиде серебра. Определены константы скоростей и сечения захвата электронов и дырок на заряженных и нейтральных дефектах кристаллической решетки в азиде серебра.

The paper analyzes the electron-hole processes in silver azide with the crystal lattice polarization by the charge carriers. Energy and dynamics parameters of polarons are defined. Effective masses of electrons and holes are estimated and their mobility is defined taking into account their scattering by longitudinal optical phonons. The energy position of the defect levels in the band gap of silver azide is estimated. Rate constants and capture cross sections of electrons and holes in the charged and neutral defects of the silver azide crystal lattice are defined.

**Ключевые слова:** энергетические материалы, азид серебра, параметры поляронов, константы скоростей стадий, подвижности носителей заряда.

**Keywords:** energetic materials, silver azide, polarons parameters, phase rate constants, charge carriers mobility.

Азиды тяжелых металлов (АТМ) относятся к соединениям со значительной долей ионной связи, поэтому при исследовании в них явлений электронно-дырочного переноса (ЭДП) необходимо учитывать поляронные эффекты. Анализ данных электронно-дырочного переноса и внешней фотоэмиссии электронов [6] показал, что носителями заряда в азиде тяжелых металлов являются поляроны большого радиуса.

## Определение параметров поляронов в азиде серебра

Энергетические и динамические характеристики полярона определяются четырьмя параметрами:  $\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_\infty$ ,  $w_0$ ,  $m_p$ , где  $w_0$  – предельная частота поляризационных фононов,  $\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_\infty$  – статическая и динамическая диэлектрические проницаемости,  $m_p$  – эффективная масса зонной дырки. В работах [2; 3] экспериментально определены величины  $\varepsilon_0=9,4$ ,  $\varepsilon_\infty=4,1$ ,  $w_0=4 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$  для азиде серебра. В работе [6] получены выражения для константы электрон-фононного взаимодействия  $a$ , собственной энергии  $H_0$ , радиуса  $R_p$  и эффективной массы полярона  $M$  как функции эффективной массы зонной дырки  $m_p$ :

$$\alpha = 3,164 \left( \frac{m_p}{m_0} \right)^{1/2}; \quad M/m_0 = 2,18 \left( \frac{m_p}{m_0} \right)^3. \quad (1a, б)$$

$$H_0 = 0,0278 \left( \frac{m_p}{m_0} \right); \quad R_p = 42,45 \left( \frac{m_p}{m_0} \right)^{-1}. \quad (2a, б)$$

-e

$$W_p = 0,287 \frac{m_p}{m_0} (\text{эВ});$$

0

$$W < 0;$$

e

$$W_n = 0,287 \frac{m_n}{m_0} (\text{эВ});$$

Единственным неизвестным параметром теории является эффективная масса зонной дырки  $m_p$ . Для ее определения рассмотрим, следуя [4], вопрос о локализации полярона в анионной подрешетке на дефекте с эффективным зарядом  $Z$  ( $Z>0$  для притягивающего центра). Энергия тепловой диссоциации такого центра равна разности энергий свободного и локализованного поляронов:

$$W = \frac{A}{\varepsilon_0^2} \left( Z^2 + \frac{2Z\varepsilon_0 c}{3} \right) \cdot \frac{m_p}{m_0} - \frac{3}{2} \hbar w_0, \quad (3)$$

$$\text{где } A = \frac{m_0 e^4}{2 \hbar^2} = 13,62 \text{ эВ}, \quad c = \frac{1}{\varepsilon_\infty} - \frac{1}{\varepsilon_0}.$$

В кристаллах, для которых, как для азиде серебра:  $\varepsilon_0/\varepsilon_\infty \geq 3/2$ , выгодна локализация двух поляронов в поле одного дефекта. Энергия тепловой диссоциации таких центров:

$$W = \frac{A}{\varepsilon_0} \left[ \frac{1}{\varepsilon_\infty} \left( \frac{2Z}{3} - \frac{4}{9} \right) + \frac{1}{\varepsilon_0} \left( \frac{2}{3} + Z^2 - 2Z \right) \right]. \quad (4)$$

$$\cdot \frac{m_p}{m_0} - \frac{3}{2} \hbar w_0.$$

Подставив в (3, 4) экспериментальные значения  $\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_\infty$ ,  $w_0$  для  $\text{AgN}_3$ , получим энергии локализации одного и двух поляронов на дефектах с различным зарядом в зависимости от эффективной массы носителя заряда.

$$W_p' = 0,027 \frac{m_p}{m_0} (\text{эВ});$$

$$W' \leq 0;$$

$$W_n' \leq 0;$$

(5)

Таким образом, в ази́де серебра энергетически выгодной является локализация как одного, так и двух дырочных поляронов на дефектах с отрицательным зарядом ( $V_k^0$ ,  $V_k^+$  - центры). Также возможна локализация электронных поляронов на дефектах с положительным зарядом (серебряные центры  $Ag^0$ ).

В то же время образование биполярона, т. е. локализация двух  $N_3^0$  в собственной потенциальной яме энергетически невыгодна, поэтому бимолекулярная реакция не локализованных на дефекте поляронов с образованием молекулярного азота менее вероятна.

Используя полученные выше выражения для энергии локализации, можно оценить эффективную массу зонной дырки.

Из результатов анализа ЭДП следует, что донорами и акцепторами электронов в  $AgN_3$  являются собственные дефекты решетки. Преобладающим типом собственных дефектов в ази́де серебра должны быть катионные вакансии, что следует из разупорядоченности  $AgN_3$  по Френкелю,  $p$ -типа проводимости и образования анионных вакансий в процессе разложения. Известно [11], что в скомпенсированном полупроводнике уровень Ферми стабилизируется вблизи энергетического уровня дефектов с наибольшей концентрацией, поэтому эффективную массу дырки можно определить, приравняв энергию локализации дырок на  $V_k^0$  центрах положению уровня Ферми относительно потолка ВЗ ( $F = 0,9 \pm 0,05$  эВ [4]):

$$W = F - H_0; m_p / m_0 = 2,8 \div 3. \quad (6)$$

Рассчитанные с  $m_p = 3m_0$  положения энергетических уровней дефектов составили:  $W_p \approx 0,8-0,9$  эВ,  $W_p' \approx 0,1$  эВ.

Рассчитанные с  $m_p = 3m_0$  параметры дырочных поляронов:  $\alpha$ ,  $R_p$ ,  $H_0$ ,  $M$  и эффективная плотность состояний в поляронной зоне  $Q_p$  приведены в таблице 1.

$$Q_p = 2 \left( \frac{2\pi M k T}{h^2} \right)^{3/2} \cdot \left( 1 - \exp \left( - \frac{\hbar w_0}{k T} \right) \right)^3. \quad (7)$$

#### Расчет подвижности поляронов в электрическом поле

При низких температурах подвижность поляронов определяется рассеянием на акустических фонах и на примесях. Примесное рассеяние упругое и соответствующее время релаксации может быть вычислено, если задан потенциал взаимодействия между поляроном и примесью.

При температурах  $kT \geq \hbar w_0$  обычно доминирует рассеяние на оптических фонах. Основное предположение, сделанное при выводе уравнения Больцмана – гипотеза "молекулярного хаоса", оправдано случайностью потенциала возмущения, создаваемого тепловыми колебаниями решетки. Второе предположение, наиболее существенное для вычисления подвижности, состоит в том, что время между последовательными соударениями должно быть больше времени столкновения:  $t \geq \hbar / kT \approx 2 \cdot 10^{14}$  с или

$$\mu \geq \frac{e}{M} \cdot \frac{\hbar}{kT} = 0,76 \text{ см}^2 / \text{Вс}. \quad (8)$$

Необходимое условие существования времени релаксации состоит в том, что энергия, испускаемая или поглощаемая поляроном, должна быть мала по сравнению с его начальной энергией, которая порядка  $kT$ . При температурах ( $T \geq \hbar w_0 / k = 304$  К) это условие выполняется. Теория подвижности поляронов, в случае сильной связи, была впервые сформулирована Пекаром [9]. При учете только однофононного рассеяния на продольных оптических фонах результат имеет вид [9; 6]:

$$\mu_p = \frac{1,744 \cdot 10^4}{(M/m_0)^{1/2}} \cdot \left( \frac{T}{304} \right)^{1/2} (CGSE). \quad (9)$$

Рассчитанная при  $m_p = 3m_0$  и  $T = 300$  К величина дрейфовой подвижности дырочных поляронов приведена в таблице 1.

Характеристики электронных поляронов можно определить, зная величину эффективной массы зонной дырки и приведенную массу экситона, которая для ази́да серебра была оценена [3] и составляет  $m^* = 0,4m_0$ . Поскольку:

$$\frac{1}{m^*} = \frac{1}{m_p} + \frac{1}{m_n}. \quad (10)$$

Для эффективной массы электрона получаем значение  $m_n = 0,48m_0$ , которое слабо зависит от  $m_p$  и близко к значению эффективной массы электрона в галогенидах серебра [8]. Оценив эффективную массу электрона, рассчитаем характеристики электронных поляронов в  $AgN_3$ .

Константа электрон-фононного взаимодействия по-прежнему будет определяться выражением (1а) [10] и равна:  $a = 2,26 < 5$ , т. е. сила связи промежуточная, между большой и малой. Радиус полярона в этом случае более точно определяется выражением [10; 12]:

$$R_n = \left( \hbar / 2w_0 m_n \right)^{1/2} \approx 17 \text{ Å}. \quad (11)$$

Теория поляронов большого радиуса при промежуточной силе связи была первоначально развита Ли, Лоу и Пайнсом и впоследствии усовершенствовалась в целом ряде работ (см. [10; 12]).

Для промежуточной силы связи собственная энергия полярона и его эффективная масса даются выражениями:

$$H_n = a \hbar w_0 \approx 0,059 (m_n / m_0), \\ M_n = \left( 1 + a/6 \right) m_n \approx 0,686 m_0. \quad (12a, б)$$

Эти значения параметров полярона близки к соответствующим значениям в галогенидах серебра [8]. Таким образом, как величина поляронной поправки к зонному состоянию, так и изменение эффективной массы электрона за счет учёта поляризации, невелики.

Рассматривая  $Ag^0$  в ази́де серебра как полярон, локализованный на дефекте с  $q = +e$  (например, междоузельный катион серебра  $Ag_i^+$ ), определим энергии локализации одного и двух электронов.

Энергия локализации электронов на междоузельных катионах серебра в  $AgN_3$  при  $m_n = 0,5m_0$  составила:  $W_n \approx 0,14$  эВ,  $W_n' < 0$ .

Таким образом, уровень  $Ag^0$  расположен на 0,14 эВ ниже дна зоны проводимости, а образование  $Ag_i^-$  центров в ази́де серебра энергетически невыгодно. Этот

результат полностью соответствует известным данным по устойчивости серебряных кластеров в галогенидах серебра [8].

Дрейфовая подвижность поляронов большого радиуса при промежуточной силе связи рассматривалась в большом числе работ. При учете рассеяния на поляризационных фононах при  $(\hbar\omega_0 < kT)$  подвижность  $\mu_n$ , рассчитанная для азидов серебра равна:

$$\mu_n = \frac{9,885 \cdot 10^3}{a \left( \frac{M_n}{m_0} \right)} \left( \frac{304}{T} \right)^{1/2} (CGSE), \quad (13)$$

где  $a = 3,164 \cdot \left( \frac{m_n}{m_0} \right)^{1/2}$ ;  $M_n$  определяется соотношением (126).

Рассчитанные при  $T = 300$  К параметры электронных поляронов в  $AgN_3$  приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры поляронов в азиде серебра

Поляроны	$m_{p,n}/m_0$	$Q_{p,n} \cdot 10^{-19}, \text{ см}^3$	$H_0, \text{ эВ}$	$\alpha$	$\mu, \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$	$R_{p,n} \cdot 10^{-8}, \text{ см}$	$M_{p,n}/m_0$
Дырочные	3	$2,86 \cdot 10^2$	0,08	5,48	7-8	14	59
Электронные	0,48	0,36	0,01	2,24	10-12	17	0,69

### Расчет констант скоростей ЭДП

Для расчета кинетики разложения АТМ при внешних воздействиях необходимо знать величины констант скоростей стадий электронно-дырочных переходов.

Проведём расчёт констант скоростей стадий электронно-дырочных переходов между локальными уровнями и соответствующими зонами. Из принципа детального равновесия следует, что:

$$k_i = \gamma_i N_{c,v} \exp\left(-\frac{E_i}{kT}\right), \quad (14)$$

где  $k_i$ ,  $\gamma_i$  – константы скоростей термического возбуждения и локализации носителя на локальном центре,  $E_i$  – положение уровня в запрещенной зоне, отсчитанные от потолка валентной зоны для дырки и от дна зоны проводимости для электронов,  $N_{c,v}$  – эффективные плотности состояний вблизи краёв соответствующих зон.

Энергетическое положение уровней дефектов в запрещенной зоне и плотности состояний в поляронных зонах были оценены выше, поэтому для расчета констант электронно-дырочных переходов необходимо вычислить константы (сечения) захвата электронов и дырок для каждого типа центров.

Расчет существенно упрощается, если лимитирующей стадией захвата является миграция электронов и дырок к дефектам, а не их переход в связанное состояние. Для АТМ это приближение оправдано ввиду малой подвижности электронов и дырок. В этом случае выражение для константы захвата имеет вид [9]:

$$\gamma_{i,n,p} = \frac{4\pi D_{n,p}}{\int_{r_0}^{\infty} \exp\left(-\frac{eV(r)}{kT}\right) dr}, \quad (15)$$

где  $V(r)$  потенциал взаимодействия электрона (дырки) с дефектом,  $r_0$  – радиус сферы захвата.

В азиде серебра носители взаимодействуют с заряженными ( $Ag^+$ ,  $V_k^0$ ) и нейтральными ( $Ag^0$ ,  $V_k^0$ ) центрами.

В случае захвата на заряженных центрах потенциал имеет обычную, кулоновскую форму  $V(r) = -\frac{e}{\epsilon r}$  и из

(24) при условии:  $\exp\left(-\frac{e^2}{\epsilon r_0 kT}\right) \ll 1$  получим:

$$\gamma_{3Ц} = \frac{4\pi D_{n,p} \cdot e^2}{\epsilon kT} = \frac{4\pi e}{\epsilon} \mu_{n,p}, \quad (16)$$

где  $\mu_{n,p}$  подвижность электрона или дырки.

В случае захвата электрона (дырки) нейтральным центром, приближающийся носитель заряда своим полем поляризует локальный центр, у которого при этом возникает индуцированный дипольный момент, и проблема, таким образом, сводится к расчету поляризуемости центров захвата.

Поляризуемость центров типа  $Ag^0$ ,  $V_k^0$  (полярон, локализованный на дефекте) была рассчитана Перлиным на основе теории F-центров Пекара [9]. Поляризуемость этих центров в азиде серебра была рассчитана в работе [5]

Константа скорости локализации электронов и дырок на нейтральных центрах в азиде серебра имеет вид:

$$\gamma_{нц} = 6,64 \cdot 10^{-11} \mu_{n,p} \left( \frac{m_{n,p}}{m_0} \right)^{-3/4} \left( \frac{T}{400} \right)^{3/4}, \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}. \quad (17)$$

Из (16) и (17) видно, что константы захвата на заряженных и нейтральных центрах зависят от подвижностей поляронов и эффективных масс электронов и дырок, а, следовательно, определяются одним параметром: эффективной массой зонной дырки  $m_p$ .

Таким образом, все константы ЭДП в азиде серебра могут быть рассчитаны при заданной эффективной массе зонной дырки.

Константы захвата  $\gamma_{i,n,p}$  электронов и дырок зависят от сечения захвата  $S_i$  на данном типе ловушек и средней тепловой скорости носителей  $V_{n,p}$ :

$$\gamma_{i,n,p} = V_{n,p} \cdot S_i, \quad (18)$$



где  $V_{n,p} = \sqrt{8kT/\pi M_{n,p}}$ ;  $M_{n,p}$  – эффективная масса полярона.

Используя полученные величины параметров поляронов при известной эффективной массе легко опреде-

лить сечения захвата электронов и дырок на заряженных и нейтральных центрах в азиде серебра. Рассчитанные при  $m_p/m_0=3$ ,  $m_n/m_0=0,5$ ,  $T=300\text{K}$  константы скоростей и сечения захвата приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Константы скоростей и сечения захвата электронов и дырок заряженными и нейтральными центрами в азиде серебра**

Центр	$\gamma_m \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$	$S_m \text{ см}^2$	$\gamma_m \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$	$S_m \text{ см}^2$
$V_k^-$	$1,54 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-12}$	—	—
$V_k^0$	$4,8 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-14}$	$2,9 \cdot 10^{-7}$	$2,23 \cdot 10^{-14}$
$Ag_i^+$	—	—	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$1,77 \cdot 10^{-13}$

Полученные величины сечений захвата хорошо коррелируют с известными сечениями нейтральных и заряженных центров в щелочно-галогенидных кристаллах [1].

### Заключение

Проведенный в работе учет поляризации носителями заряда кристаллической решетки азиде серебра позволяет сделать следующие выводы:

Носителями заряда в  $AgN_3$  являются поляроны большого радиуса. При  $T = 300 \text{ K}$  оценены параметры поляронов: константы поляронной связи ( $\alpha_n$ ,  $\alpha_p$ ), их радиусы, собственные энергии, эффективные массы носителей в валентной зоне и зоне проводимости  $AgN_3$ , а также эффективные плотности состояний вблизи краев зон с учетом поляризации. Рассчитаны подвижности электронов и дырок в азиде серебра при

учете их рассеяния на продольных оптических фононах для  $T = 300 \text{ K}$ .

Оценено энергетическое положение уровней дефектов в запрещенной зоне, определены константы скоростей электронно-дырочных переходов и сечения захвата носителей заряженными и нейтральными центрами в  $AgN_3$ . Показано, что на катионных вакансиях энергетически выгодна локализация одного и двух дырочных поляронов, с образованием  $V_F$  и  $V_F'$  центров. Локализация электрона на междоузельном катионе серебра приводит к образованию мелких серебряных центров  $Ag^0$ .

Полученные результаты находятся в хорошем согласии с имеющимся в азиде серебра экспериментом [7] и согласуются с соответствующими величинами в ионных кристаллах и галогенидах серебра [1].

### Литература

1. Алукер Э. Д., Лусис Д. Ю., Чернов С. А. Электронные возбуждения и радиолуминесценция щелочно-галогенидных кристаллов. Рига: Зинатне, 1979. 251 с.
2. Боуден Ф., Иоффе А. Быстрые реакции в твердых веществах. М.: ИЛ, 1962. 243 с.
3. Захаров Ю. А., Гасьямаев В. К., Колесников Л. В. О механизме ядрообразования при термическом разложении азиде серебра // Физ. химия. 1976. Т. 50. № 7. 1669. 1673 с.
4. Захаров Ю. А., Колесников Л. В., Черкашин А. Е. Энергетика и природа электронных зон азиде серебра // Изв. АН СССР. Сер. неорганич. материалы. 1979. Т. 14. № 7. С. 1283 – 1288.
5. Кригер В. Г. Кинетика и механизмы реакций твердофазного разложения азидов тяжелых металлов: дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Кемерово, 2002. 369 с.
6. Кригер В. Г. Поляронный характер носителей заряда в азиде серебра // Изв. АН СССР. (Серия: Неорганические материалы). 1982. № 6. 960 с.
7. Кригер В. Г., Каленский А. В., Захаров Ю. А. Кинетические особенности реакций твердофазного разложения азидов тяжелых металлов // Актуальные проблемы фото- и радиационной физико-химии твердых кристаллических неорганических веществ: (научные обзоры). Кемерово: Кузбассвузиздат, 2004. С. 263 – 324.
8. Мейкляр П. В. Физические процессы при образовании скрытого фотографического изображения. М.: Наука, 1972. 399 с.
9. Пекар С. И. Исследования по электронной теории кристаллов. М.: Гостехиздат, 1951. 256 с.
10. Поляроны / под ред. Ю. А. Фирсова. М.: Наука, 1975. 422 с.
11. Шалимова К. В. Физика полупроводников. М.: Энергия, 1976. 415 с.
12. Devreese J. T. Electron-phonon interaction: Polaron – transport. Lect. Notes. Phys., 1980. V. 122. P. 155 – 175.

### Информация об авторах:

**Кригер Вадим Германович** – доктор физико-математических наук, профессор кафедры химии твердого тела КемГУ, [kriger@kemsu.ru](mailto:kriger@kemsu.ru).

**Vadim G. Kriger** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department of Solid State Chemistry, Kemerovo State University.

**Журавлев Павел Григорьевич** – аспирант кафедры химии твердого тела КемГУ, [kriger@kemsu.ru](mailto:kriger@kemsu.ru).  
**Pavel G. Zhuravlev** – post-graduate student at the Department of Solid State Chemistry, Kemerovo State University.  
 (Научный руководитель – В. Г. Кригер).

**Балыков Данил Вениаминович** – аспирант кафедры химии твердого тела КемГУ, [dani42rus@gmail.com](mailto:dani42rus@gmail.com).  
**Danil V. Balykov** – post-graduate student at the Department of Solid State Chemistry, Kemerovo State University.  
 (Научный руководитель – В. Г. Кригер).

**Колмогорова Ольга Николаевна** – аспирант кафедры химии твердого тела КемГУ, [kriger@kemsu.ru](mailto:kriger@kemsu.ru).  
**Olga N. Kolmogorova** – post-graduate student at the Department of Solid State Chemistry Kemerovo State University.  
 (Научный руководитель – В. Г. Кригер).

**Боровикова Анастасия Павловна** – кандидат физико-математических наук, главный специалист НИУ КемГУ, +7(3842)582839, [kriger@kemsu.ru](mailto:kriger@kemsu.ru).

**Anastasia P. Borovikova** – Candidate of Physics and Mathematics, Chief Specialist at Research and Innovation Division, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 21.01.2015 г.

УДК 54.126:577.11:57.085.23:616-089.819.843

**ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ДЕГРАДАЦИИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
 ПРОТИВОСПАЕЧНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ**  
**М. В. Насонова, Ю. И. Ходыревская, А. Л. Немойкина, М. Ю. Михайленко, Ю. А. Кудрявцева**

**OPTIMIZATION OF PHYSICAL, MECHANICAL AND DEGRADATION PROPERTIES  
 FOR BIODEGRADABLE ANTI-ADHESIVE MEMBRANES**  
**M. V. Nasonova, Yu. I. Hodyrevskaya, A. L. Nemoikina, M. Yu. Mikhaylenko, Yu. A. Kudryavtseva**

Для мембран, предназначенных для профилактики образования спаек после полостных операций, важны такие показатели, как срок биодеградации и упруго-прочностные характеристики. Цель настоящего исследования – оценить сроки биодеградации *in vitro* и физико-механические свойства мембран, изготовленных на основе композиций биodeградируемых полимеров: полигидроксibuтирата/оксивалерата (PGBV), полилактида (PLA) и полилактида-ко-гликолида (PLGA). Показано, что полученные сополимеры PLGA в соотношении полилактид/гликолид – 70/30 и 60/40 обладают наиболее быстрыми сроками биодеградации и в композиции с PGBV позволяют увеличить скорость биорезорбции последнего в 1,2 – 1,3 раза. При этом результаты физико-механических испытаний образцов свидетельствуют, что добавление PLGA к PGBV позволяет улучшить свойства исследуемых образцов – при добавлении в полимерную композицию PLGA 60/40 прочность образцов увеличивается на 27,5 %, а упруго-эластические свойства увеличиваются на 70 % по сравнению с PGBV. Полученные результаты свидетельствуют, что регулируя состав биорезорбируемых полимерных мембран, можно влиять на скорость биодеградации и физико-механические свойства.

Biodegradation rate and tensile strength are essential for membranes, applied to prevent post-surgical adhesion formation. The study is aimed at evaluating biodegradation rate, physical and mechanical properties of the membranes made from biodegradable polymer composites *in vitro*, namely polyhydroxybutyrate / oxovalerate (PGBV), polylactide (PLA), and polylactide-co-glycolide (PLGA). PLGA copolymers, having a polylactide: glycolide ratio in the proportion of 70:30 and 60:40, reported the highest biodegradation rate, moreover, the addition of PGBV to this polymer composite may increase the bioresorption rate of the latter by 1.2 – 1.3 times. Thus, the physical and mechanical testing findings have shown that the addition of PLGA to PGBV results in improved properties of the studied samples – PLGA added to the polymer composite in the proportion 60:40 increased its strength by 27.5 %, and its elastic properties by 70 % compared to PGBV. The obtained results demonstrated that the adjustment of the bioresorbable polymer formulation for anti-adhesive membranes may regulate biodegradation rate, physical and mechanical properties.

**Ключевые слова:** противоспаечные мембраны, биodeградируемые полимеры, полигидроксibuтират, полилактид-ко-гликолид, биодеградация, прочность, эластичность.

**Keywords:** anti-adhesive membrane, biodegradable polymers, polyhydroxybutyrate, polylactide-co-glycolide, biodegradability, strength, elasticity.

**Актуальность**

Материалы, предназначенные для предупреждения образования послеоперационных спаек, должны отвечать многочисленным требованиям, в том числе обладать оптимальным сроком биодеградации, соответ-

ствующим фазам адгезиогенеза [1; 6]. Использование биodeградируемых материалов при создании противоспаечных мембран не целесообразно, т. к. их длительное нахождение в организме пациента может приводить к реакции на инородное тело и, как следствие,

вызывать нежелательные послеоперационные осложнения [5]. В связи с этим, разработка противоспаечных мембран на основе биodeградируемых полимеров является перспективным направлением [9; 16]. Материал для производства противоспаечных мембран должен представлять собой биосовместимый, нетоксичный полимер либо композицию на основе нескольких полимеров. Поиск оптимальных биорезорбируемых полимеров для использования в качестве противоспаечных мембран является актуальной задачей. Перспективными биodeградируемыми полимерами являются полилактид, сополимер полилактид-ко-гликолид и полигидроксibuтират/оксивалерат, поскольку они уже нашли широкое применение в клинике и продемонстрировали обнадеживающие результаты в эксперименте [2; 4; 10; 14]. Каждый из вышеперечисленных полимеров имеет свои достоинства и недостатки, различные сроки деградации и физико-химические и прочностные свойства. Комбинацией полимеров можно добиться требуемых для каждого конкретного случая сроков деградации и физико-механических свойств.

Целью настоящего исследования явилось оценить сроки биodeградации *in vitro* и упруго-прочностные свойства мембран, изготовленных на основе композиций различных биodeградируемых полимеров.

#### **Материалы и методы исследования**

Для изготовления биорезорбируемых мембран использовали полимер природного происхождения полигидроксibuтират/оксивалерат (PGBV) с молекулярной массой 228 кДа (Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина СО РАН, г. Пушкино). Синтетические биополимеры синтезированы в лаборатории биополимеров и биотехнологии Химического факультета Томского государственного университета с молекулярными массами: поли-D,L-лактид (PLA) - 69 кДа, сополимеры поли-D,L-лактид-ко-гликолид (PLGA) в соотношениях 90/10 - 40 кДа, 80/20 - 65 кДа, 70/30 - 44 кДа, 60/40 - 40 кДа. Растворы полимеров с концентрацией 3 г/100 мл выливали в стеклянные чашки Петри и выдерживали при комнатной температуре до испарения растворителя. В качестве растворителя использовали трихлорметан производства ЗАО «Мосреактив» (х. ч.). Деградацию образцов проводили *in vitro* путем помещения образцов мембран размером 10x10 мм в 0,2 М фосфатный буфер pH 7,4 (по 10 образцов каждой группы). Образцы инкубировали в термостате при 37°C. Измерение массы образцов проводили каждые 7 суток на аналитических весах «GIR-200» (AnD 220, Япония).

Измерение предела прочности, относительного удлинения и модуля Юнга при растяжении полученных полимерных мембран проводили по ГОСТ 11262-80 на универсальной испытательной машине Zwick/Roell Z 2.5 (Германия).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica 6,0. Рассчитывали медиану и квартили (Me (25 %; 75 %)). Для проверки гипотезы о равенстве законов распределений использовали критерий Манна-Уитни. Статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$ . Графически результаты эксперимента

представлены в виде диаграмм со значениями Me (25 % - 75 %).

#### **Результаты и обсуждение**

Сроки биodeградации резорбируемых мембран зависят от природы полимера, от его молекулярной массы, технологии переработки [3; 13]. Полилактиды являются полимерами 2-гидроксипропионовой (молочной) кислоты и, подобно другим высокомолекулярным соединениям на основе  $\alpha$ -гидроксикислот и их производных, обладают способностью к биodeградации и биосовместимостью [12; 15]. Сочетание этих свойств обеспечивает возможность использования получаемых из них полимерных материалов в качестве полимеров медицинского назначения. Перспективными являются полимерные соединения, молекулы которых содержат несколько типов мономерных звеньев или так называемые сополимеры [4; 7; 8; 17]. Полилактид-ко-гликолид является наиболее удобным сополимером, который используется для контролируемого высвобождения различных лекарственных веществ [3; 10]. Физико-химические свойства полилактид-ко-гликолида определяются молярным соотношением и последовательным расположением молочной и гликолевых кислот. Чем больше соотношение лактида к гликолиду, тем гидрофобнее будет вещество и тем хуже растворимость у него [3]. Время биодеструкции поли-D,L-лактида составляет 12 - 16 месяцев. Повышение скорости биодеструкции полилактида достигают путем сополимеризации с гликолидом. Сополимеризация гликолида с D,L-лактидом, взятых в различных соотношениях, приводит к образованию продуктов с различной способностью к биodeградации. Скорость гидролиза зависит от таких факторов, как размер и гидрофильность полимерного имплантата, мономерность состава, степень кристалличности полимера, pH и температура окружающей среды. Сроки разложения меньше для полимеров с более низкой молекулярной массой, большей гидрофильностью и большим содержанием аморфной части, а также при более высоком содержании гликолида в сополимерах. Сополимеры гликолида и лактида разлагаются путем простого гидролиза до гликолевой и молочной кислот, которые в случае медицинского применения перерабатываются через обычные метаболические пути.

Полигидроксикалкоанаты - линейные полимеры, получаемые микробиологическим путем при бактериальной ферментации сахаров или липидов [13; 15]. В силу особенностей биосинтеза материалов этой группы существует возможность получения широкого спектра значений скорости деградации и механических параметров, что позволяет применять полиоксикалкоанаты в различных областях медицинской науки и практики [2; 8; 14]. Известны успешные примеры использования полигидроксibuтирата в кардиохирургии в качестве противоспаечного барьера, необходимого при операциях на открытом сердце [2]. В то же время, известно, что обладая высокой биосовместимостью, полигидроксibuтират характеризуется достаточной хрупкостью и невысокой прочностью. Сополимеры полиоксикалкоанатов, в частности, погидроксibuтират/оксивалерат обладают лучшими физико-механическими свойствами [11; 13]. Сроки биodeградации сополимера также ши-

роко варьируют в зависимости от молекулярной массы полимера и его состава.

При изучении динамики деградации мембран на основе исследуемых полимеров было подтверждено, что увеличение доли гликолида в сополимере с лактидом ускоряет сроки деструкции образца. Так, наличие в сополимере 10 % гликолида значительно ускоряет срок деградации образцов – масса образцов к 12 неделям инкубации в 1,6 раза меньше, по сравнению с «чистым» PLA (рис. 1). Увеличение доли гликолида до 20 % приводит к более интенсивным срокам деградации образцов – к 8 неделям инкубации масса образцов в 1,6 раза меньше, чем у PLA, а к 10 недель инкубации мы наблюдали полное разрушение образцов PLGA 80/20. Наибольшие темпы деградации отмечены у об-

разцов PLGA 70/30 и PLGA 60/40. Через 2 недели масса образцов PLGA 70/30 уменьшилась на 17 % и к 21 суткам наблюдения они полностью разрушились, а образцы PLGA 60/40 через 7 суток наблюдения потеряли в массе почти 20 % и к 10 суткам полностью деградировали. Таким образом, для создания биodeградируемых противоспаечных мембран наиболее перспективными являются сополимеры PLGA 70/30 и PLGA 60/40, обладающие наименьшими сроками деградации. Снижение срока деградации обусловлено тем, что при образовании внутриполостных спаек наиболее критичны первые 28 суток. Дальнейшее нахождение мембран в зоне операции нежелательно в виду возможной реакции организма на инородное тело.

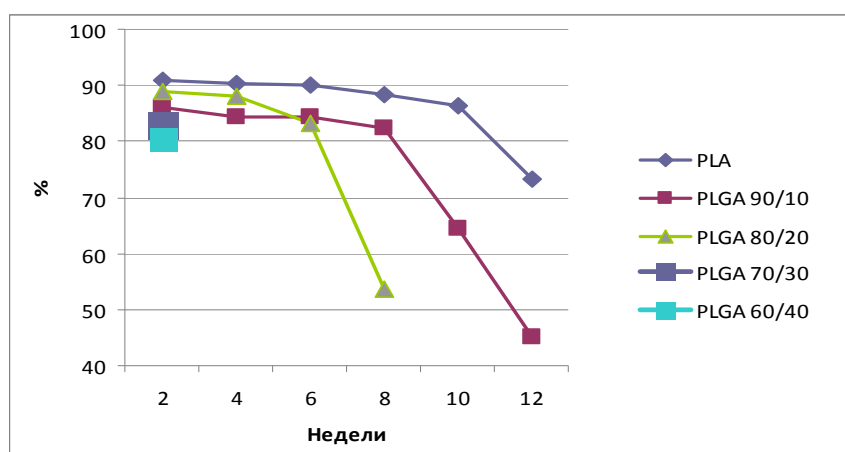


Рис. 1. Динамика деградации в фосфатном буфере образцов мембраны основе поли-D,L-лактида (PLA) и сополимеров D,L-лактида и гликолида (PLGA)

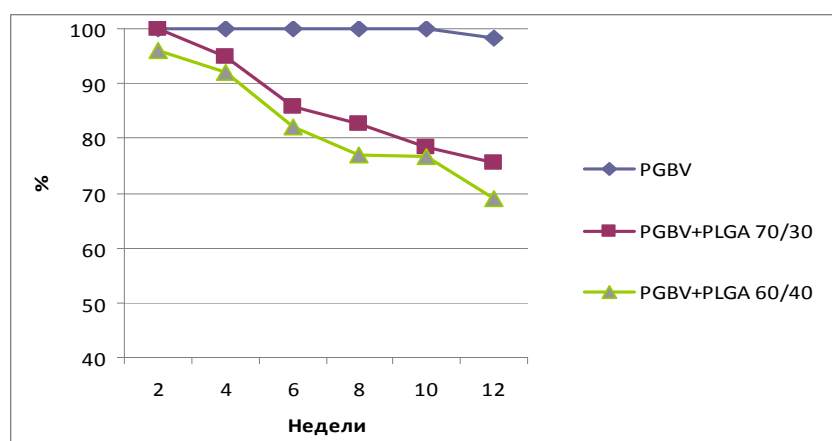


Рис. 2. Динамика деградации в фосфатном буфере образцов мембраны основе полигидроксibuтирата/оксидвалерата (PGBV) и поли-D,L-лактида-ко-гликолида (PLGA)

Полиоксиканоаты, обладая высокой биосовместимостью, характеризуются долгим сроком деградации. К 12 неделям инкубации данные образцы потеряли лишь 5 % от исходной массы (рис. 2). Добавление к PGBV 30 % по массе сополимеров PLGA позволяет существенно ускорить сроки деградации в 1,2 – 1,3 раза. Причем, добавление PLGA 60/40 позволяет максимально ускорить процесс деструкции образцов.

Помимо оптимальной скорости деградации, противоспаечные мембраны должны обладать достаточ-

ной прочностью и эластичностью, т. к. при имплантации в грудную полость данные мембраны могут замещать часть перикарда и должны иметь близкие показатели физико-механических свойств – не менее 6 МПа. Оценивая результаты физико-механических испытаний первой группы образцов – полимерных матриц состава PLA и PLGA, можно отметить, что при уменьшении содержания D,L-лактида в композициях на 10 % их прочность уменьшается на 34 % ( $p = 0,045$ ) (рис. 3). При дальнейшем снижении коли-

чества D,L-лактида в составе сополимера физико-механические свойства мембран также снижаются, и при соотношении PGA 60/40 составляют 26 % ( $p = 0,011$ ) от контрольного образца PLA. В тоже время, при увеличении доли гликолида в сополимере эластичность образцов значительно увеличивается, максимальный показатель относительного удлинения отмечен у образцов PLGA 60/40. Достоверные различия по эластичности отмечены для групп образцов

PLGA 70/30 и PLGA 60/40,  $p = 0,048$  и  $p = 0,019$ , соответственно. С увеличением содержания лактидных фрагментов в макромолекуле его сополимера с гликолидом повышается гидрофобность, но уменьшается кристалличность. Изменяя количество и время введения мономера, можно целенаправленно изменять тонкую структуру материала и его свойства, например время полной деструкции полимера.

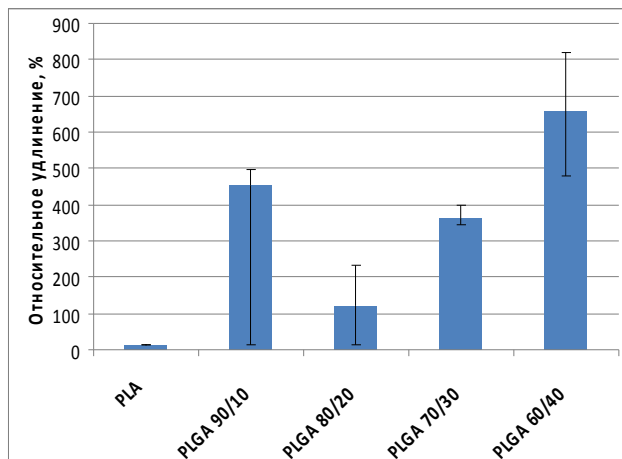
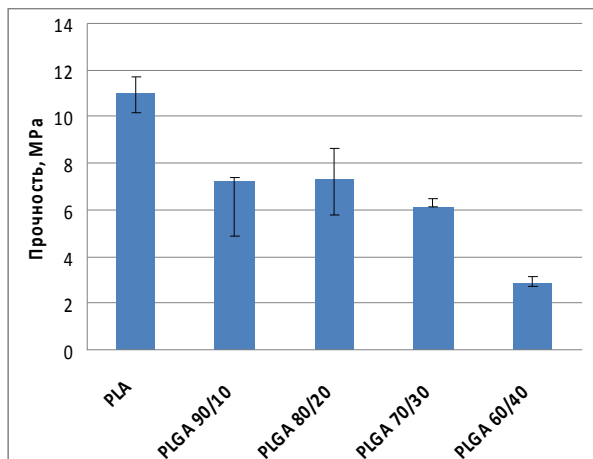


Рис. 3. Показатели прочности и эластичности мембран на основе поли-D,L-лактида и гликолида (PLA и PLGA)

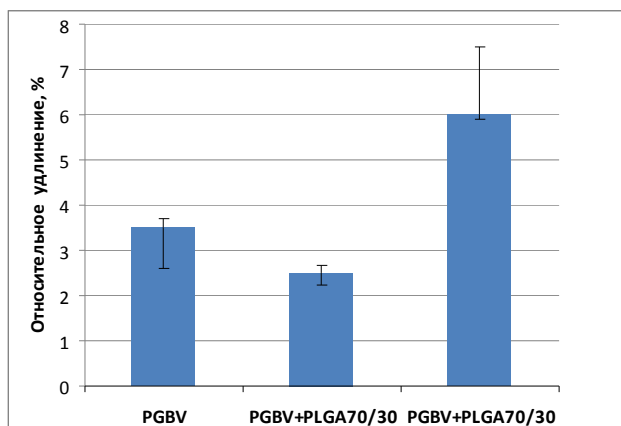
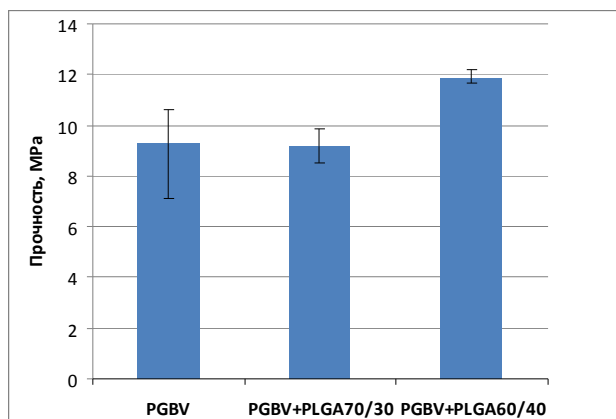


Рис. 4. Показатели прочности и эластичности мембран на основе полигидроксibuтирата/оксивалерата (PGBV) и поли-D,L-лактида-ко-гликолида (PLGA)

Анализ физико-механических свойств во второй группе показывает, что добавление PLA и PLGA к PGBV позволяет улучшить свойства конечного изделия (рис. 4). При добавлении в полимерную композицию PLGA70/30 прочность и эластичность мембран практически не изменяется, а при добавлении PLGA 60/40 прочность образцов увеличилась на 27,5 % ( $p = 0,009$ ), а упруго-эластические свойства увеличиваются на 70 % по сравнению с к PGBV ( $p = 0,047$ ).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что регулируя состав биорезорбируемых

полимерных матриц, применяемых в медицине, можно управлять скоростью биодеградации и физико-механическими свойствами конечных изделий. Такие полимеры, как полимолочная кислота и полигидроксibuтират/оксивалерат, помимо нетоксичности и биосовместимости, обладают высокими физико-механическими свойствами. Совместное их использование позволяет получать изделия, имеющие оптимальные упругие, прочностные и деформационные характеристики, а также необходимые сроки биодеградации.

#### Литература

1. Липатов В. А. Спаечный процесс брюшной полости как типичная биологическая реакция // Сборник научных трудов, «Актуальные проблемы медицинской биологии» / под ред. Н. Н. Ильинских. Томск, 2002. С. 119 – 121.



2. Dai Z. W., Zou X. H., Chen G. Q. Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) as an injectable implant system for prevention of post-surgical tissue adhesion. *Biomaterials*. 2009 Jun; 30(17):3075-83.
3. Domb A. J., Kumar N., Ezra A. *Biodegradable Polymers in Clinical Use and Clinical Development* Hardcover. 2011. P. 734.
4. Gentile P., Chiono V., Carmagnola I., Hatton P. V. An overview of poly(lactic-co-glycolic) acid (PLGA)-based biomaterials for bone tissue engineering // *Int J Mol Sci*. 2014 Feb 28; 15(3):3640-59.
5. Haney A. F. Removal of surgical barriers of expanded polytetrafluoroethylene at second-look laparoscopy was not associated with adhesion formation // *fertile.Steril*. 1997. 68:721-723.
6. Harris E. S., Morgan R. F., Rodeheaver G. T. Analysis of the kinetics of peritoneal adhesion formation in the rat and evaluation of potential antiadhesive agents // *Surgery*. 1995. Jun; 117(6):663-669.
7. Huang W., Shi X., Ren L., Du C., Wang Y. PHBV microspheres-PLGA matrix composite scaffold for bone tissue engineering // *Biomaterials*. 2010. May; 31(15):4278-85.
8. Kuppan P., Vasanthan K. S., Sundaramurthi D., Krishnan U. M., Sethuraman S. Development of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) fibers for skin tissue engineering: effects of topography, mechanical and chemical stimuli // *Biomacromolecules*. 2011. Sep. 12; 12(9):3156-65.
9. Lodge A., Wells W., Backer C. et al. A novel bioresorbable film reduces postoperative adhesions after infant cardiac surgery // *The Annals Thorac. Surgery*. 2008. 86(2):614– 621.
10. Pan Z., Ding J. Poly(lactide-co-glycolide) porous scaffolds for tissue engineering and regenerative medicine // *Interface Focus*. 2012. Jun 6; 2(3):366-77.
11. Qu X-H., Wu Q., Chen G.-Q. In vivo study on hemocompatibility and cytocompatibility of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) // *J. Biomater Sci. Polymer Edm*. 2006. 17 (10):1107-1121.
12. Rasa R. M., Janorkar A. V., Hirt D. E. Poly(lactic acid) modifications // *Progress in Polymer Science*. 2010. 35(3):338–356.
13. Sudesh K., Abe H., Doi Y. Synthesis, structure and properties of polyhydroxyalkanoates: biological polyesters. *Prog Polym Sci*. 2000. 25(10):1503–1555.
14. Wang Y., Bian Y.Z., Wu Q., Chen G.Q. Evaluation of three-dimensional scaffolds prepared from poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) for growth of allogeneic chondrocytes for cartilage repair in rabbits. *Biomaterials*. 2008. 29:2858 – 2868.
15. Webb A. R., Yang J., Ameer G. A. Biodegradable polyester elastomers in tissue engineering // *Expert Opin Biol Ther*. 2004. Jun; 4(6):801-12.
16. Worldwide market for surgical sealants, glues, wound closure and anti-adhesion, 2012 – 2017 // *A Worldwide Business Report from MedMarket Diligence*. 2012.
17. Zhang Z, Cui H. Biodegradability and biocompatibility study of poly(chitosan-g-lactic acid) scaffolds // *Molecules*. 2012. Mar 14; 17(3):3243-58.

#### Информация об авторах:

**Насонова Марина Владимировна** – научный сотрудник лаборатории новых биоматериалов Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний СО РАМН (НИИ КПССЗ), г. Кемерово, 8-903-984-28-60, [mv-nas@mail.ru](mailto:mv-nas@mail.ru).

**Marina V. Nasonova** – Research Associate at the Laboratory of New Biomaterials, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Disease of the Siberian Branch the RAMS, Kemerovo.

**Ходыревская Юлия Ивановна** – младший научный сотрудник лаборатории новых биоматериалов Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний СО РАМН (НИИ КПССЗ), г. Кемерово, 8-923-606-97-18, [aiger2350@yandex.ru](mailto:aiger2350@yandex.ru).

**Yulia I. Khodyrevskaya** – Junior Research Associate at the Laboratory of New Biomaterials, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Disease of the Siberian Branch the RAMS, Kemerovo.

**Немойкина Анна Леонидовна** – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией биополимеров и биотехнологии Томского государственного университета, 8-903-950-80-61, [nemoykina@rambler.ru](mailto:nemoykina@rambler.ru).

**Anna L. Nemoykina** – Candidate of Biology, Head of the Laboratory of Biopolymers and Biotechnology, Tomsk State University.

**Михайленко Михаил Юрьевич** – инженер лаборатории биополимеров и биотехнологии Томского государственного университета, 8-952-805-14-19, [mendelev\\_tip@mail.ru](mailto:mendelev_tip@mail.ru).

**Mikhail Yu. Mikhaylenko** – engineer at the Laboratory of Biopolymers and Biotechnology, Tomsk State University.

**Кудрявцева Юлия Александровна** – доктор биологических наук, заведующая лабораторией новых биоматериалов Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний СО РАМН (НИИ КПССЗ), г. Кемерово, 8-905-902-61-84, [kudrua@cardio.kem.ru](mailto:kudrua@cardio.kem.ru).

**Yuliya A. Kudryavtseva** – Doctor of Biology, Head of the Laboratory of New Biomaterials, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Disease of the Siberian Branch the RAMS, Kemerovo.

*Статья поступила в редколлегию 16.12.2014 г.*

## ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ И АРХЕОЛОГИЯ

УДК 94(470)''1900/1919'':347.965

**А. П. МОРОЗОВ: СУДЬБА СИБИРСКОГО ЮРИСТА В МЕНЯЮЩЕЙСЯ РОССИИ  
НАЧАЛА ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ XX в.***С. П. Звягин, С. В. Макаrchук***A. P. MOROZOV: THE FATE OF THE SIBERIAN LAWYER IN THE CHANGING RUSSIA  
IN THE EARLY FIRST QUARTER OF THE 20<sup>TH</sup> CENTURY***S. P. Zvyagin, S. V. Makarchuk*

В статье рассматривается судьба сибирского юриста из мещан, получившего высшее профессиональное образование в Московском университете. В 1917 г. он достиг вершины своей карьеры – действительный статский сотрудник, председатель Барнаульского окружного суда.

Свержение в Сибири Советской власти и установление антибольшевистских режимов привело его на пост товарища министра юстиции. Здесь он тоже стремился утвердить в Сибири законность и правопорядок. Вступление в регион Красной Армии прервало этот процесс. На 23 года – до самой смерти – А. П. Морозов был отлучен от своей профессии, оказавшейся ненужной новому государственному строю.

The paper discusses the fate of the Siberian lawyer originating from the family of townspeople who graduated from Moscow University. In 1917, he reached the peak of his career – becoming a State employee, Chairman of Barnaul district court.

The overthrow in Siberia by the Soviet authorities and the establishment of the anti-Bolshevik regimes led him to the post of Assistant Minister for justice. There, he sought to instill legality and legal order in Siberia as well. The entry of the Red Army into the region interrupted this process. For 23 years until his death A. P. Morozov was excommunicated from his profession that proved unnecessary for the new state formation.

**Ключевые слова:** Гражданская война, Сибирь, министерство юстиции, законность репрессии Советской власти.

**Keywords:** Civil War, Siberia, the Ministry of Justice, legality of Soviet reprisals.

Развитию Сибири в период правления антибольшевистских правительств (1918 – 1919 гг.) посвящено немало работ. Часть из них – это биографии главным образом военных. Ознакомление сибиряков с судьбой гражданских чиновников находится в алгоритме «догоняющего развития». В полной мере это касается Александра Павловича Морозова.

В 2002 г. один из авторов этой статьи посчитал, что многое еще предстоит узнать о судьбе героя статьи [11, с. 90 – 95]. Пришло время сообщить научному сообществу, всем, кому интересна история Сибири первой четверти XX в., о том, что поиски новых сведений о А. П. Морозове не были безрезультатными.

Александр Павлович Морозов родился 18 ноября 1864 г. в Омске в семье мещанина Павла Матвеевича Морозова и его законной жены Матрены Григорьевны. Восприимчиками были исполнявший должность надзирателя областной школы детей сибирских киргизов коллежский регистратор Иван Кириллович Важенин и жена землемера титулярного советника Мария Сергеевна Хайдукова.

В деревне Чернолучие под Омском до сих пор живут Морозовы. Дед нашего героя – Павел Матвеевич – выходец из крестьян этой деревни. Было у него 3 сына и 3 дочери. Александр был первенцем. Второй сын – Михаил Павлович – принял дело отца. У него под Омском был кожевенный завод. Третий сын – Владимир Павлович – погиб в Порт-Артуре.

Что касается дочерей П. М. Морозова, то старшая – Клавдия Павловна – всю жизнь прожила в семье А. П. Морозова и вынянчила его четырех детей

(2 сына и две дочери). Потом нянчила внуков. Вторая дочь – Наталия Павловна была замужем за армянином Иваном Крикорьянцем, по словам Г. В. Логиновой, владельцем аптеки. Третья дочь – Елена Павловна стала в замужестве Михайловой.

После окончания Омской гимназии Александр Морозов в августе 1884 г. подал прошение о приеме его в число студентов юридического факультета Московского университета. К этому документу было приложено свидетельство о принадлежности его отца к купеческому сословию на 1884 г. в качестве купца 2-й гильдии. В деле есть и свидетельство о благонадежности будущего студента за подписью вице-губернатора Акмолинской области.

Учеба в Москве вовлекла будущего юриста в политическую деятельность. За участие в студенческих беспорядках осенью 1887 г. он был отчислен из университета. У молодого человека были планы продолжить образование в Демидовском лицее. Были приняты некоторые действия. 1 марта 1888 г. Владимирский полицмейстер сообщил ректору Московского университета, что Владимирский губернатор решил прибыть «для окончания курса». Однако А. П. Морозов остался в Москве и только через год смог окончить вуз [3, л. 66].

В его студенческом личном деле имеется прошение прокурора Рязанского окружного суда на имя ректора от 19 ноября 1888 г. с просьбой выслать аттестат А. П. Морозова, окончившего университет со степенью кандидата права. Прокурор сообщал, что предполагается назначение выпускника на судебную



должность. В Рязань был выслан и диплом от 8 декабря 1888 г.

Приказом по министерству юстиции А. П. Морозов был определен на службу кандидатом на судебные должности при прокуроре Рязанского окружного суда. Он последовательно проходил кандидатский стаж. Исполняя должность Акмолинского уездного судьи согласно предложению Степного генерал-губернатора от 9 января 1892 г., был командирован к Акмолинскому областному прокурору для усиления прокурорского надзора. В 1892 г. на А. П. Морозова было возложено производство следствия по делу о краже 2120 руб. с почты, следовавшей из Петропавловска в Омск. В 1908 г. он еще был членом Омского окружного суда [2, с. 196], а в 1910 г. уже получил назначение членом Омской судебной палаты. Занимая эту должность, А. П. Морозов в 1914 г. имел чин действительного статского советника [16, с. 37].

А. П. Морозов в течение пяти лет был членом Омской городской думы. Он занимал ряд почетных должностей: председатель общества попечения о народном образовании, был председателем и членом многих попечительных советов низших, средних и высших учебных заведений Омска.

Вскоре после свержения советской власти 14 июня 1918 г. Западно-Сибирский комиссариат образовал административный совет. В его составе был и отдел юстиции, который возглавил бывший председатель Барнаульского окружного суда А. П. Морозов [4, л. 8]. Уже в мае 1920 г. защитник Аронов признал: «Так пришел налаживать судебное дело Морозов, старый юрист, старый судебный деятель» [19, с. 374].

27 июня 1918 г. при Акмолинском областном комиссариате прошло совещание об организации милиции. Среди присутствующих были областной комиссар П. И. Кортусов, заведующий отделом юстиции Западно-Сибирского комиссариата А. П. Морозов, прокурор Омской судебной палаты Х. Ф. Коршунов, Омский уездный комиссар Душенн, исполнявший обязанности инспектора милиции К. В. Першачев. Было решено милицию создать при комиссариате, но с последующей передачей ее земству [3, л. 66].

Указом Временного Сибирского правительства от 1 июля 1918 г. он становится товарищем министра юстиции [5, л. 1 об.]. Дж. Смил даже называет его министром юстиции в этом правительстве [23, р. 680].

Многие сибирские газеты знакомили население с биографиями министров. Небольшая статья о А. П. Морозове была опубликована в одном номере вслед за биографией министра юстиции С. С. Старынкевича.

Постановлением Административного совета Временного Сибирского правительства от 5 октября 1918 г. были определены служебные обязанности А. П. Морозова. Как товарищ министра юстиции он имел должность третьего класса и курировал следующие подразделения министерства:

1-й отдел (с отделениями юридической консультации, судебных и административных дел и тюремное),

2-й отдел (с отделениями личного состава, распорядительное и хозяйственное),

3-й отдел (отделения счетное, пенсионное, межевое и эмеритальная касса). Ему также были подчинены бюро статистики и личная канцелярия министра.

Всего под его началом было около 100 человек [21, с. 35 – 38]. Главноуправляющий делами Верховного правителя и Совета Министров Г. К. Гинс писал о А. П. Морозове: «Этот почтенный человек, в высшей степени честный и добросовестный, с большой неохотой, под давлением товарищей по службе, согласился принять на себя обязанности товарища министра и был на этом посту не политическим деятелем, а честным и трудолюбивым чиновником» [8, с. 123].

Осенью 1918 г. большой общественный резонанс вызвала гибель известного сибирского писателя, этнографа, общественного и политического деятеля А. Е. Новоселова. Он был убит офицерами 23 сентября в Загородной роще Омска [1, с. 159]. В архиве сохранились повестки на имя А. П. Морозова с вызовом к судебному следователю на 4 и 16 ноября 1918 г. в качестве свидетеля по этому делу [6, л. 61, 90].

А. П. Морозов занимал эту же должность и при Верховном правителе А. В. Колчаке [7, л. 5 об. – 6]. Когда министерство 2 мая 1919 г. возглавил Г. Г. Тельберг А. П. Морозов курировал работу 2-го департамента [17]. Министр внутренних дел В. Н. Пепеляев, ставший 23 ноября 1919 г. председателем правительства, предполагал назначить А. П. Морозова управляющим министерством юстиции [15; 18].

После крушения режима А. В. Колчака А. П. Морозов был арестован. 20 – 30 мая 1920 г. в главных железнодорожных мастерских Омска в присутствии многочисленной публики состоялся суд над членами Российского правительства. Среди 22-х подсудимых был и А. П. Морозов. Примечательно, что бывший министр юстиции Временного Сибирского правительства Г. Б. Патушинский был на процессе в качестве свидетеля [23, с. 38].

Судя по заключению по делу членов самозванного мятежного правительства Колчака и их вдохновителей А. П. Морозов в числе других принимал участие в «политике», хотя отрицает это. А. П. Морозов, по мнению обвинения, голосовал за введение смертной казни. При его участии была восстановлена «царская» полиция, по его предложению было предоставлено военным властям право требовать для просмотра следственные производства и дознания, не переданные еще в «судебные места». 4 октября 1919 г. он и другие проголосовали о выдаче награды в 10 тыс. руб. прапорщику Яцкову за энергичную деятельность при преследовании большевиков [19, с. 33].

Во время допроса А. П. Морозова защитник Айзин спросил его о том, чем можно объяснить изъятие дел из гражданской подсудности и передачу их в военно-полевые суды. Подсудимый признался в том, что военные допускали злоупотребления, но министерство юстиции пыталось поставить им рамки. В свою очередь обвинитель А. Г. Гойхбарг спросил: «Имели ли военные право требовать дела о политических заключенных себе?». А. П. Морозов сообщил, что военные такое право имели и злоупотребляли им.

Допрос А. П. Морозова 20 мая 1920 г. установил подлог, совершенный Административным советом при удалении из правительства в сентябре 1918 г. трех министров (В. М. Крутовского, Г. Б. Патушинского и М. Б. Шатилова). Была выявлена причастность П. В. Вологодского к посылке Г. К. Гинсом те-

леграммы с замаскированным предложением убить А. Е. Новоселова. Стенограмма процесса сохранила слова А. П. Морозова о министре труда Л. И. Шумиловском, на которого он глядел с сожалением, ибо он был в противоположном лагере. На допросе А. П. Морозов признал, что его крайне удивило, что проэсеровская Директория не утвердила постановление Совета министров об отмене смертной казни [22].

Уже во время работы трибунала А. П. Морозова обвинили в установлении для заключенных смиренных рубашек, ручных и ножных кандалов [19, с. 35].

Во время процесса Александр Павлович услышал мнение о себе из уст Г. Б. Патушинского. Бывший министр юстиции Временного Сибирского правительства заявил: «я Морозова не считаю первым персонажем... Морозов техническая сила, исполнитель, технический работник. Хороший работник, но, разумеется, чуждый, как и большинство технических работников, с которыми нам пришлось работать, совершенно чуждый нашей идеологии и смотревший на нас несколько не дружелюбно. Но, мне кажется, — продолжал Г. Б. Патушинский, — Морозов к активным деятелям Административного Совета не принадлежал. По крайней мере, в течение тех двух месяцев, что я был здесь, Морозов не посетил, кажется, ни одного заседания Административного Совета. Может быть, я ошибаюсь, но у меня было такое впечатление, что Морозов боится несколько политики. Он помнится, даже высказывал это... Морозов был совершенно аполитичен» [19, с. 71].

Сам А. П. Морозов так определял свою политическую ориентацию. На заседании Чрезвычайного революционного трибунала 20 мая 1920 г. на вопрос о партийности ответил — «принадлежу к партии народной свободы». Чуть позже он уточнил, что состоял в Партии народной свободы до 1 июля 1917 г., пока не был назначен председателем Барнаульского окружного суда. Сейчас, продолжил он, по убеждению кадет, но «организационно не состою» [19, с. 42, 77].

Некоторые обвинения против А. П. Морозова были опровергнуты уже в ходе заседаний трибунала. Так его обвинили в санкционировании траты 28900 руб. на посылку некоего Шишкина в Советскую Россию. В трибунале было высказано мнение, что эти деньги предназначались для какой-то шпионской цели. Однако Г. Б. Патушинский заявил, что Шишкин был командирован для привлечения в Сибирь специалистов тюремного дела [19, с. 34, 71].

В последнем слове А. П. Морозов сказал, что в свое время он доводил до сведения военного министра о насилиях воинских карательных отрядов. «Я, — заявил А. П. Морозов, — не могу себя причислить к тем друзьям убийц и грабителей, к которым причислил меня обвинитель». Он просил не считать его другом убийц. Он, по его словам, «сообщал об этом не только военному министру и ставке, прося Верховного главнокомандующего и другие военные власти, чтобы они прекратили эти насилия, чтобы они передали суду виновных. Но я, заверял подсудимый, представлял доклады в Совет министров об этих безобразиях» [20, л. 269].

В ходе разбирательства произошел примечательный диалог между государственным обвинителем

А. Г. Гойхбаргом и подсудимым А. П. Морозовым. Первый спросил: «А разве Вы вообще забываете подробности?». На это второй ответил: «Да, забываю» [19, с. 250]. Интересно, во время своих последующих злключениях вспомнил ли об этом своем вопросе государственный обвинитель [10, с. 137 — 145].

Виновным себя Александр Павлович не признал [19, с. 44]. Он заявил, что его ответственность не неслась «самостоятельного характера», потому, что были поручения министра [19, с. 313]. Смертный приговор был вынесен четырем подсудимым [9, с. 68, 74]. А. П. Морозов был приговорен к пожизненному принудительному труду [19, с. 432].

По словам внучки А. П. Морозова — Г. В. Логиновой, ее дед после суда сидел в Омской тюрьме. Вместе с ним находился товарищ министра внутренних дел Михаил Эдуардович Ячевский. Г. В. Логинова помнит, как в 1921 г. деда и М. Э. Ячевского водили на какие-то работы. На «перепутье» они заходили к ним обедать. В начале 1922 г. бабушка и она даже навещали деда в тюрьме. Он был заведующим тюремной аптекой и посещение его было свободным. А. П. Морозов был освобожден, очевидно, в 1923 г. Двоюродная сестра Г. В. Логиновой, в семье которой дед жил, писала ей, что в тюрьме он сидел 4 года. Впоследствии он был «лишенцем».

Умер Александр Павлович Морозов 23 февраля 1943 г. в поселке Ракитянка Чкаловской (ныне Оренбургской — С. З., С. М.) области [14; 13]. Некоторое время бытовало мнение, что смерть случилась в 1933 г. [19, с. 453]. Вскоре, в начале 1944 г. умерла и его жена. Она похоронена на кладбище в Екатеринбург [13].

В свое время А. П. Морозов женился на москвичке Варваре Борисовне Ефимовой. Их дочь — Надежда Александровна Морозова — стала женой инженера-путейца Петра Георгиевича Львова. По сведениям Г. В. Логиновой, он причастен к строительству железнодорожной ветки Новосибирск-Новокузнецк.

Вторая дочь А. П. Морозова — Евгения, по данным Г. В. Логиновой, была арестована и расстреляна красными в Омске в 1919 — 1920 гг. как участница офицерского заговора.

Младший сын А. П. Морозова — Александр Александрович Морозов — после школы учился в медицинском институте. Но к защите диплома его не допустили из-за социального происхождения. Как вспоминала Г. В. Логинова, не имея диплома о получении высшего образования, он стал профессором химии и был деканом химических факультетов в Калининне, Одессе, Калининграде, где и умер.

Отец моего информатора — Всеволод Александрович Морозов — родился в Омске 20 ноября 1891 г. и окончил там гимназию, учился на юридическом факультете Петербургского университета. Он окончил его в 1914 г. и сдал документы в Петербургскую судебную палату.

Тут грянула Первая мировая война, февральская и октябрьская революции, Гражданская война. В конце 1920 г. он оказался в Харбине. Работать по специальности он не мог, так как документы об образовании сгорели во время пожара Петроградской судебной палаты в феврале 1917 г.

Судьба А. П. Морозова в Советской России весьма поучительна. Во-первых, жаль, что так закончилась жизнь человека, который посвятил ее торжеству в своей стране законности и правопорядка. Во-вторых, она вызывает в памяти слова великого русского баснописца – И. А. Крылова. В одном из своих произведений Иван Андреевич мудро рассуждает о том, что случилось некогда с клинком из прославленного булата:

«Вот еж, в избе под лавкой лежа,  
Куда и клинок брошен был,  
Однажды так Булату говорил:  
«Скажи, на что вся жизнь твоя похожа?»

И если про Булат  
Так много громкого неложно говорят,  
Не стыдно ли тебе щепать лучину,  
Или обтесывать тычину,  
И, наконец, игрушкой быть ребят?» –  
«В руках бы воина врагам я был ужасен, –  
Булат отвечает, – а здесь мой дар напрасен;  
Так, низким лишь трудом я занят здесь в дому:  
Но разве я свободен?  
Нет, стыдно-то не мне, а стыдно лишь тому,  
Кто не умел понять, к чему я годен» [12, с. 175].  
Власти страны, которая строила новое общество,  
долго не понимали этот горький упрек баснописца.

### Литература

1. Вибе П. П. Новоселов Александр Ефремович // Вибе П. П., Михеев А. П., Пугачева Н. М. Омский историко-краеведческий словарь. М.: Отечество, 1994.
2. Вся Сибирь. Справочная книга по всем отраслям культурной и торгово-промышленной жизни Сибири на 1908 г. СПб., 1908.
3. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ). Ф. 147. Оп. 1. Д. 5.
4. ГАРФ. Ф. 148. Оп. 1. Д. 22.
5. ГАРФ. Ф. 176. Оп. 2. Д. 115.
6. ГАРФ. Ф. 189. Оп. 1. Д. 6.
7. ГАРФ. Ф. 3245. Оп. 1. Д. 8.
8. Гинс Г. К. Сибирь, союзники и Колчак. Поворотный момент русской истории 1918 – 1920 гг. (Впечатления и мысли члена Омского Правительства). М.: Айрис-пресс, 2008. 678 с.
9. Дроков С. В. Суд на Атамановском хуторе // Белая армия. Белое дело: исторический научно-популярный альманах / отв. ред. Н. И. Дмитриев. Екатеринбург, 2000. № 7.
10. Звягин С. П. А. Г. Гойхбарг: судьба юриста в меняющемся обществе // Евреи в Сибири и на Дальнем Востоке: история и современность: сб. материалов 7-й регион. научно-практ. конф. Кемерово, 21 – 22 августа 2006 г. / отв. ред. Я. М. Кофман. Красноярск-Кемерово: Красноярский писатель, 2006.
11. Звягин С. П. Новые архивные документы к биографии А. П. Морозова // Архивные чтения памяти Н. В. Горбаня: тез. докл. и сообщений. Омск, 2002.
12. Крылов И. А. Булат // Крылов И. А. Сочинения в двух томах. М.: Правда, 1984.
13. Логинова Г. В. письмо Звягину С. П. от 10 апреля 2002 г. // ЛАЗ.
14. Логинова Г. В. письмо Звягину С. П. от 26 апреля 2002 г. // ЛАЗ.
15. Наша газета (Иркутск). 1919. 2 дек.
16. Памятная книжка Тобольской губернии на 1914 г. Тобольск, 1914.
17. Правительственный вестник (Омск). 1919. 15 мая.
18. Приморские областные ведомости (Владивосток). 1919. 9 дек.
19. Процесс над колчаковскими министрами. Май 1920: документы / отв. ред. В. И. Шишкин. М.: Демократия, 2003. 783 с.
20. Российский государственный архив социально-политической истории (РГАСПИ). Ф. 71. Оп. 35. Д. 1063.
21. Собрание узаконений и распоряжений Временного Сибирского правительства. 2 ноября 1918 г. № 23. Отдел 1-й.
22. Советская Сибирь (Омск). 1920. 22, 23 и 26 мая.
23. Шиловский М. В. Патушинский Григорий Борисович // История «белой» Сибири в лицах. Биографический справочник / сост. С. П. Звягин. СПб.: Нестор, 1996. 382 с.
24. Smele J. D. Civil war in Siberia. The anti-Bolshevik government of Admiral Kolchak, 1918 – 1920. Cambridge university press, 1996. 481 p.

### Информация об авторе:

**Звягин Сергей Павлович** – доктор исторических наук, профессор кафедры новейшей отечественной истории КемГУ, 8-903-916-07-20, [whitesiberia@narod.ru](mailto:whitesiberia@narod.ru).

**Sergey P. Zvyagin** – Doctor of History, Professor at the Department of Contemporary Russian History, Kemerovo State University.

**Макарчук Сергей Владимирович** – доктор исторических наук, профессор кафедры отечественной истории КемГУ, 8-960-910-39-23, [makar@kemsu.ru](mailto:makar@kemsu.ru).

**Sergey V. Makarchuk** – Doctor of History, Professor at the Department of Russian History, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 27.10.2014 г.

# **БЫТОВАЯ КУЛЬТУРА ДОНСКОГО КРЕСТЬЯНСТВА ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX ВЕКА**

(поселения и жилища)

*М. А. Коломейцева*

## **THE MODE OF LIFE OF THE DON PEASANTRY IN THE SECOND HALF OF THE 19<sup>TH</sup> CENTURY**

(settlements and dwellings)

*М. А. Kolomeytseva*

Статья посвящена изучению материальной культуры донского крестьянства во второй половине XIX века. Предметами исследования являются поселения и жилища крестьян, а также уровень инфраструктуры, обеспечивающей их развитие. Цель работы – выявить особенности бытования донского крестьянства, составлявшего отдельную категорию в социальной структуре Дона, в которой привилегированное положение занимало служилое казачество. Автором вводятся в научный оборот неопубликованные источники, использованы материалы периодической печати изучаемого периода, статистические данные. Обращение к теме исследования является актуальным в ходе изучения социальной истории и истории культуры, аграрной истории на материалах юга России. Сделан вывод о крайне низком уровне жизни крестьянского населения, неразвитой социальной инфраструктуре. Показано, что в пореформенный период в среде крестьянства активно шел процесс расслоения, что нашло отражение и в материальной культуре, организации повседневной жизни.

The paper studies the material culture of the Don peasants in the second half of the 19<sup>th</sup> century. The subjects of the study are settlements and homes of peasants, as well as the level of infrastructure for their development. The paper aims at revealing the features of peasants' life on the Don; they constitute a separate category in the social structure of the Don, where the privileged position was occupied by Cossack servicemen. The author introduces some previously unpublished sources, materials, periodicals of the studied period, as well as the statistical data. Researching this topic is relevant for the study of social and cultural history, agrarian history of Russia based on the materials from the Russian South. It is concluded that the level of life of the peasant population was very low, the social infrastructure was poor. It is shown that in the post-reform period the active process of peasantry differentiation took place, which is also reflected in the material culture, the organization of mode of life.

**Ключевые слова:** Дон, крестьянство, материальная культура, быт, поселения и жилища.

**Keywords:** the Don, peasantry, material culture, way of life, settlements and dwellings.

Материальная культура, быт и уклад жизни характеризуют уровень и особенности развития общества. На формирование материальной культуры оказывают внимание как внешние факторы – природная среда, окружение, так и исторически сложившие традиции, проводимая государством социальная политика, уровень материально-технического развития.

Объектом нашего исследования является крестьянство Области войска Донского, предметами – особенности материальной культуры и быта, в частности – поселения и жилища. Материальная и духовная культура донского крестьянства отличалась особым колоритом, многообразием форм и выразительных средств, что объяснялось тесным переплетением в ней элементов общероссийской земледельческой культуры, собственно культуры донских крестьян, заимствований из традиционного казачьего уклада. В чем-то подражая казачеству, в чем-то противопоставляя себя ему, донское крестьянство – крайне неоднородное по своему составу, создавало и развивало собственную культуру.

Обращение к вопросу бытовой культуры является актуальным при воссоздании исторической картины развития крестьянства Дона, изучения социальной истории. Тематика остается одним из малоизученных вопросов в историографии региона, в которой основное внимание традиционно уделялось казачеству.

Вплоть до 1861 г. крестьянство области войска Донского в основной своей массе находилось в феодальной зависимости от донских помещиков. Особенности становления института крепостничества на До-

ну были таковы, что владения донских помещиков зачастую располагались на казачьих юртовых и станичных землях. Потому нередко крестьянские поселения оказывались среди собственно казачьих довольствий, что впоследствии значительно затруднило разрешение аграрного вопроса на Дону.

Крестьяне бок о бок проживали с казачеством, но в то же время положение двух основных категорий населения – казачества и крестьянства – кардинально различалось. Особенность развития региона определялась приоритетом войскового казачьего сословия в социально-правовом и экономическом отношениях. Основное внимание Войсковой администрации уделялось развитию казачества. Вопросы, касающиеся крестьянства, разрешались через мировых посредников, затем – Областные и окружные по крестьянским делам присутствия, после введения земства – земские управы, а с их упразднением – Распорядительный по земским делам комитет.

По итогам реформы из бывших помещичьих крестьян было образовано 119 волостей, в которых числилось 640 сельских обществ [11, с. 39]. Крестьянские поселения располагались неравномерно: основная масса наделенных крестьян сосредотачивалась в Миусском (впоследствии Ростовском и Таганрогском округах) и Донецком округах, в остальных округах существовали отдельные крестьянские волости и слободы. Крестьяне, освобожденные реформой 1861 г. образовали коренное крестьянское население, имевшее собственное управление. По данным статистики, в 1890 г на территории области насчитывалась администра-

тивных единиц – 121 станица и 133 волости, в 1903 г. – станиц 122, волостей – 143 [7, с. 229 – 239; 8, с. 3]. Общая численность крестьян к концу XIX века составляла около 700 тысяч человек [7, с. 242].

Крестьянские населенные пункты в среднем достигали численности до 5 тысяч человек. Имелись малонаселенные поселения – до 1,5 тысяч, однако выделялись и крупные поселки, с населением в 25 тысяч и более. Села чаще всего традиционно располагались по берегам рек и имели достаточно четко выраженную уличную планировку. В центре поселения находилась площадь с церковью, на центральной улице, как правило, располагались сельское правление, торговые лавки и прочие общественные заведения. Образованные на территории казачьих станиц поселения крестьян выделялись в отдельные слободы.

Жилой массив составляли крестьянские дворы. У крестьянства и казачьего населения на Дону, как и в целом на юге России и Украины, был распространен открытый тип двора. Двор как хозяйственная единица включал передний двор, жилой дом (иногда два – в зависимости от состава семьи), хозяйственный двор и небольшой огород, в очень редких случаях еще и сад. Дворы огораживались забором из сырцово-каменного кирпича (самана), дикого камня или плетня [6, с. 218]. Жилые дома возводились чаще всего из того же самана и представляли собой продолговатое приземистое здание с земляным полом и камышовой или соломенной крышей. На крыше устанавливались трубы из хвороста, камыша или досок, обмазанные глиной. Дома также обмазывались глиной и белились внутри и снаружи. Наиболее состоятельные использовали в качестве строительного материала для домов обработанную древесину, крыши покрывались железом. Дома бедных жителей представляли собой ветхие временки, сооружаемые из дикого камня и хвороста. Исследователь региона Номикосов отмечал, что дома в населенных пунктах сильно различались по внешнему виду, что определялось материальным достатком домохозяев: «хата... с каморкою уступает иногда место прехорошенькому домику, напоминающему казачий курень, а в другой раз превращается в безобразную конуру...» [10, с. 327].

Внутренняя планировка жилища включала в себя 3 составные части: сени с чуланом, «жилую» комнату, где повседневно располагалась семья, готовилась еда, и находился весь кухонный скраб, и «горницу» («чистую хату»), предназначавшаяся для семейных торжеств, приема гостей. Число жилых комнат могло увеличиваться в зависимости от состава и благосостояния семьи. Интерьер не отличался разнообразием и включал определенный набор вещей, встречающихся практически в каждом доме. В сенях была отгорожена кладовая, здесь же нередко устраивались закрома для зерна, располагалась мелкая хозяйственная утварь. В чулане находились сундуки с одеждой. В жилой комнате находилась печь с лежанкой, здесь же располагалась деревянная мебель – стол, лавки, на которых спали, иногда жесткие деревянные диваны, посудный шкаф. Женщины-крестьянки занимались ткачеством и прядением шерсти, поэтому в доме могли находиться ткацкий станок и прялки. В горнице – так называемой «чистой» хате в переднем углу располагались иконы, а под ними стол, от которого в обе

стороны тянулись лавки. На столе, покрытом скатертью или широким полотенцем, всегда лежали хлеб и соль. В левом заднем углу – помещается поставец, род деревянного шкафа, или просто полки, прибитые к стене [10, с. 327]. Мебель, сделанная местными мастерами, была в основном деревянной, простой конструкции. В конце XIX – начале XX века она стала вытесняться более разнообразной мебелью.

Из-за трудностей отопления больших помещений, комнатки в доме были довольно тесными, к тому же зимой в дом часто заносили птицу, новорожденный приплод домашних животных. Освещалось помещение фитилями – ватными или тканевыми, опущенными в сало или масло, лучинами. С конца XIX века получили распространение керосиновые лампы. Керосин закупался в местных лавках и составлял значительный расход. В целом, жилищные условия были довольно тяжелыми.

Многие дома имели два выхода: на улицу – с укашенным по мере возможности крыльцом, и в хозяйственный двор. На переднем чистом дворе находились амбары для зерна, навесы для инвентаря и повозок и так называемые «пуньки» («хижки») – небольшие холодные строения, использовавшиеся в качестве подсобных помещений. На заднем дворе располагались помещения – сараи для скота, сеники, и конюшня. Во дворе обязательно устраивали погреб, часто со специальной ямой для льда. Рядом с домом копали колодец – так называемый «копань» – воронкообразное углубление с земляными стенами. В конце XIX в. появляются цементные бассейны, где собиралась дождевая вода. Зажиточные крестьяне, по примеру соседей-казаков, строили во дворах или чаще – на берегу реки бани, в которые приходили за платой мыться односельчане [6, с. 219].

Номикосов отмечает, что крестьяне отличались чистоплотностью, «большинство хат содержится очень чисто и порядочно..., какова бы ни была хозяйка неряха, все же снаружи она свою хату вымажет, выбелит, дабы перед соседками стыдно не было». Что же касается содержания двора, то здесь – совершенно иная картина: «...редкий содержит оный опрятно и навоз накапливается здесь десятками лет...» [10, с. 328].

Несоблюдение санитарных норм было главной причиной непрекращающихся эпидемий. Особенно тяжелой была ситуация с обеспечением питьевой водой, которую набирали из родников. В донесениях окружных врачей сообщалось о постоянном загрязнении воды и воздуха. Так, в рапорте окружного врача Донецкого округа отмечалось систематическое загрязнение воды отходами животноводства. Врач заявлял, что во время поездки по округу им были замечены плотины, состоящие из навоза, загрязнявшего водоемы. Кроме того, у крестьян существовал обычай выбирать землю для строительного материала на улицах напротив домов, в результате образовывались большие ямы, которые потом не засыпались землей, и в них постоянно сваливали навоз, часто трупы павших животных. Так как в подобных местах скапливалась дождевая вода, то в жаркое время года отходы начинали сильно гнить и разлагаться, заражая воздух и вместе с дождями попадая в водоемы. К контролю за санитарным состоянием предлагалось привлечь полицейские органы и местную администрацию [1, л. 58 – 58 об.].

Статистика по заболеваемости была очень высокой. В течение года в разных местностях могли одновременно распространяться оспа, корь, скарлатина, тиф и прочее. В некоторых случаях, особенно среди детей, смертность достигала 50 и более процентов. В случае возникновения эпидемий принимались медико-полицейские меры (лечение, установление карантина). Вспышки заболеваний были частыми, врачей и фельдшеров не хватало [1], поэтому профилактика приобретала особое значение. Казаки могли получать медицинскую помощь в войсковых приемных покоях и госпиталях, организация же медицинской помощи для крестьян была возможной – за редким исключением, – посредством системы земских учреждений, дорогостоящих вольнопрактикующих врачей или же оставалось полагаться на народных лекарей.

Большой проблемой для населения оставались частые пожары. В случае возникновения пожара огонь быстро распространялся по камышовым и соломенным крышам, горели деревянные дворовые постройки. Особенно сильные пожары приводили к уничтожению значительного числа домостроений; летние пожары на полях уничтожали посевы, запасы сена. Для борьбы с пожарами предпринимались разноплановые мероприятия. По линии земских органов санкционировалось создание пожарных обозов, противопожарных дружин из числа добровольцев. Выпускались обучающие программки, проводились беседы с населением, предлагалось перейти к устройству глиносоломенных крыш [4]. *Среди внедряемых мер было введение страхования, и создание страхового капитала на случай пожара. Однако все эти мероприятия не осуществлялись в полной мере.*

Важное административное и хозяйственное значение имело состояние дорог. Для крестьянского землепользования была характерна чересполосица, с которой была связана еще одна проблема – длинноземелье – растянутость многодворных сел и их земельных владений. Эти обстоятельства особенно негативно сказывались при сборе урожая, удлинняя время жатвы, при перевозке собранного урожая и перегонах скота. Исправное содержание дорог и мостов входило в число натуральных повинностей, отбывавшихся населением. Вследствие отсутствия практики планомерного дорожного строительства и должного контроля со стороны администрации состояние дорог находилось, по многим отзывам – «в невозможном виде» [4, с. 35; 9]. Большой проблемой оставалось устройство подъездных путей к железнодорожным станциям и пристаням. *В условиях плохого состояния путей сообщения широко использовался гужевой транспорт, что было не только экономически невыгодно, требовало больших затрат времени, но и территориально ограничивало масштабы развития крестьянской сельскохозяйственной торговли* [4, с. 35]. Жители отдаленных районов не имели возможности самостоятельно организовать перевозку продукции и потому вынуждены были обращаться к посредникам и продавать продукцию по заниженным ценам, диктуемым скупщиками [5].

Важную роль в развитии инфраструктуры крестьянских поселений сыграли земства. На средства земства открывались социальные объекты, производилось благоустройство жизни крестьян. Так, наибольшее число начальных учебных заведений в крестьян-

ских селах было открыто именно в период 70 – 80 гг. XIX в., земские управы выступали за организацию противопожарных мероприятий, развитие медицинских учреждений. Однако земства на Дону просуществовали недолго (с 1876 – 1882 гг.), вызвав своей деятельностью недовольство, прежде всего казачества, вынужденного помимо несения военной службы теперь еще уплачивать земские сборы; в печати, выступлениях общественности отмечалось также нерациональное распределение земских средств [9]. После ликвидации земских управ были созданы распорядительные комитеты, ведавшие земскими сборами и их распределением. Проводимые комитетами мероприятия в рамках благоустройства жизнедеятельности населения были недостаточно эффективными, поскольку низкий материальный уровень жизни населения приводил к росту недоимок по земским сборам. Казачество находилось в более выгодном положении, т. к. в случае невозможности содержать те или общественные учреждения оно могло рассчитывать на пособие от войсковой администрации. Вся социальная инфраструктура в крестьянских поселениях зависела в итоге от благосостояния самих обществ. Кроме того, причина возникновения трудностей организации социальной и бытовой жизни крестьянства заключалась в несогласованности работы различных ведомств и административных структур, а иногда и прямая их конфронтация, например, земских управ и местной администрации – сельских и волостных правлений. Примечательно, что местная администрация считала, что негативные проявления жизни крестьян коренились в «обычных условиях народа, ... в невежественных его понятиях ...» [2, л. 1 – 2, 2 об., 20 – 20 об.].

Для налаживания жизни общества издавались инструкции, проводились инспекции, однако при общем низком уровне жизни населения всех мероприятий было недостаточно. Интересен тот факт, что на благоустройство жизни обществ использовались доходы от питейных заведений. Само явление пьянства широко критиковалось и местной администрацией, и церковью, и жителями, однако отмечалось, что введение монополии на винную торговлю привело к сокращению питейных доходов сельских обществ [4, с. 34]. *Столь оцутимое значение питейных доходов стало одним из проявлений системного кризиса общества: аграрное население фактически оставалось без государственного попечительства, а производственная сфера не приносила необходимого дохода.*

В наиболее худшем положении находились «иногородние» крестьяне, переселяющиеся в область уже после реформы 1861 г. Дон традиционно оставался одним из регионов активной крестьянской колонизации, во многом объяснявшейся обилием пустующих земель и широкими возможностями аренды. В последней четверти XIX в. Дон входил в число крупнейших хлебоэкспортных регионов, что способствовало значительному притоку иногороднего аграрного населения. Иногороднее крестьянство сыграло значительную роль в хозяйственном развитии региона: вводились в эксплуатацию пустующие земельные массивы, переселенцы были источником наемной рабочей силы, занимались торговлей. Однако в социально-правовом отношении иногороднее крестьянство представляло собой наименее защищенную часть насе-

ния, не могли создавать собственные органы управления, не имели доступа к общественным благам.

Имевшие возможности арендовать землю крестьяне составляли отдельные общества, и с разрешения администрации образовывали целые поселки или же в одиночку поселялись на крестьянских или войсковых землях. Другой вид – это самовольные поселенцы, нелегально поселявшиеся на донской земле. Благополучие мигрантов значительно разнилось: среди них находились весьма состоятельные хозяева, однако наибольшую часть составляли мелкие арендаторы и беднейшие элементы, пополнявшие ряды сельскохозяйственной наемных рабочих. Временный характер поселений, существование которых определялось чаще сроком аренды, отразился на их внешнем виде и устройстве. Постройки в поселениях обычно имели достаточно простую конструкцию, поскольку по истечении срока аренды хозяин переносил усадьбу на новый участок, и «хуторок опять готов» [3, с. 130]. Наиболее богатые имели дома, рубленные из дерева, беднота, не имевшая средств на постройку дома, часто жила в землянках. Исследователь Дона Е. П. Савельев, подчеркивал крайне низкий уровень жизни массы иногородних: «Временные поселения крестьян, хотя многие из них существуют десятки лет, разбросаны по войсковым землям во всех округах области и представляют из себя, в большинстве случаев, группы вырытых в земле или сложенных из глины хат – землянок, крытых соломой, с базами – загонами для скота из той же соломы и навоза. За исключением не многих больших и старых поселений, школ и церквей в них нет. Нет также никакого общественного управления. Санитарные условия самые убийственные. Медицинской помощи – никакой» [11, с. 55]. Жизненный уровень массы иногороднего крестьянского населения был на грани выживания, кроме того, по мере увеличения числа поселков, а

также численности населения в них с возникновением земельного дефицита казачьих станиц, поселения крестьян – арендаторов становились излишним бременем, их начинали стеснять. Проводились насильственные выселения иногородних крестьян, особенно самовольных поселенцев. Мероприятия, направленные на защиту земельных прав казаков, для массы крестьян имели самые тяжелые последствия: прожившие по несколько десятков лет на донской земле, активно занятые в хозяйственной деятельности, крестьяне одномоментно теряли все, разорялись. Вывозили все, что можно было с собой забрать, остальное продавали за бесценок [11, с. 55 – 59]. Вопрос с положением иногороднего населения приобретал острый характер, поскольку речь шла о тысячах крестьян.

Таким образом, организация бытовой жизни донского крестьянства напрямую зависела от благополучия сельских обществ и экономических возможностей отдельных домохозяев. Общий уровень жизни крестьянского населения оставался крайне низким, что объяснялось отсутствием реальной государственной поддержки в организации социальной инфраструктуры, недостаточной финансовой обеспеченностью самих крестьянских обществ, необходимостью уплаты многочисленных податей и налогов. Средства, направляемые из земских сумм на благоустройство крестьянских поселений, были недостаточными. И если исследователи отмечали, в отношении казачества, ухудшение его экономического положения в конце XIX – начале XX века, то положение крестьянства было на грани бедственного. Между тем, уже современники подчеркивали важность повышения качества жизни крестьянства, справедливо отмечая, что «улучшение быта многомиллионного земледельческого населения есть дело общегосударственное» [11, с. 75].

### Литература

1. Государственный архив Ростовской области (далее – ГАРО). Ф. 52. Оп. 1. Д. 35.
2. ГАРО. Ф. 46. Оп. 1. Д. 2121.
3. Гривин А. Г. Записка о населенных местах Черкасского округа за 1871 год // Труды области войска Донского статистического комитета. Вып. 2. Новочеркасск, 1874.
4. Греков А. М. Нужды Дона в трудах местных сельскохозяйственных комитетов // Сборник Области войска Донского статистического комитета. Вып. 5.
5. Коломейцева М. А. К вопросу о развитии крестьянской сельскохозяйственной торговли в конце XIX – начале XX века // Гуманитарные и социально-экономические науки. 2011. № 2. С. 82 – 85.
6. Крестьянство Северного Кавказа и Дона в период капитализма / под ред. А. М. Анфимова Ростов н/Д., 1990. 263 с.
7. Памятная книжка Области войска Донского (далее ПК ОВД) на 1892 год. Новочеркасск, 1892.
8. ПК ОВД на 1905 год. Новочеркасск, 1905.
9. По земскому вопросу // Донские областные ведомости. 1880. № 82. (18 октября).
10. Номикосов С. Ф. Статистическое описание земли войска Донского. Новочеркасск: Областная войска Донского типография, 1884. 776 с.
11. Савельев Е. П. Крестьянский вопрос на Дону в связи с казачьим. Историко-статистический очерк. Новочеркасск, 1917. 77 с.

### Информация об авторе:

**Коломейцева Мария Андреевна** – кандидат исторических наук, доцент кафедры философии и истории Донского государственного аграрного университета, 8-905-429-06-23, marijaandreeva@mail.ru.

**Mariya A. Kolomeytseva** – Candidate of History, Assistant Professor at the Department of Philosophy and History, Don State Agricultural University.

Статья поступила в редколлегию 16.12.2014 г.



УДК 902/904 (574)

## ПАМЯТНИКИ ДРЕВНЕЙ ОСЕДЛО-ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ВОСТОЧНОГО ПРИАРАЛЯ

А. И. Мартынов, Ж. Р. Утубаев

## SITES OF THE SETTLED FARMING CULTURE OF THE EASTERN ARAL SEA REGION

A. I. Martynov, Zh. R. Utubaev

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (Проект № 0331/ ГФ «Изучение памятников Чирикратской культуры в низовьях Сырдарьи (вторая половина I тыс. до н. э.)»).*

В статье рассматривается один из основных аспектов культурогенеза – взаимоотношения культур оседлых земледельцев и скотоводов евразийских степей на примере памятников материальной культуры Восточного Приаралья, территория которого была одной из контактных зон в Евразии.

The paper focuses on a major aspect of the genesis of culture: the relations between the cultures of settled farmers and cattle breeders of the Eurasian steppes. The authors use the example of the sites of material culture of the Eastern Aral Sea region whose territory was one of the contact zones in Eurasia.

**Ключевые слова:** урбанизация, культура, поселения, крепость, усадьба.

**Keywords:** urbanization, culture, settlements, fortress, farmstead.

Низовья Сырдарьи – наиболее насыщенная археологическими памятниками территория. Природные особенности Восточного Приаралья способствовали развитию здесь раннего земледелия, начиная с эпохи бронзы. В то же время эта территория представляет особый интерес как зона непосредственных контактов традиционных земледельцев и скотоводов взаимосвязью между кочевыми и оседлыми народами Среднеазиатско-Казахстанского региона. Здесь процессы культурогенеза в древности протекали в таких природно-экологических условиях, которые способствовали развитию как земледелия, так и скотоводства. Регион был промежуточной, буферной территорией между южными земледельческими оазисами раннегородской цивилизации и миром подвижных кочевых скотоводов Евразии.

Блестящее проявление этих связей прослеживается на археологических памятниках энеолита бронзы, в частности на материалах мавзолея Северного Тагискена (Кызылординская область, Казахстан), что было отмечено предшественниками. Элементы культурного влияния прослеживаются в прямоугольной планировке, не характерной для скотоводов, строений использованием прямоугольного кирпича, в фактах причастности к культу огня [13, с. 200 – 204; 3, с. 295].

В ходе проведенных в 1960 – 1963 гг. полевых исследований в технике строительства мавзолеев Тагискена обнаружен нетрадиционный для степных культур бронзового века строительный материал – кирпич. При этом сама планировка мавзолея, несомненно, отражает в себе местные, укоренившиеся традиции строительства монументальных зданий в виде круга. Так, во внутренней конструкции мавзолеев здесь широко применялись деревянные элементы – столбы и жерди, обмазанные глиной, т. е. те элементы, которые хорошо известны по материалам поселений и могильников андроновского типа. Эти факты показывают, что мавзолеи Северного Тагискена несут в себе планировочные конструкции, сочетающие в себе тради-

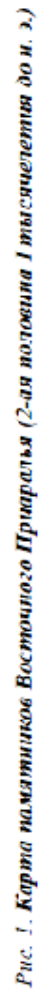
ции культур андроновского круга и компоненты, безусловно связанные с южным влиянием земледельческой культуры, которую М. А. Итина считает древнебактрийской [4, с. 36].

Имеющиеся сейчас археологические материалы позволяют выделить три этапа развития ранней урбанизации в низовьях Сырдарьи. Первый период – доурбанистический: X – конец V вв. до н. э., изученный в основном по погребальным памятникам Северного и Южного Тагискена и Уйгарака. Второй период – начальной урбанизации: IV – I вв. до н. э., когда появляются первые поселения городского типа (Чирикратская культура). Третий период – это развитая урбанизация: I – VI вв. н. э. – становление городской культуры, городского типа появления поселений.

На первом этапе в низовьях Сырдарьи появились группы населения, прочно осевшие на землю, для которых земледелие, основанное на ирригации, стало приоритетным занятием, сочетавшимся со скотоводством.

Дальнейшее развитие урбанизация получила во второй половине I тысячелетия до н. э., когда на территории Приаралья появляются традиции, выработанные земледельческими культурами юга Средней Азии.

В это время в Присаракамышской дельте формируется древнехорезмская культура и связанная с ней старейшая крепость Кюзели-гыр (Хорезмская область, Узбекистан). Раскопки показали, что крепость пережила два строительных периода. Для раннего периода строительства крепости Кюзели-гыр характерно применение прямоугольного кирпича с соотношением сторон 1:2 (50 x 25 x 10 см), которые не характерны для последующего классического античного периода Хорезма, где использовался квадратный кирпич больших размеров (40 x 40 x 10 см). Нижний слой был датирован VI – началом V вв. до н. э., а верхний строительный горизонт Кюзели-гыр, относится к концу V в. до н. э. [13, с. 96 – 109].



На территории древней дельты Сырдарьи, в Кызылординской области Казахстана в это время формируется чирикратская культура, в которой проявляется преемственность не только в материальной культуре, но и погребальных обрядах и ритуалах с культурой населения позднебронзового периода низовой Сырдарьи. Для части чирикратской культуры характерна концентрация долговременных поселений группами (рис. 1). Среди них имеются укрепленный характер. Выделяются два раннегородских центра Чирик-рабат и Бабиш-мулла. Первый считается убежищем и резиденцией вождей, второй имеет правильную квадратную планировку, оборонительную стену с мощным привратным донжоном, с сложной планированной, внутри так называемый Большой дом, в котором была, предположительно, резиденция ахеменидского сатрапа IV в. до н. э. [2, с. 32 – 33].

Раскопки сакских могильников и городищ Чирикратской культуры в прошлом веке интенсивно велись отрядами Хорезмской археолого-этнографической экспедиции. В наше время с 2004 года раскопки продолжаются Чирикратской археологической экспедицией под руководством Ж. Курманкулова (Институт археологии им. А. Х. Маргулана Республики Казахстан), было найдено несколько памятников (Инкар-кала, Карабас, Сенгир-кала 2, и др.), связанных с чирикратской культурой [8, с. 216 – 217].

#### **Поселение Чирик-рабат**

Памятник расположен в 300 км к юго-западу от города Кызыл-Орда, на левом берегу сухого русла Жанадарьи. Городище занимает всю площадь естественного холма размером 850 x 600 м вытянутой с севера на юг. Городище укреплено мощной фортификационной системой. У основания холма вырыт ров шириной до 40 м, глубиной до 4,5 м из выкидов рва сооружен мощный внешний вал. Сохранившаяся высота его в настоящее время до 3 м. Ров опоясан валом с внутренней стороны. Кроме того, самая верхняя часть холма окружена третьим валом.

Надо отметить, что городище обживалось несколько раз. Самой древней его частью является северная - более высокая часть холма, где расположены два крупных кургана и три кольцевидные сооружения с высокими стенами. Кроме того, в этой части пространство между курганами, как выяснилось в 2014 году, было заполнено прямоугольными и овальными в плане могильными сооружениями. Таким образом, первоначально на высокой части холма находился могильник. Возможно, одновременно в южной части холма возникли временные жилые постройки, окруженные прямоугольным оборонительным валом. В это время на внешнем вале строится новая мощная глинобитная стена, высотой до 4 м, шириной до 4,5 м с стрелковой галереей шириной до 1,8 м. Она усилена башнями прямоугольной и овальной формы, которые выступали за стены на 6 м и сообщались изнутри со стрелковой галереей. Крепостная стена и башни имеют стреловидные бойницы. Вход в крепость визуальное прослеживается в трех местах: в западной стене, на

южной стене и в северо-восточной стене памятника в виде Г – образной предвратным лабиринтом.

В 2004 году на новой стадии исследования античных поселений Приаралья основным объектом изучения стало городище Чирик-рабат. Раскопки были заложены в северной части городища, внутри площади третьей оборонительной стены, между царскими курганами [6, с. 249 – 251].

В настоящее время трудно объяснить причину возведения валов вокруг погребальных памятников. Однако нужно учесть, что в окрестностях Чирик-рабат имеются валообразные оградки, расположенные на погребальных комплексах Сенгир-там и Тагискен. На могильнике Сенгир-там нами прослежено шесть оградок, на Тагискене – две. Оградки в большинстве случаев имели меридиональное направление. Около оградок расположены цепочки курганов. Проведенные нами исследования показали, что настоящие время можно поставить под сомнение утверждение о том, что городище Чирик-рабат является жилым поселением. Во всяком случае, никаких жилых помещений или капитальных построек из сырца на памятнике не обнаружено. Надо полагать, что городище использовалось как место захоронения знати и вождей племен, населявших окрестности.

#### **Поселение Бабиш-мулла**

Оно расположено между двумя боковыми руслами Жанадарьи, в 40 км к ССВ от Чирик-рабат.

Впервые развалины Бабиш-муллы обследовались авиаразведывательным отрядом экспедиции в 1946 г. [14, с. 57]. Тогда же были нанесены на карту большое городище Бабиш-мола 1 и отдельно стоящее здание – Бабиш-мола 2, снят план крепости и собран подъемный материал. Дополнительное обследование Бабиш-муллы было осуществлено в 1948, 1949 и 1957 гг.

При детальном обследовании в прошлом веке и нами в 2004 году всей территории оазиса, было обнаружено несколько неукрепленных поселений, вытянутых вдоль оросительного канала, западнее Бабиш – мулла 1 и 2, соединяющего боковые русла Жанадарьи.

Центром всего исследованного комплекса было городище Бабиш-мола 1, большая крепость неправильных очертаний, обнесенная мощной, возведенной на пахсовом цоколе стеной (толщиной 5,3 м) из сырцового кирпича. Внешняя стена защищена полукруглыми башнями; по внутреннему периметру прослеживается застройка городища. В северной части его расположена квадратная цитадель (100 x 100 м), обнесенная стеной с башнями со стреловидными бойницами.

При раскопках обнаружено, что крепость имеет несколько строительных периодов, не выходящих, однако, за хронологические пределы IV – II вв. до н. э. Анализ керамики из раскопок позволяет говорить о принадлежности всех трех горизонтов к одному историческому периоду.

На городище, кроме керамики, найдены трехгранные бронзовые наконечники стрел скифского времени, V – IV вв. до н. э., многочисленные обломки грубых орудий и терок из кварцита, биконическая бусина

из синего прозрачного стекла [13, с. 154 – 165, рис. 87, 89].

**Укрепленные усадьба Баланды** находится в 40 км к юго-востоку от поселения Чирик-рабат. Комплекс Баланды включает три памятника: крепость (Баланды 1) с прилегающим к ней сельским поселением и два погребальных сооружения (Баланды 2 и 3).

В 1960 – 1961 гг. были проведены рекогносцировочные раскопки городища Баланды. В результате, было установлено, что это большой укрепленный дом, в жилом комплексе которого вскрыто несколько парадных помещений, украшенных цветной штукатуркой. Находки позволили С. П. Толстову датировать памятник III – II вв. до н. э. Однако проведенные нами исследования не подтвердили эту точку зрения. Исследования были проведены в 2007 году, после более чем сорокалетнего перерыва [5, с. 230 – 234]. С целью выяснения стратиграфии и планировок оборонительных стен, было заложено два раскопа в юго-восточной и в юго-западной частях памятника. Никаких жилых помещений или капитальных построек из сырца в ходе раскопок не было обнаружено. Надо полагать, что это была хорошо укрепленная усадьба с обширным двором. Центральное здание располагалось в северо-западной части. Такая укрепленная усадьба была центром рассредоточенных в округе поселений. Она могла выполнять функции общинного хранилища и, при необходимости, крепости, убежища. Следует заметить, что подобная структура поселения находит прямые параллели в раннеантичном Хорезме, где небольшие неукрепленные усадьбы группировались вокруг крепости [11, с. 250].

#### **Укрепленная усадьба Инкар-кала**

Она является центром небольшого земледельческого оазиса, который располагался на магистральном канале, ответвлявшемся от русла Жанадарьи в окрестностях Ак-кыр. Оно было открыто в 2006 году маршрутной группой Чирикратской археологической экспедиции [8, с. 216 – 217]. В 2011 году начаты стационарные археологические исследования [10, с. 196 – 198]. Поселение составляют несколько больших домов; из них лучше всего сохранилось прямоугольное сооружение на левом берегу канала. Останцы его стен имеют высоту 2,2 м, площадь развалин 50 х 30 м. Башни и бойницы отсутствуют. Вход в крепость визуально прослеживается в двух местах: в северо-западной стене памятника в виде промоины, и в юго-восточной стене, где вход перекрывала выступающая фланкирующая стена, длиной 9 м. На поверхности городища зафиксированы обильные россыпи керамики в переотложенном виде, причем керамический комплекс Инкар-калы идентичен чирикратскому.

С целью выяснения стратиграфической ситуации и выявления планировки был заложен раскоп в северо-западной части памятника.

В ходе раскопок объекта обнаружено, что полы постройки часто подновлялись и культурным слой весьма бедным был. Все это производит впечатление

временного использования здания и позволяет предполагать, в качестве одного из возможных объяснений, что перед нами дом-убежище с обширным двором.

**Укрепленная усадьба Сенгир-кала** расположена в урочище Баланды, в 7 км к юго-западу от Баланды 1. Рекогносцировочные раскопы велись на объекте в 1972 году. Во время раскопок вскрыто несколько жилых и хозяйственных помещений, центром являлся большой дом-усадьба, почти квадратный в плане 32 х 31,5 м., ориентированный углами по сторонам света. Высота сохранившихся стен местами достигает 4 м. Вокруг центрального помещения или двора (15 х 18 м) по внутреннему периметру стен дома расположены помещения. Материалы раскопок позволяют относить усадьбу к наиболее позднему, третьему этапу существования чирикратской культуры [2, с. 31].

Наиболее интересными из выявленных градостроительных памятников чирикратской культуры являются пограничные крепости и крепости-казармы для гарнизона – Кабыл, Алыб, Чирик 3 и Карабас.

**Крепость Кабыл** расположена в 350 км к ЗЮЗ от г. Кызылорда, в 45 км к северу от городища Чирик-рабат, за полосой пустынных песчаных гряд. Крепость была выявлена впервые и частично обследована в 1957 г. [2]. В 2006 г. Ж. Курманкуловым было проведено новое обследование [8, с. 219].

Крепость расположена на краю восточной границы оазиса. Посреди долины проходит широкая ложбина, некогда заполненная водой, вытекающей из Жанадарьи. Заметно, что местами ложбинка была углублена вручную и превратилась в русло канала. По сторонам русла видно, как были расположены посевные поля. Были расположены в один или в два ряда дома земледельцев, следы которых сейчас видны по россыпям керамики, остаткам строительных материалов и обломков каменных орудий. В плане крепость представляет собой трапециевидный прямоугольник. Длина стен: северо-восточной и северо-западной 58 м, юго-западной 56,5 м, юго-восточной 52 м. Высота стен 4 – 5 м., толщина около 1,5 м. Стена снабжена двумя рядами стреловидных бойниц, расположенных в шахматном порядке. Расстояние между бойницами равно – 2 м, башни отсутствуют. Въезд фланкирован двумя сильно выступающими предвратными башнями. Внутри памятника следы застройки не обнаружены.

По подъемному материалу памятник относится к чирикратской культуре (IV – II вв. до н. э.). По внешнему облику крепость в определенной степени близка античной хорезмийской крепости Джанбас-кала (IV в. до н. э.) [15, с. 16].

**Крепость Алыб** расположена на северной периферии чирикратского оазиса, на небольшом возвышении, которое окружено со всех сторон сухими руслами древних дельтовых протоков Кувандарьи. Памятник представляет собой почти квадратную крепость (57 х 57 х 56 х 54 м) с закругленными углами,

огражденную стенами с хорошо сохранившимися на высоту до 6 м. Стена сложена из сырцового кирпича. Стены с оборонительным коридором (шириной 2,6 м), но без башен, со множеством стреловидных бойниц на двух уровнях. Расстояние между бойницами 2 м, высота бойниц – 1 м. Въезд в крепость расположен в середине южной стены (1,3 м). Внутри памятника не удалось зафиксировать никаких следов застройки.

Подобные стреловидные бойницы и строительные приемы довольно широко известны в памятниках античного времени среднеазиатских земледельческих оазисов, а ближайшие аналоги мы находим в постройках в бассейне Жанадарьи, прежде всего, в таких подквадратных в плане крепостях без башен, как крепость Кабул-кала и др. [2, с. 31; 7, с. 220].

**Крепость Чирик 3** определена нами как крепость-казарма для гарнизона, оно расположена в 600 м к западу от Чирик-рабата, на правом берегу Жанадарьи. В плане строение прямоугольные (108 x 122 м) с закругленными углами. Сохранилась стена высотой около 1,5 м, шириной чуть более 3-х м. Бойницы начинаются на высоте 1,2 м над уровнем основания стены. Бойницы расположены в один ряд, расстояние между ними – 2 м. Внутри пространства, окруженного крепостной стеной, есть следы застройки помещений. Полученные в ходе раскопок материалы позволили отнести крепость к чирикратскому культурному типу [2, с. 22 – 23].

**Крепость Карабас** – укрепленное сооружение, оно расположено в 9,5 км к западу от городища Чирик-рабат, вдоль правобережья Жанадарьи. Оно было открыто в 2006 г. маршрутной группой Чирикратской археологической экспедиции [12, с. 226]. Крепость в плане трапецевидная, длиной с восточной стороны 130 м, западной – 105 м, северной и южной – 40 м. Толщина стен 2 – 2,5 м, сохранившаяся высота 1,5 – 2 м. Есть башни. Одна из сохранившихся башен четырехугольная, расположена в юго-западном углу – 10 x 10 м. Внутри крепости в юго-восточном углу имеется сооружение площадью 20 x 10 м. Вход на городище находится в западной крепостной стене.

В 2014 года начаты стационарные археологические исследования [9, с. 196 – 198]. В ходе раскопок объекта зафиксировано четырехугольное в плане помещение. Так как помещение было сооружено в углу крепости, постройки весьма бедным был культурным слой.

На раскопке собраны находки, которые имеют аналогии в материалах чирикратской культуры. Можно предположить, что сооружение было военной крепостью и играло роль форпоста.

### Заключение

Подводя итог краткому обзору памятников I тыс. до нашей эры по памятникам Восточного Приаралья можно резюмировать следующее: сложение урбанистической культуры происходило под влиянием среднеазиатских государств, а роль ретранслятора выполняла оседло-земледельческая цивилизация древнего

Хорезма и Бактрии, возникшая на грани VII – VI вв. до н. э.

Среди поселений выделяется городище Бабиш-мулла. Урбанистические черты, которые выражены как в правильной квадратной планировке очерченного оборонительной стеной городища с мощным превратным донжоном, так и во внутренней сложной постройке, так называемом Большом доме. Можно предположить, что это был административный центр значительной территории Восточного Приаралья.

Укрепленные поселения, типа Баланды, Инкаркала, Сенгир-кала могли выполнять функции общинного хранилища и, при необходимости, крепости убежища. Следует заметить, что подобная структура поселения находит прямые параллели в раннеантичном Хорезме, где небольшие неукрепленные усадьбы группировались, как правило, вокруг крепости, служившей одновременно и общественным хранилищем, и убежищем на случай опасности.

Сооружения Чирик 3, Карабас, расположенные на правобережье Жанадарьи, приводит к мысли, что они несли функцию крепостей-казарм для гарнизона. Интересно, что они располагались рядом с крупным поселением Чирик-рабат, являвшимся одним из центров оазиса.

Крепости Алыб и Кабыл как пограничные крепости, скорее всего, охраняли крупные поселения Чирик-рабат, Бабиш-мулла и всю северную периферию чирикратского и бабишмуллинского оазисов.

Особняком стоит городище Чирик-рабат с сакским могильником. Для нас интересен вопрос о сопоставлении сакского могильника Чирик-Рабат с геросом времен Геродота. В письменных источниках имеется указание на местоположение раннескифских (сакских) некрополей в отдаленной, труднодоступной, скрытой от посторонних глаз местности. Можно предположить, что по некоторым параметрам городище Чирик-рабат похоже на священное, сакральное место погребения.

Так, согласно древнеиранской традиции, зафиксированной М. Бойс, священное место, на котором совершались религиозные ритуалы (позднее называвшееся зороастрийцами «пави», то есть «чистое место»), устраивалось довольно просто, что соответствовало жизни полукочевого народа. Оно представляло собой ровный участок земли, у иранцев – прямоугольник, который отмечался проведенными с молитвой бороздами (во избежание воздействий всяких злых сил). Чтобы отметить священное место, очерченную территорию опрыскивали чистой водой и еще раз освящали молитвами. Жрец сидел перед огнем, помещавшимся в небольшом сосуде, скрестив ноги, на земле. Очевидно, эти действия и «защитные ограды из земли и камней вокруг ней погребений (курганов) были характерны» и на других территориях скифо-сакского мира, например, в горном Алтае вокруг курганов с вечной мерзлотой в урочищах Башадар и Пазырык. Все эти черты являются характерными и для современного зороастрийского ритуала, а параллели им есть в обиходе брахманизма [1].

**Литература**

1. Бойс М. Зороастрийцы: верования и обычай. М., 1989.
2. Вайнберг Б. И., Левина Л. М. Чирикратская культура в низовьях Сырдарьи. М., 1993.
3. Итина М. А., Яблонский Л. Т. Мавзолеи Северного Тагискена. Поздний бронзовый век Нижней Сырдарьи. М., 2001.
4. Итина М. А. Ранние саки Приаралья – Степная полоса азиатской части СССР в скифо-сарматское время (Серия: Археология СССР). М., 1992.
5. Курманкулов Ж., Болелов С. Б., Утубаев Ж., Дарменов Р., Торежанова Н. Исследования укрепленной усадьбы Баланды I в 2007 г. // Отчет об археологических исследованиях по Государственной программе «Культурное наследие» в 2007 г. А., 2008.
6. Курманкулов Ж., Жетибаев Ж., Утубаев Ж., Байтилей Д., Искаков А. Археологические исследования памятника Чирик-рабате и прилегающих районов // Отчет об археологических исследованиях по Государственной программе «Культурное наследие» в 2005 г. А., 2005.
7. Курманкулов Ж. К., Тажекеев А. А. Городище Алыбкорганы // Свод памятников истории и культуры Республики Казахстан. Кызылординская область. Алматы, 2007.
8. Курманкулов Ж., Тажекеев А. А., Кзылбаев Т., Абдикаликов Ш. М. Отчет о разведке на территории Кызылординской области по своду памятников 2006 г. // Отчет об археологических исследованиях по Государственной программе «Культурное наследие» в 2006 г. А., 2007.
9. Курманкулов Ж., Тажекеев А. А., Утубаев Ж. Қарабас-қала бекінісіндегі 2014 жылғы археологиялық қазба жұмыстары // Материалы IV Международной конференций «Кадырбаевский чтения – 2014». А., 2014.
10. Курманкулов Ж., Утубаев Ж., Дарменов Р. Исследования укрепленной усадьбы Инкар-кала Чирикратского комплекса // Маргулановские чтения-2012: материалы ежегодной научно-практической конференции. А., 2012.
11. Неразик Е. Е. Сельское жилище в Хорезме (I – XIV вв.). ТХАЭЭ. Т. IX. М.: Наука, 1976.
12. Тажекеев А. А. Городище Карабас // Свод памятников истории и культуры Республики Казахстан. Кызылординская область. А., 2007.
13. Толстов С. П. По древним дельтам Окса и Яксарта. М., 1962.
14. Толстов С. П. По следам древнехорезмийской цивилизации. М., 1948.
15. Толстов С. П., Воробьева М. Г., Рапопорт Ю. А. Работы Хорезмской археолого-этнографической экспедиции в 1957 г. // МХЭ. Вып. 4. М., 1960.

**Информация об авторах:**

**Мартынов Анатолий Иванович** – доктор исторических наук, профессор кафедры археологии факультета истории и международных отношений КемГУ, [prof\\_martynov@mail.ru](mailto:prof_martynov@mail.ru).

**Anatoly I. Martynov** – Doctor of History, Professor at the Department of Archaeology, Kemerovo State University.

**Утубаев Жанболат Раймкулович** – научный сотрудник Институт археологии им. А. Х. Маргулана, аспирант кафедры археологии КемГУ, [utubaev\\_z@mail.ru](mailto:utubaev_z@mail.ru).

**Zhanbolat R. Utubayev** – post-graduate student at the Department of Archaeology, Kemerovo State University; Research Associate at the Margulan Institute of Archaeology.

(Научный руководитель – А. И. Мартынов).

*Статья поступила в редколлегию 10.03.2015 г.*

УДК 94(575+571)''1918/1920''

# БУХАРСКИЙ ЭМИРАТ, ХИВИНСКОЕ ХАНСТВО И УРЯНХАЙСКИЙ КРАЙ В ПОЛИТИКЕ КОЛЧАКОВСКОГО ПРАВИТЕЛЬСТВА

Н. И. Наумова

## THE KHANATE OF BUKHARA, KHIVA AND URYANKHAY KRAY IN KOLCHAK'S GOVERNMENT POLICY

N. I. Naumova

*Работа выполнена в рамках работ по проекту «Человек в меняющемся мире. Проблемы идентичности и социальной адаптации в истории и современности» (грант Правительства РФ П 220 № 14. В25.31.0009).*

Сохранение территориального и государственного единства было одним из приоритетных направлений в политике колчаковского правительства. Это проявилось в действиях по отношению к протекторатам России, Хиве, Бухаре и Туве (Урянхайскому краю). Подобную задачу было трудно реализовать из-за сложных внешних обстоятельств. Эти территории располагались в стратегически важных регионах, где сталкивались интересы Англии, Китая, Монголии, а также были сферы борьбы между Советским государством и российскими антибольшевистскими образованиями. Колчаковское правительство стремилось сохранить покровительство и прежние договорные отношения, заключенные до 1917 г. Связь с Бухарой и Хивой как союзниками в борьбе с большевиками получили особое значение осенью 1919 г., когда от них потребовалась дополнительная военная помощь. В Хиву были отправлены военная миссия и обращения к хану Хивинскому и эмиру Бухарскому. В грамотах Колчак определил цели своего правительства: борьба с большевизмом, восстановление мира и спокойствия, право народам Российского государства свободно определить «свою жизнь через посредство Учредительного собрания». В отношении Урянхайского края колчаковская власть попыталась найти новые механизмы укрепления его связей с государственным пространством России. Элементы самоуправления урянхов сохранились для завоевания их доверия, но под контролем омской власти. Усилить воздействие должен был главный лама Урянхайского края, сторонник союза с Россией (но не с Китаем и Монголией). Власть сделала его самостоятельной фигурой, независимой от ламаистского духовенства в других государствах. Все эти меры в условиях Гражданской войны не смогли обеспечить целостность России. Препятствием служили стратегия белогвардейцев по сохранению единой и неделимой России без гарантий изменения статуса национальных территорий и рост борьбы за национальный суверенитет в новых условиях, что проявилось в политических устремлениях протекторов.

Preserving the territorial and state unity was one of the priorities in Kolchak's government policy. That became evident in the actions toward the protectorates of Russia: Khiva, Bukhara and Tuva (Uryankhay Kray). Such a task was difficult to implement because of complicated external circumstances. Those territories were strategic localities where interests of Great Britain, China and Mongolia competed, and where the spheres of struggle between the Soviet State and the Russian antibolshevik units were present. Kolchak's government strove to keep the protectorship and the pre-existing treaty obligations concluded before 1917. The relations with Bukhara and Khiva as antibolshevik struggle allies assumed particular significance in the autumn of 1919, when their additional military assistance was demanded. The military mission was sent to Khiva along with the appeal to the chagan of Khiva and the emir of Bukhara. In the missive letters Kolchak determined the objectives of his government: struggle against Bolshevism; restoration of peace and order; the right of the Russian State's peoples to the freedom of self-determination of «their life through establishing Constituent assembly». Concerning Uryankhay Kray, Kolchak's regime tried to find new mechanisms to strengthen its ties with the state domain of Russia. The elements of the Uryankhs' self-government of were preserved for the purpose of gaining their trust. But the elections of the people's representatives had to be held under the control of Omsk authorities. The chief lama of Uryankhay Kray, the supporter of the alliance with Russia (but not with China and Mongolia), had to strengthen his influence on the Uryankhs. The regime made him a substantive figure, independent from Lamaist clergy of other countries. However, all these measures in the situation of the Civil War were not sufficient for providing Russian integrity. The White Guard's strategy to preserve the united and integral Russia without guarantees of altering the status of national territories served as an obstacle for the policy implementation. This aggravated public sentiments and lack of support for the maintenance of protectorates as part of Russia.

**Ключевые слова:** Колчак, национальная политика, Хива, Бухара, Танну-Тува.

**Keywords:** Kolchak, national policy, Khiva, Bukhara, Tannu-Tuva.

Проблема территориального и государственного единства многонациональных сообществ приобретает все больший исследовательский интерес. При этом центром внимания становится не только современная национальная политика, но и прошлая. Сохранение

единства России приобрело особую значимость в условиях смены политических режимов в 1917 – 1920 гг. Задача по сохранению единства России стала приоритетной в политике белогвардейских правительств, в том числе колчаковского. Это проявилось в



действиях по отношению к протекторатам России – Хиве, Бухаре и Туве (Урянхайскому краю). Вопрос защиты целостности России стал частью внутренней и международной политики правительства адмирала Колчака 1918 – 1919 гг. Эти территории располагались в стратегически важных регионах, где сталкивались интересы Англии, Китая, Монголии, советского государства, российских антибольшевистских правительств. События 1-й мировой войны, революций 1917 г., гражданской войны разрушили старую систему протекторатных отношений, которые оформились с Бухарским эмиратом (1868 – 1873 гг.), с Хивинским ханством (1873 г.), Тувой (1914 г.). Это означало для них потерю самостоятельности во внешней политике. Временное правительство подтвердило протекторатные отношения, одновременно пытаясь изменить внутренний деспотический режим в Бухаре и Хиве на более демократических основаниях. Для Тувы протекторат означал оформление административных границ, обеспечивал ее выделение как особой этнической территории и как отдельного субъекта международных отношений России с ее соседями – Монголией и Китаем [14, с. 53 – 54]. Временное правительство в 1917 г. заявило о сохранении протектората над Тувой. Была утверждена должность комиссара в регионе. В то же время устойчивые отношения центра с регионом не сложились.

После победы советской власти произошли изменения в их положении. В ноябре – декабре 1917 г. Совнарком Туркестанской республики объявил о признании советской властью суверенитета Бухары и Хивы. В период существования советской власти в Сибири в 1917 – 1918 гг. между ее представителями и представителями урянхов был подписан договор о самоопределении Тувы [2, с. 151 – 152].

Установление советской власти в Туркестанском крае было воспринято правительствами Бухары и Хивы настороженно. Большевицкая идеология была непонятна хану и эмиру, а политика национализации грозила лишить их имущества. На открытую конфронтацию с большевиками они не шли, оказывая только продовольственную помощь русским офицерам и казакам, воздерживаясь от открытой военной поддержки [15, с. 107 – 108]. В то же время летом 1919 г. между Джунаид-ханом и эмиром Бухарским был заключен военно-политический союз против советской власти [10, с. 271].

Бухарский эмир и Хивинский хан находились в сложной ситуации из-за внутренней нестабильности в результате действий оппозиции – младобухарцев и младохивинцев. Хивинский хан к тому же имел формальную власть, поскольку один из племенных вождей туркмен – Джунаид-хан практически захватил власть в Хиве и определял всю политику, действуя зачастую в собственных интересах, что затрудняло самостоятельные действия Хивинского хана.

Мирный договор 23 марта 1918 г. между Туркестанской советской республикой и Бухарой предусматривал независимость последней. Мирный договор 9 апреля 1919 г. между этой же республикой и Хивой признавал право Хивы на самоопределение [15, с. 124, 138]. Эти правители получили после обре-

тения независимости те полномочия, которых они были лишены – право на самостоятельную внешнюю политику. В целом множество факторов определяли их отношения с внешним миром. Перед правящими кругами Бухары и Хивы встала задача выбора собственного внешнеполитического курса. Правители этих государственных образований стремились проводить независимую политику, исходя из сложной обстановки гражданской войны [15, с. 176 – 177], балансируя между крупными противоборствующими силами – Англией, Советской Россией, антибольшевистскими правительствами. Они не отказывались от переговоров с последними. В частности, в августе 1919 г. миссия Бухарского эмира была принята генералом А. И. Деникиным [1]. В прессе белогвардейского Юга выражалась уверенность в том, что Бухара и весь Туркестан после освобождения от большевизма установят «прежнюю связь с новой Россией». Прибытие миссии приветствовалось [17].

Колчаковское правительство, как и Временное Сибирское правительство, пыталось установить связь с далекими национальными регионами, включая и те, которые в сферу действия их власти не входили. Свидетельством этого является наличие в материалах, представленных на судебном процессе над колчаковскими министрами, «Обращения Временного Сибирского правительства к эмиру бухарскому» [8, с. 324]. Сибирское правительство в начале июля 1918 г. обсуждало вопрос об отношении к Урянхайскому краю [7, с. 62]. Временное Сибирское правительство подтвердило свой протекторат над регионом [13, с. 51]. Проблема Урянхия стала предметом обсуждения министра МВД В. Н. Пепеляева с генералом С. Н. Розановым 6 июля 1919 г., а 10 июля – на Совете Верховного правителя. Была выработана одна точка зрения: «Край нельзя терять» [16, с. 55]. Поддержку у Пепеляева получил и глава урянхайского духовенства при личной встрече [16, с. 63]. В июле 1919 г. В. Н. Пепеляев инициировал в Совете Верховного правителя обсуждение положения о Семиреченской области в Туркестане, предложив «ускорить их очищение при помощи иностранцев» [4, л. 107].

Осенью 1919 г. для колчаковской власти особое значение приобрело получение дополнительной военной помощи, в том числе от Бухары и Хивы, которых белогвардейцы рассматривали как активных союзников в борьбе с большевиками, тесно связанных принадлежностью к одному государству. В сентябре 1919 г. Верховный правитель адмирал Колчак отправил со специальными посланниками личные письма эмиру бухарскому и хану хивинскому. В письме хану он определил политическое положение Хивы и выразил надежду на военную помощь. Он подтвердил, что Хива находится «под исключительным покровительством Российского государства, пользуется во внутренних своих делах той самостоятельностью и сохраняет те преимущества, кои предусмотрены договорами, заключенными» до 1 марта 1917 г. [18, с. 77]. Все соглашения Хивинского ханства с советскими властями Туркестанского края Российское правительство признало «незаконными и недействительными». В послании адмирал Колчак представил Российское

правительство, им возглавляемое, как власть, ставящую «своей священной обязанностью» восстановление мира и спокойствия в стране. И тем самым обеспечить народам российского государства «право свободно определить свое существование» через посредство Всероссийского Учредительного собрания, которое «будет создано после окончательного разгрома большевиков», куда будут «призваны представители от всех частей Российского государства и народностей, его составляющих» [18, с. 76].

В послании приветствовалась борьба с большевиками и говорилось о том, что для «оказания помощи и содействия при создании вооруженной силы в Хивинских владениях, для предстоящей борьбы с большевиками в Туркестанском крае» и формирования отрядов из туркменских и узбекских племен и «для военной подготовки Российское правительство командировует особую военную миссию в город Хиву» [18, с. 77]. Колчак заявил, что правительство признает хана Хивинского законным правителем и выразил уверенность, что «своим мудрым правлением страной» он восстановит мир и спокойствие, а произведя необходимые реформы, достигнет примирения между туркменскими и узбекскими племенами ханства [18, с. 77].

Адмирал Колчак, высоко оценивая твердость Хивинского правителя в борьбе с большевиками, его преданность «возрождающейся Великой России», выразил глубокую признательность и зачислил его генерал-майором по Оренбургскому казачьему войску [18, с. 77]. В этом Колчак следовал другому примеру. За усердную службу перед царской властью Бухарский эмир был возведен в чин генерал-лейтенанта. Он был назначен генерал-адъютантом Николая II и награжден орденом Александра Невского. 30 декабря 1915 г. Николай II издал официальный документ, в котором отмечал заслуги эмира перед властью [9, с. 28].

В обращении Верховного правителя содержалась оценка большевиков как «преступной банды изменников и предателей, незаконно присвоившей власть», которая нарушает традиции, предписания Корана и шариата. Это должно было стать, по мнению Колчака, основой для борьбы с советской властью [18, с. 76]. Адмирал Колчак от имени Российского правительства определил его задачи в Туркестанском крае после освобождения от большевистской власти – снабжение голодающего населения хлебом, материальную помощь пострадавшим от беспорядков в 1916 и 1917 гг., «улучшение народного хозяйства», развитие торговли и промышленности, содействие «распространению народного образования в Хивинском ханстве» [18, с. 77]. Архивные материалы позволяют говорить о том, что подобное по содержанию письмо было отправлено эмиру Бухарскому [5, л. 312 – 312 об., 313 – 313 об.].

Генералы Генерального штаба предлагали снабдить «глав военных миссий особыми открытыми предписаниями всем органам правительственной власти об оказании помощи и содействия членам военных миссий». Они считали необходимым дать указания, «в каком духе вести агитацию и какого курса

придерживаться во внутренних политических делах» Бухары и Хивы [5, л. 238]. Не все военные из окружения Колчака одобряли посылку такого отряда. Так, генерал А. П. Будберг протестовал против обсуждения текста этих грамот, полагая, что такие документы «присылаются особыми послами и вручаются в торжественной аудиенции, а не проносятся зашитыми под подкладку шинели или заделанными в сапоги, как то придется делать нашему полковнику, собирающемуся пробираться в Бухару со стороны Китайского Туркестана и переодетым». Он полагал, что уважающему себя правительству не следует делать того, что носит «смешной, опереточный характер». Но большинство в Совете министров было другого мнения, и текст этих грамот был утвержден [12, с. 154].

В октябре 1919 г. Верховный правитель отправил в Бухару особую миссию и послал своего представителя генерала Дитерихса в Кульджу для оказания помощи эмиру Бухарскому [9, с. 85]. В мандате, предоставленном миссии, было сказано, что в Бухару она командировается «для выполнения особых поручений секретного характера и серьезного государственного значения и для вручения грамоты эмиру Бухарскому». На делегацию возлагалась задача установления контактов с Афганистаном, Бухарой, другими областями Туркестана и всероссийским правительством, чтобы «...завязать сношения и установить тесную связь с представителями дружественных стран» и при материальной поддержке с их стороны «организовать партизанские отряды из жителей некоторых областей Туркестана для борьбы с местными большевиками» [10, с. 85]. Военная миссия в Хиве состояла из 8 офицеров и 130 казаков под командованием полковника Худякова. Она привезла несколько орудий, более 500 снарядов к ним, около 1500 винтовок, 5 пулеметов, свыше 1 млн патронов [11, с. 70].

Ситуация с Урянхайским краем как пограничным районом имела свои особенности. В период существования советской власти летом 1918 г. между ее представителями и представителями урянхов был подписан договор, в котором урянхи объявлялись «свободными от русского покровительства», получив право самостоятельного управления. Обстановка усложнялась тем, что Китай и Монголия считали Урянхай своей территорией. Китай отправлял в регион военные отряды в 1918 и 1919 гг., утверждал здесь свою администрацию. Монголы, в свою очередь, стали назначать на эту территорию своих чиновников, вводить налоги. Омские власти не смогли обеспечить безопасность границ края.

В этой ситуации колчаковскому правительству пришлось решать одновременно несколько задач: не обострять отношения с Китаем и Монголией, не прерывать протекторатные отношения, контролировать внутреннюю обстановку в крае. Главная цель власти направлена была на сохранение территории и отстаивание статуса-кво. Адмирал Колчак как «Верховный правитель Великого Российского государства» в проекте грамоты Бандидо-хамбо-ламе (глава ламаистского духовенства в Урянхiae) подтверждал незыблемость «милостивого покровительства» над краем [6, л. 350]. Договор лета 1918 г. о свободе от протекторатных

отношений Урянхай прокурор Иркутской судебной палаты квалифицировал как «отторжение части государства Российского, государственную измену», за что полагалась смертная казнь [3, л. 1; 5, с. 151 – 152].

Некоторые правительственные чиновники считали, что необходимо использовать «все возможности для охраны русских интересов», поскольку беспорядки и бесчинства здесь практически не прекращались из-за присутствия монгольских и китайских отрядов на этой территории. Но введение военного положения официальные лица не приветствовали. Колчаковское правительство полагало, что можно использовать административные и некоторые другие меры по урегулированию обстановки и увеличению вмешательства во внутреннее устройство региона. И пыталось найти новые механизмы включения края в государственное пространство России. Был изменен статус российского представителя. Комиссар края действовал теперь на правах управляющего губернией. Усинский пограничный район был объединен с Урянхайским краем в одну административную единицу. Элементы самоуправления урянхов сохранялись (для завоевания их

доверия), но под контролем омской власти при их избрании. Одновременно сюда был отправлен дополнительно военный отряд. Омская власть взяла под контроль деятельность главного ламы Урянхайского края, сторонника союза с Россией (но не Монголии и Китая), сделав его самостоятельной фигурой, независимой от ламаистского духовенства в других государствах.

Стратегия правительства Колчака по сохранению «единой неделимой России» без гарантий изменения статуса национальных территорий не могла быть реализована. Политика, направленная на сохранение протекторатных отношений с Хивой и Бухарой, оказалась неэффективной, как и попытка укрепления позиций в Урянхайском крае. Омское правительство не имело для этого необходимой полноты власти, дееспособности. Отставивание территориальной целостности России в новых условиях, когда преобладали идеи и политика сепаратизма и борьбы за национальный суверенитет, не способствовало принятию идеи общих государственных интересов.

### Литература

1. Вечернее время. Ростов н/Д. 1919. 14 авг.
2. Гидлевский К., Сафьянов Н., Трегубенков К. Минусинская коммуна. М.; Л., 1934. 296 с.
3. Государственный архив Иркутской области (ГАИО). Ф. 245. Оп. 1. Д. 1759.
4. Государственный архив Новосибирской области (ГАНО). Ф. 1200. Оп. 1. Д. 2.
5. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ). Ф. 176. Оп. 3. Д. 11.
6. (ГАРФ). 1701. Оп. 1. Д. 24а.
7. Дневник Петра Васильевича Вологодского // За спиной Колчака: документы и материалы. М., 2005.
8. Дроков С. В. Адмирал Колчак и суд истории. М., 2009. 583 с.
9. Искандаров Б. И. Бухара (1918 – 1920 гг.). Душанбе, 1970.
10. История гражданской войны в Узбекистане. Ташкент, 1964. Т. 1.
11. История гражданской войны в Узбекистане. Ташкент, 1970. Т. 2.
12. Медведев В. Нечаянная революция. Бухара. 1920 год // Дружба народов. 1992. № 1.
13. Молчанов Л. А. «Собственно руками своими мы растерзали на клочки наше государство»: к истории антибольшевистской государственности периода гражданской войны. 1918 – 1920 гг. М., 2007.
14. Москаленко Н. П. Этнополитическая история Тувы в XX в. М., 2004.
15. Пылев А. И. Политическое положение Бухарского эмирата и Хивинского ханства в 1917 – 1920 гг. Выбор путей развития. СПб., 2005.
16. Развал колчаковщины // Красный архив. 1928. Т. 6.
17. Свободная речь. Екатеринодар. 1919. 24 авг.
18. Штейнберг Л. Е. Очерки истории Туркмении. М.; Л., 1934.

### Информация об авторе:

**Наумова Наталья Ивановна** – кандидат исторических наук, доцент кафедры истории и документоведения исторического факультета Томского государственного университета, 8-913-814-46-85, [tomnin@yandex.ru](mailto:tomnin@yandex.ru).

**Natalia I. Naumova** – Candidate of History, Assistant Professor at the Department of History and Documentation, Faculty of History Tomsk State University.

*Статья поступила в редколлегию 24.02.2015 г.*

**СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЬСКИХ КАДРОВ  
В ТУВИНСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ (1944 – 1961 ГГ.)***С. С. Тулуш***THE CREATION OF THE SYSTEM OF TRAINING TEACHING STAFF  
IN TUVA AUTONOMOUS REGION (1944 – 1961)***S. S. Tulush*

В статье рассматривается начальный этап создания системы подготовки учительских кадров в Тувинской автономной области (1944 – 1961 гг.). Эмпирическую базу составили в основном документы областного отдела народного образования и учебных заведений, хранящиеся в Государственном архиве Республики Тыва.

Характерные для этого этапа трудности (слабая учебно-материальная база, недостаток кадров, отсутствие учебных планов и программ, низкая грамотность населения и др.) отражались на качестве подготовки учащихся. Всесторонняя помощь Советского Союза, профессионализм и энтузиазм советских преподавателей, активность самих студентов позволили преодолеть их. Особое внимание в статье уделено подготовке учителей для национальных школ Тувы на базе педагогического училища (с 1946 г.) и Кызылского учительского института (с 1952 г.). Материалы статьи полезны в сравнительном плане – для анализа становления системы образования в национальных автономиях РСФСР.

The paper examines the initial stage of the creation of the teacher training system in Tuva Autonomous Region (1944 – 1961). The documents of the regional department of public education and educational institutions stored in the State Archives of the Republic of Tuva form the empiric base of the paper.

The difficulties that were characteristic for that stage (weak educational facilities, lack of staff, lack of educational plans and programs, low literacy of the indigenous population etc.) had an impact on the quality of students' training. Comprehensive assistance of the Soviet Union, professionalism and enthusiasm of Soviet teachers, activity of the students themselves allowed overcoming these difficulties. In this paper particular attention is paid to the training of teachers for the national schools of Tuva on the basis of the Teacher Training College (since 1946) and Kyzyl Teachers' Institute (since 1952). The materials given in the paper are useful in comparative terms – for analysing the formation of the system of education in national autonomous regions of the RSFSR.

**Ключевые слова:** Кызыл, учительские кадры, педагогический институт, педагогическое училище, Тува, учительский институт.

**Keywords:** Kyzyl, teaching staff, Pedagogical Institute, Teacher Training College, Tuva, Teachers' Institute.

Проблема подготовки учительских кадров является одной из важных в системе образования. Роль учителя в школе трудно переоценить: от его квалификации, опыта и знаний зависит, каким будет будущее поколение. После вхождения Тувы в состав Советского Союза на правах автономной области в 1944 г. главной задачей новых органов образования стало осуществление всеобщего обучения, в связи с чем встал вопрос профессиональной подготовки учителей. Решения Тувинского обкома ВКП(б) по тем или иным вопросам социального развития становились обязательной программой культурного строительства. По мнению Н. А. Сердобова, важным фактором для осуществления всеобщего обучения стал переход аратов-животноводов на оседлость, завершившийся в 1953 г. [25, с. 60]. Особое место в становлении и развитии народного образования Тувы принадлежит специалистам, ежегодно направлявшимся из педагогических учебных заведений центральных областей. Наше внимание обращено, прежде всего, на деятельность первых учебных заведений, осуществлявших профессиональную подготовку учительских кадров в Тувинской автономной области (далее – ТАО), и трудности, с которыми им пришлось столкнуться в период становления.

Кадровый вопрос в Туве остро встал на рубеже 1920 – 1930-х гг. Подготовка специалистов тогда проходила одновременно с ликвидацией неграмотности и

формированием системы народного образования. В школах не хватало учителей, способных вести преподавание на родном тувинском языке. Первые годы учителями были лица, окончившие ликпунты, два года начальной школы или в лучшем случае однодичные курсы в Горной Алтайской области (Ойротии) [23, с. 389]. В 1934 г. при посольстве СССР в Кызыле был открыт педагогический техникум, выпускники которого позднее работали в первой тувинской средней школе и педагогическом училище.

В 1936 г. в Туве был открыт Учебный комбинат им. В. И. Ленина, где готовили специалистов разного профиля, в том числе учителей. Но слабая общеобразовательная и профессиональная база, ранняя специализация и недостаточная укомплектованность комбината кадрами послужили причинами преобразования его в 1944 г. в общеобразовательную тувинскую среднюю школу № 2. Стоит отметить, что эта школа сыграла важную роль в развитии педагогического образования, а также ориентации школьников на выбор профессии учителя [22, с. 13].

В 1944 – 1945 учебном году в области насчитывалось 21138 детей в возрасте от 8 до 17 лет, из них только 8585 обучалось в 122 школах [15, л. 8]. В них преподавали 463 учителя, более половины – из числа тувинцев (240 человек). Из общего количества учителей высшее образование имели только 9 человек, незаконченное высшее – 16, среднее педагогическое –

136, остальные не имели даже законченного среднего образования. Стаж работы до 5 лет имели 317 учителей, от 5 до 10 лет – 111, свыше 10 лет – 35 человек [19, л. 3]. В Кызыле на одного учителя приходилось 35 учеников, в Шагонаре, Чадане и Туране – 30, в селах – по 20 учеников [16, л. 3]. В помощь области Наркомпрос РСФСР в 1946 г. направил 53 учителя [18, л. 12]. Таким образом, большинство учителей школ области на тот момент имели низкий образовательный уровень, небольшой стаж работы и повышенную нагрузку.

Областной отдел народного образования (*далее – облоно*) понимал: «качество преподавания в первые годы пятилетки по тувинским школам будет оставаться еще низким, так как из 300 учителей начальных школ основная масса не имеет педагогического образования, а пополнение тувинских школ учителями первые годы намечается из оканчивающих 7-е классы» [16, л. 3]. Учителей с высшим образованием и опытом работы зачастую переводили на руководящие должности, где они занимались решением хозяйственных вопросов, нежели образовательных. Подобный принцип комплектования школ не мог не отразиться на качестве педагогического процесса и, как следствие, знаниях учащихся. Неудивителен тот факт, что школьные инспекторы в отчетах того времени указывали: «большая часть учителей не имеют элементарных знаний педагогики и методики, не умеют планировать и вести урок, не знают, как проверять тетради, как оценивать ответы и письменные работы учащихся» [14, л. 32]. Осуществление всеобщего начального обучения в области было затруднено, а учителям школ необходима более основательная профессиональная подготовка.

Не случайно в числе первых решений советских органов было срочное открытие учебного заведения в Туве. В 1945 г. постановлением Тувинского обкома ВКП(б) и облисполкома для подготовки учителей начальных классов в Кызыле было открыто педагогическое училище со школьным русским, школьным тувинским и заочным отделениями [21, с. 42]. Органы образования Тувы возлагали на него большие надежды покрыть потребность области в педагогических кадрах для начальных школ.

Первоначально училище было размещено в двух классных комнатах Кызылской средней школы № 2. В 1946 г. ему передали два деревянных здания по улице Щетинкина, позднее училище обрело свое двухэтажное здание по ул. Ленина, 2. Первый преподавательский состав насчитывал 13 специалистов, 6 из которых были с высшим образованием [9, л. 16 – 17].

В 1945 г. состоялся первый набор студентов в училище. Однако учащихся с семилетним образованием в области было очень мало, поэтому первое время приемной комиссии приходилось принимать абитуриентов с шестилетним образованием и организовывать им подготовительные курсы. Помимо этого, первое время приходилось принимать лиц, не выдержавших вступительные экзамены, что привело к большому отсеву по неуспеваемости. Данный факт был также отражен в одном из пунктов резолюции Первого Всесоюзного совещания педагогических

училищ, проходившего 20 – 23 ноября 1946 г. в Москве [9, л. 1]. Поэтому в дальнейшем подобная практика была прекращена.

В марте 1946 г. вышло распоряжение Комитета по делам высшей школы при Совете Министров СССР о зачислении лиц, окончивших 10 классов средней школы, без вступительных экзаменов. С этого момента при педагогических училищах создавались особые группы с одногодичным сроком обучения, занимавшиеся по учебному плану для 11-х педагогических классов средней школы. По окончанию училища выдавался аттестат, присваивавший звание учителя начальной школы. Выпускники 8 – 9-х классов, как и прежде, поступали на общих основаниях со сдачей вступительных экзаменов [8, л. 93]. В Туве объявлять набор учащихся с десятилетним образованием, по известным причинам было еще рано.

В 1947 – 1948 учебном году согласно постановлению Совета Министров РСФСР Кызылское педагогическое училище перешло на четырехлетний срок обучения [8, л. 101]. Первый набор студентов было решено учить три года, поэтому в 1948 г. дипломы получили 31 человек очного отделения и 22 – заочного. Выпускники училища были распределены на работу в начальные классы семилетних и средних школ, лучшие из них направлялись в качестве преподавателей родного языка, географии, истории, переводчиков в 5 – 7-х классах [24, л. 73 – 74]. Успешное школьное строительство и подготовка педагогических кадров позволили облисполкому принять решение о всеобщем начальном обучении в 1949 г. в 15 (из 16) районах области [25, с. 68 – 69].

Учебная работа в училище осуществлялась по программам нерусских педагогических училищ Министерства просвещения РСФСР и включала в себя двадцать дисциплин с методикой преподавания, в том числе родной язык и литературу [10, л. 7 – 8]. Педагогическая практика студентов училища проходила в школах № 7 и 2 г. Кызыла [11, л. 5]. В 1958 г. встал вопрос о проведении практики в ближайших от города сельских школах, поскольку количество тувинских групп стало в два раза больше, чем начальных классов Кызылской средней школы № 2 [12, л. 14], но этот вопрос так и не был решен из-за отсутствия транспорта у училища.

Успеваемость студентов педагогического училища с каждым годом повышалась: в 1947 г. она составляла 81 % [9, л. 27], в 1955 – 92,5 % [11, л. 1], 1959 г. – 93,2 % [12, л. 1]. Однако на качестве знаний учащихся негативно отражались загруженность студентов учебными планами и программами (36 часов в неделю), отсутствие читального зала и учебников на тувинском языке. При этом обязательными являлись занятия по музыке и хоровому пению, педагогической практике, а также кружки и спортивные секции.

Участие студентов в первые месяцы учебного года в сельскохозяйственных работах также отрицательно сказывалось на качестве знаний: первый семестр сокращался, а занятия затем шли ускоренными темпами. Педагогическая практика студентов четвертого курса «Первые дни ребенка в школе», приходившаяся на этот период, и вовсе отпадала, о чем руководство училища неоднократно сообщало в облоно

и просило «без крайней необходимости выпускников не привлекать» [12, л. 10].

Трудными были материально-бытовые условия студентов. Для стимулирования учебы и предотвращения отсева многие из них были освобождены от оплаты за обучение, а учащиеся тувинского отделения переведены на полное государственное обеспечение [17, л. 35]. Однако общежитие училища было переполнено, в нем не хватало мебели. Например, в 1955 г. на 80 мест в интернате приходилось 203 человека, многие размещались по два человека на место [11, л. 1]. Самостоятельной работой зачастую им приходилось заниматься стоя в коридорах учебного корпуса или в спальнях комнатах [12, л. 10].

В 1958 – 1959 учебном году был произведен первый набор учащихся на базе десятилетнего образования. Планировалось принять 90 человек на тувинское отделение, но было зачислено всего 82 человека, из них только 52 составляли тувинцы. Причина недобора была проста: выпуск десятиклассников тувинских школ области был незначительным, и они стремились поступать в вузы. Во время приемных экзаменов при беседе о выборе профессии многие так и заявляли: «...неинтересно после десятилетки учиться еще три года, а получить диплом за среднее учебное заведение, хотя и специальное» [12, л. 7].

Учителя, работающие в школах, но не имеющие педагогического образования, поступали на заочное отделение. Консультационные пункты училища были организованы в городах Кызыл, Чадан, Шагонар, а также селах Самагалтай и Кызыл-Мажалык. В них съезжались учащиеся заочного отделения из близлежащих районов для прохождения сессии. К 1960 г. все пункты, за исключением Кызылского, были закрыты [13, л. 77] в связи с малочисленностью студентов.

За подготовкой учителей к сессии обязывали следить руководителей школ, районные и городские отделы народного образования (*далее – рай/гороно*), заставляя их освобождать от работы учителей в вечернее время. Но главными проблемами заочного отделения можно было считать неявку студентов на сессию и низкую успеваемость. Так, например, в 1954 – 1955 учебном году из 510 студентов только 230 выполнили учебный план, 90 – получили дипломы [11, л. 1]. В 1958 – 1959 учебном году из 417 вызванных студентов явилось только 270 человек, из них только 117 успешно сдали экзамены, 86 выпускников получили дипломы. Причиной низкой успеваемости, по мнению руководства училища, было то, что «они не работали между сессиями» [11, л. 6]. Сказывалось и то, что в училище не было методиста для систематической работы со студентами-заочниками, не хватало учебной и методической литературы, не всегда вовремя удавалось отправлять необходимую документацию перед экзаменационными сессиями в консультпункты.

В 1950 г. решением облисполкома закон об обязательном семилетнем обучении детей школьного возраста был введен на территории всей Тувы [17, л. 6]. Необходимостью стала профессиональная подготовка учителей-предметников. Поэтому распоряжением Совета Министров СССР было решено открыть с 1 сентября 1952 г. Кызылский учительский институт

(*далее – КУИ*) с отделениями языка и литературы и физико-математическим. Первоначально институт был размещен на верхнем этаже педагогического училища, под общежитие были временно переданы три классные комнаты Кызылской средней школы № 2.

Научно-педагогический состав института был сформирован из преподавателей-специалистов, прибывших по направлению, а также местных кадров. Были организованы четыре кафедры: педагогики и психологии, основ марксизма-ленинизма, физики и математики, литературы и языка [1, л. 1 – 5]. Первым ректором КУИ, а затем Кызылского государственного педагогического института (*далее – КГПИ*), был назначен кандидат исторических наук, доцент А. А. Семенов. Под его руководством на этапе становления института коллективом проводилась большая организаторская и научная работа, решались проблемы создания и улучшения материальной и учебно-методической базы, пополнения коллектива кадрами [22, с. 43].

Для комплектования первого курса института была проведена большая разъяснительная работа для выпускников школ. Еще в мае 1952 г. во все районы, райкомы ВЛКСМ и школы, областные газеты и на радио были разосланы объявления о наборе студентов в КУИ. Беседы с выпускниками проводили директора школ. В итоге в институт было подано 140 заявлений абитуриентов, из них только 14 человек являлись выпускниками 1952 г.

Вступительные испытания прошли 100 человек, из них 28 – коренной национальности. На физико-математическое отделение поступило 48 абитуриентов, 25 – на отделение тувинского языка и литературы, 27 – на отделение русского языка и литературы. Успеваемость студентов за первый учебный год составила 94,8 % [1, л. 10 – 13]. Первая педагогическая практика студентов учительского института началась в 1953 – 1954 учебном году в школах г. Кызыла: русских средних школах № 1, 3, 7, тувинской средней школе № 2, русской семилетней школе № 9 [2, л. 30]. В 1954 г. состоялся первый выпуск учителей: дипломы получили 98 человек, 50 – коренной национальности, еще через год – 136 выпускников [2, л. 2].

Однако руководство области понимало, что осуществление всеобщего среднего обучения будет ежегодно требовать пополнения учителей старших классов с высшим педагогическим образованием. Поэтому по ходатайству партийных и советских органов Тувы в 1956 г. на базе КУИ был открыт Кызылский государственный педагогический институт с пятилетним курсом обучения. В 1958 – 1959 учебном году состоялся последний выпуск студентов учительского института при КГПИ. Всего за годы своего существования учительский институт подготовил 671 учителя русского языка и литературы, тувинского языка и литературы, физики и математики, ряд выпускников получили дополнительную специальность по физическому воспитанию [3, л. 2].

Педагогический институт осуществлял подготовку студентов на физико-математическом и историко-филологическом факультетах. Подготовка учителей для тувинских школ по специальностям «география и

биология» проходила в Красноярском педагогическом институте. Также при КГПИ функционировали десятимесячные курсы, где тувинские учителя проходили подготовку для преподавания русского языка [3, л. 2].

Первое время институт размещался в здании педагогического училища, лаборатории были оборудованы минимумом оборудования, не было читального и спортивного залов. Группа студентов 1 – 2-х курсов в составе 20 человек участвовала в ускоренном строительстве общежитий института. В течение месяца были построены три помещения, в которых поселили 100 студентов и начали строительство еще двух домов. К 1957 г. в общежития было заселено 180 человек. Строительство учебного корпуса намечалось на 1959 г. [3, л. 3].

Первый набор студентов КГПИ включал в себя 109 человек, из них 66 тувинцев. На специальности «физика и математика» обучалось 64 человека, «родной язык, литература и история» – 25, «родной язык, русский язык и литература» – 20. На 2-м курсе КУИ обучалось 96 человек, из них 38 коренной национальности. По итогам 1956 – 1957 учебного года из 205 студентов 189 выдержали все экзамены. Педагогическая практика проходила в школах города. На заочном отделении в 1957 г. обучалось 469 человек [3, л. 14 – 15].

Однако, несмотря на то, что учебные планы в основном выполнялись, профессиональная подготовка студентов физико-математического факультета и отделения русского языка и литературы оставалась слабой. Учащиеся отделения филологии плохо владели русским языком, при проверках отмечалась низкая грамотность. Так, в 1957 г. при проведении несложного диктанта 3 из 23 студентов получили неудовлетворительные оценки, 12 – удовлетворительные и только 8 написали диктант с оценкой «хорошо». Ни один из 24 первокурсников физико-математического факультета не ответил на все вопросы контрольной работы из пройденной программы [4, л. 2 – 3].

На качестве знаний сказывались неукомплектованность библиотеки, методических кабинетов, мастерских и лабораторий. Совершенно отсутствовали программы по тувинскому языку и литературе, русскому языку и литературе для отделения тувинского языка и литературы, сравнительной грамматике тувинского и русского языков. С 1959 г. в составе кафедры русского языка и литературы стала действовать секция тувинской филологии. Здесь велась серьезная работа по разработке программ и учебных пособий по тувинской филологии и специальной методике [22, с. 41]. Большую роль сыграли первые ученые-языковеды, преподаватели института А. Ч. Кунаа, К. Х. Оргу, Е. Б. Салзынмаа, Ш. Ч. Сат.

В декабре 1958 г. сессией Верховного Совета был принят закон «Об укреплении связи школы с жизнью и о дальнейшем развитии народного образования в СССР», закрепивший основы политехнизма. Главной задачей среднего образования теперь было преодоление отрыва школы от жизни. В области началась реорганизация семилетних и десятилетних школ в восьмилетние и одиннадцатилетние трудовые школы с производственным обучением. В связи с принятием закона резко возросла потребность области в учитель-

ских кадрах, в частности учителей физики, математики и русского языка [7, л. 2].

С 1960 – 1961 учебного года в соответствии с требованием закона о реформе системы народного образования подготовка студентов к внеклассной и предметной работе осуществлялась в школе. В частности, из института в школу было перенесено преподавание методики и истории Конституции. Студенты на месте знакомились с работой учителей историков школ № 2 и 7, учились составлять планы и конспекты уроков, сами давали пробные уроки и внеклассные мероприятия [6, л. 19].

В 1961 г. состоялся первый выпуск из педагогического института: дипломы получили 84 человека, 70 % из них составляли студенты коренной национальности. Все они были распределены по школам области, 15 выпускников направлены на руководящую работу. Всего в институте обучалось 495 студентов, из них 367 – из районов области, 107 – из Кызыла, 21 – из городов и областей советских республик. Педагогическая практика проводилась не только в городских школах, но и в районах [6, л. 3 – 5].

Штат преподавателей института насчитывал 45 преподавателей и 4 совместителя, среди которых было 6 кандидатов наук. Благодаря практике предоставления творческих отпусков преподавателям, улучшилась научно-исследовательская работа кафедр. С каждым годом увеличивалось количество учебной и методической литературы для тувинских школ, авторами которых являлись преподаватели института. В 1960 – 1961 учебном году вышел в свет первый выпуск научных трудов КГПИ «Ученые записки» и книга К. Х. Оргу «Тувинский язык», подготовлены к изданию «Русский язык для 3-го класса тувинских школ» Е. И. Коптевой и «Элементы автоматики в курсе физики и электротехники» С. А. Хорошавина [3, л. 11]. В следующем учебном году преподавателями института были подготовлены к изданию 8 наименований учебников для национальных школ Тувы [7, л. 14].

В 1960 г. Исполнительным комитетом Областного Совета депутатов трудящихся ТАО было принято решение об обеспечении преподавания всех предметов, в том числе русского языка в 1-х классах школ учителями коренной национальности [20, л. 41]. Органами образования планировалось, что факультет педагогики и методики начального обучения КГПИ будет полностью удовлетворять потребность в учителях начальных классов. Поэтому в 1961 г. приказом Министерства просвещения РСФСР Кызылское педагогическое училище было закрыто. В 1962 – 1963 учебном году последние 32 выпускника училища получили дипломы при Кызылском педагогическом институте. Всего за годы существования училища было выпущено 757 человек, из них 404 – тувинцев, 715 – по программе очного обучения. Но уже через год нехватка учителей в области стала ощутимой, и в 1963 г. деятельность учебного заведения была восстановлена [5, л. 4].

Итак, в 1960 г. всего в школах области работало 3096 учителей, из них с высшим образованием – 487, незаконченным высшим – 694, со средним педагогическим – 1212, общим средним – 501, незаконченным



средним – 202 [5, л. 4]. В целом количество учительских кадров к концу исследуемого периода значительно выросло, в том числе благодаря открытию первых учебных заведений. Несмотря на форсированные темпы культурного строительства в области, не способствовавшие улучшению качественных показателей, училище и институт по мере возможностей старались решать поставленные перед ними задачи. Учебным заведениям приходилось преодолевать такие трудности, как недостаток учебно-материальной базы, неуккомплектованность научно-педагогическими кадрами, отсутствие учебных планов и программ по некоторым предметам, борьба с отсевом и неуспеваемостью учащихся. Несомненно, большую роль сыграл

Советский Союз, оказывая финансовую и кадровую помощь для Тувы.

В дальнейшем деятельность института и училища только расширялась: строились новые здания корпусов и общежитий, открывались новые отделения и факультеты, увеличивались планы приема студентов и улучшался научно-педагогический состав. Однако перед областью стояла задача осуществления восьмилетнего, а затем всеобщего среднего обучения, что требовало наличия еще большего количества учителей с высшим образованием, поэтому подготовка учительских кадров оставалась приоритетной задачей органов образования и в последующие годы.

### Литература

1. Государственный архив Республики Тыва (ГАРТ). Ф. 11. Оп. 1. Д. 4.
2. ГАРТ. Ф. 11. Оп. 1. Д. 18.
3. ГАРТ. Ф. 11. Оп. 1. Д. 30.
4. ГАРТ. Ф. 11. Оп. 1. Д. 37.
5. ГАРТ. Ф. 11. Оп. 1. Д. 54.
6. ГАРТ. Ф. 11. Оп. 1. Д. 58.
7. ГАРТ. Ф. 11. Оп. 1. Д. 67.
8. ГАРТ. Ф. 53. Оп. 1. Д. 1.
9. ГАРТ. Ф. 53. Оп. 1. Д. 4.
10. ГАРТ. Ф. 53. Оп. 1. Д. 5.
11. ГАРТ. Ф. 53. Оп. 1. Д. 22.
12. ГАРТ. Ф. 53. Оп. 1. Д. 28.
13. ГАРТ. Ф. 53. Оп. 1. Д. 36.
14. ГАРТ. Ф. 79. Оп. 1. Д. 181.
15. ГАРТ. Ф. 79. Оп. 1. Д. 200.
16. ГАРТ. Ф. 79. Оп. 1. Д. 245.
17. ГАРТ. Ф. 79. Оп. 1. Д. 249.
18. ГАРТ. Ф. 79. Оп. 1. Д. 285.
19. ГАРТ. Ф. 79. Оп. 1. Д. 363.
20. ГАРТ. Ф. 79. Оп. 1. Д. 679.
21. История города в центре Азии. Научно-документальный сборник (на русском языке). Т. 2. 1944 – 1961 гг. Новосибирск: Сибирское книжное издательство, 2012. 240 с.
22. Педагогическое образование в Туве: Научная мысль. История. Люди. Посвящается 50-летию педагогического образования в Туве. Кызыл: Тувинское книжное издательство, 2003. 256 с.
23. Прокофьева Е. Д. Процесс национальной консолидации тувинцев. СПб.: Наука, 2011. 538 с.
24. Рукописный фонд Тувинского института гуманитарных исследований. Ф. 1. Оп. 1. Д. 427.
25. Сердобов Н. А. Народное образование в Туве. Кызыл: Тувинское книжное издательство, 1953. 136 с.

### Информация об авторе:

**Тулун Светлана Сергеевна** – аспирант кафедры истории России Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, старший научный сотрудник отдела истории Национального музея им. Алдан-Маадыр Республики Тыва, 8-923-382-22-23, [mongushss@rambler.ru](mailto:mongushss@rambler.ru).

**Svetlana S. Tulush** – post-graduate student at the Department of Russian History, Katanov Khakass State University; Senior Research Associate at the Division of History, Aldan-Maadyr National museum of the Tuva Republic.

(Научный руководитель: **Тугужекова Валентина Николаевна** – доктор исторических наук, профессор кафедры истории России Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, [khaknauka@yandex.ru](mailto:khaknauka@yandex.ru).)

**Valentina N. Tuguzhekova** – Doctor of History, Professor at the Department history of Russia, N. F. Katanov Khakass State University).

Статья поступила в редколлегию 28.11.2014 г.

## ЯЗЫКОЗНАНИЕ

УДК 81'37

МОДИФИКАЦИИ СЕМАНТИКИ ФРАЗЕОЛОГИЧЕСКОГО ЭМОТИВА В ДИСКУРСЕ  
(на примере фразеологической единицы *a (big) girl's blouse*)

М. И. Андреева

SEMANTIC MODIFICATIONS OF PHRASEOLOGICAL EMOTIVE IN DISCOURSE  
(exemplified by the phraseological unit '*a (big) girl's blouse*')

M. I. Andreeva

В представленной статье семантика и синтаксический контекст ФЕ *a (big) girl's blouse* *трусливый, слабый, чувствительный мужчина* изучены при помощи методов компонентного анализа и наведения сем. Потенциальные семы наводятся на основе текстов общенационального британского дискурса. При моделировании расширенной семантической структуры ФЕ наводятся семы действия, состояния и внешнего вида лица. Обнаруживается соотнесенность признаков мужского и женского. Одноместное лексико-семантическое окружение ФЕ реализуется в употреблении форм глагола *to be* для обращения к кому-либо или для самокритики. Осуществляется компиляция словарной статьи ФЕ.

The paper presents the study of the semantics and syntactic context of the phraseological unit '*a (big) girl's blouse*' by methods of component analysis and seme retrieval. Potential semes are retrieved from texts of the British national discourse. The semes of action, state and appearance are classified within modeling of the extensive semantic structure of phraseological unit. The correlation of male and female characteristics is stated. Single lexical and semantic context of a phraseological unit is implemented in the forms of the verb *to be* when referring to somebody or for self-criticism. The dictionary entry of the phraseological unit is compiled.

**Ключевые слова:** семантика, фразеологические единицы, компонентный анализ, синтаксический контекст, лексико-семантическое окружение, словарная статья, общенациональный британский дискурс.

**Keywords:** semantics, phraseological units, component analysis, syntactic context, lexical and semantic context, dictionary entry, British national discourse.

**Целью** представленного исследования является выявление семантической и синтаксической специфики реализации фразеологической единицы (далее ФЕ) *a (big) girl's blouse* *трусливый, слабый, чувствительный мужчина* в Общенациональном британском дискурсе [10]).

Поставленная цель предполагает решение следующих **задач**:

- 1) сбор информации об узуальной семантике и этимологии ФЕ в словарях [11 – 13],
- 2) выявление иллюстрации функционирования данной ФЕ в общенациональном британском дискурсе,
- 3) компонентный анализ узуального значения ФЕ,
- 4) наведение потенциальных сем в значении ФЕ в разных контекстах,
- 5) анализ структурно-семантических параметров ФЕ в различном синтаксическом окружении,
- 6) формирование расширенной словарной статьи ФЕ.

В работе использованы следующие **методы**: лексикографический анализ, дескриптивный метод, метод сплошной выборки, компонентный анализ (далее КА), метод наведения сем, метод окружения, контекстологический анализ, лексикографический метод.

**Объектом** исследования выступает синтаксический контекст ФЕ *a (big) girl's blouse*.

**Предметом** исследования являются семантика и лексико-семантическое окружение ФЕ *a (big) girl's blouse* в различных синтаксических контекстах.

**Материалом** исследования послужили 16 иллюстраций функционирования ФЕ *a (big) girl's blouse*.

**Источниками** исследования явились 16 англоязычных текстов, а именно: англоязычные интервью [14], три фрагмента речи персонажей телесериалов [15], три сообщения на форумах [13], четыре публицистические статьи [15], художественные произведения [10].

**Теоретической базой** исследования служат труды в области семантики, фразеологии, типологии языков.

### 1. Компонентный анализ и наведение сем ФЕ

Вслед за И. А. Стерниным в составе семантики языковой единицы выделяем ядерную сему (или архисему), периферийные (или дифференциальные) и потенциальные семы [7].

Л. А. Новиков трактует архисему (далее А) как родовую объединяющую сему, характерную для единиц определённого класса и передающую их общие категориальные свойства и признаки. Дифференциальные семы (далее Д) описывают расхождения в семантике единиц. Гиперо-гипонимические отношения связывают архисемы и дифференциальные семы [3, с. 349].

И. А. Стернин выделяет следующие семантические процессы, сопровождающие семное варьирование значения: актуализация, расщепление, модификация, конкретизация, поддержание и наведение сем [6, с. 82 – 93].

Рассматриваемый в работе метод наведения сем является процессом коммуникативного внесения окказиональной семы в системное значение слова.

В рамках теории окружения, разработанной М. Т. Тагиевым и получившей развитие в трудах А. В. Кунина [2], изучаются эксплицитные и структурно обязательные связи фразеологизма, применяемые для фразеологизма в целом. Так, М. Т. Тагиев называет конструкцию, образованную «на основе собственно структурной связи между фразеологизмом и связанным с ним элементом (единицей), конфигурацией. Конфигурация состоит из самой фразеологической единицы как ядра и ее окружения» [8, с. 50]. Метод окружения отделяет ФЕ от ее ближайшего окружения. Как правило, в отличие от свободного сочетания, элементы ФЕ не оказывают влияния на состав ее окружения.

Очевидно, источник фразеологизации ФЕ **a (big) girl's blouse** – сема воздушности легкого предмета одежды, имеющего форму, но не содержание. При помощи метода компонентного анализа для свободного словосочетания – прототипа изучаемой ФЕ и ФЕ **a (big) girl's blouse трусливый, слабый, чувствительный мужчина** – выделяем следующие семы:

(букв.) **a (big) girl's blouse**: (А) артефакт, (Д) предмет одежды, (Д1) для лиц женского пола, (Д2) для верхней части тела,

(перен.) **a (big) girl's blouse**: (А) лицо, (Д1) мужского пола, (Д2) с поведением, характерным для женского пола.

Таблица 1 отражает семный состав ФЕ **a (big) girl's blouse**, выявленный в текстах общенационального британского дискурса [9; 10; 12 – 15]. Последовательность потенциальных сем устанавливалась по мере обнаружения соответствующих контекстов, описывающих характерное поведение, внутреннее состояние, внешний вид. Последовательность представления сем детерминирована гендерным признаком.

Таблица 1

Расширенная семантическая структура ФЕ **a (big) girl's blouse** в общенациональном британском дискурсе

	Прямое значение	Переносное значение
Архисема	артефакт	лицо
Дифференциальные семы	предмет одежды	
	неодушевленный	одушевленное
	для верхней части тела	
		мужского пола
	для лиц женского пола	с поведением, характерным для женского пола
		трусливый
		слабый
		чувствительный

Потенциальные семы, наводимые при обнаружении соответствующих контекстов распадаются на три группы. При моделировании значений ФЕ вводится авторская маркировка иллюстраций. Шифр иллюстраций «буква – число» содержит иерархию сем, где Ас обозначает действие (Action), St – состояние (State), VA – внешность (Visual Appearance), Ia – неодушевленный (Inanimate) (Прим. автора: семы, принадлежащие категориям Ас, St, Va, наводятся из контекстов, характеризующих одушевленный объект – лицо), а римские цифры нумеруют иллюстрации.

Синтаксический контекст вслед за Н. Н. Амосовой определяем как контекст, ключевым элементом которого является синтаксическая конструкция, в состав которой входит «семантически реализуемое слово, независимо от лексических значений входящих в эту конструкцию слов» [1, с. 34].

Отметим, что предполагаемые действия лица, характеризующего ФЕ, представлены в форме утверждений. Сема «не занимающийся прыжками с парашютом» конкретизирует сему «трусливый» и наводится из следующего контекста, АсI: 'Chad: I don't want to go sky diving while eating chilli. Mike: Don't be such a big girls blouse, get in the plane and bring the chilli.

Chad: Fine...' [13]. Чэд: Я не хочу прыгать с парашютом и при этом есть чили. Майк: Не будь таким трусом, садись в самолет и прихвати с собой чили. ФЕ в рассматриваемой иллюстрации описывает мужчину, который ведет себя как женщина (прим. автора: см. также АсII и АсIII), не желая и боясь осуществлять какое-либо действие под различными предлогами.

Семантический признак действия «плачущий» обнаруживаем в двух иллюстрациях: АсII: 'And at this point reason failed me. I choked up and, big daft girl's blouse that I am, burst into tears' [10]. И тут рассудок подвел меня. Я замолчал и зарыдал как тряпка. АсIII: 'Blinding! And we'll get that soppy big girl's blouse with the dodgy knee who cries all the time' [10]. Потрясающе! А еще мы примем в команду слащавого слабака, колено которого не внушает доверия. К тому же он постоянно плачет. Иллюстрация АсIII также фиксирует двойственный характер: действие (плаксивость) – состояние (слащавость). Плач, свойственный женщинам, рассматривается как нечто неприемлемое для мужчин.

Как видим, указанные выше конкретизаторы расширяют семантику дифференциальных сем: трусли-

вый, слабый, чувствительный. Так, лицо мужского пола с характеристикой, рассматриваемой ФЕ, не занимается прыжками с парашютом и проявляет свои эмоции (прим. автора: см. также Ac / StI).

В ряде суждений наблюдается конкретизация семантического признака *состояние* лица. Рассмотрим каждую из имеющихся в картотеке иллюстраций.

Сема «не способный оценить степень опасности» объективируется в контексте StI: *'Its creators get straight to the point with an attraction called Formula Rossa: the world's new fastest roller-coaster, which accelerates from nought to 150mph in five seconds, the last part up a 50m slope. Call me a big-girl's-blouse, but even on a good day, I would not touch such a roller-coaster with a 40ft pole.'* (The Irish Times, 20 Nov. 2010.) [15]. Создатели сразу переходят к делу, представляя аттракцион, Формула Росса, известный как самые быстрые американские гонки в мире. Он развивает скорость до 150 м/ч за 5 секунд на последнем отрезке в 50 метров. Можете называть меня **трусом**, но даже в хорошую погоду я и близко бы не подошел к этим горкам. Из представленной иллюстрации заключаем, что главное действующее лицо обладает достаточной степенью благоразумия при совершении какого-либо поступка, способно здраво оценить состояние дел и соотнести его с опасностью, угрозой для жизни, а именно не кататься на аттракционе, развивающем огромную скорость.

Сема «не умеющий воодушевлять к борьбе» объективируется в следующем тексте, StII: *'He warbled on about watching Match Of The Day from behind the sofa that night – now is that the sort of talk we want coming from the captain of Leeds United AFC? What we want is fighting talk, and fighting spirit, I want Macca to prove me wrong that he is not a big girl's blouse'* [10]. Вчера вечером он бурчал комментируя матч с дивана. Разве такие слова мы хотим слышать от капитана "Leeds United AFC"? Нам нужен боевой дух и слова борьбы. Пусть Макка докажет, что он не **девчонка**. Следует обратить внимание на подбор автором лексики, описывающей действия капитана команды, "warbled" (бурчал) и того, что от него ожидается "fighting talk and fighting spirit" (слова борьбы и боевой дух).

Сема «трусливый» конкретизируется в представленной иллюстрации: StIII: *'He has let 'I dare not' wait upon 'I would'; he has been a big girl's blouse'* [12]. Он позволил «не смею» пересилить «хочу»; он поступил как **трус**.

Сема «не отличающийся большим умом» конкретизируются в следующих примерах, StIV: *'Eli: Go round talking like that, you'll be hearing from our solicitor. Nellie: He is our solicitor, you big girl's blouse.'* Nearest and Dearest, Series 2, Episode 1, 1969 [15]. Эли: Будешь продолжать в том же духе, вызову адвоката. Нелли: Он и есть наш адвокат, **дурак**. StV: *'Jos said: 'Well tell him where the boxes are, you great girl's blouse.' Stanley puffed faster, glaring at his father.' That's what you get in this house,' he said, without explaining precisely what it was you got.' They all think I'm daft'*. [10]. Джос сказал: «Ну, скажи ему, где коробки, **дурак**». Стэнли дышал часто, поглядывая на отца. «Вот как относятся ко мне в этом доме», сказал он, не вдаваясь в детали. «Они все считают меня слабо-

умным». Иллюстрации StIII и StIV характеризуют лицо мужского пола с точки зрения его умственных способностей, а именно отсутствия способности разумно интерпретировать речь и окружающую действительность. Лицо не способно здраво рассмотреть окружающих его людей, требует стороннего детального объяснения своих действий.

Синтаксический контекст изучаемой ФЕ позволяет обнаружить в ее значении семы, имеющие соотношение с двумя семантическими признаками: действия и состояния, что хорошо наблюдается в следующих иллюстрациях.

Сема «чувствительный» конкретизируется как «проявляющий эмоции» в тексте Ac / StI *'No matter how a lad feels, it's just not the done thing to display his emotions – he might be accused of being a big girl's blouse'* [12]. Неважно как чувствует себя парень, ему не следует проявлять эмоции, иначе рискует быть принятым за **слабака**. В утверждении подчеркивается важность сохранения эмоционального равновесия лицом мужского пола во избежание сравнения с женщиной.

Следующий контекст объективирует сему «не занимающийся серьезным делом» Ac / StII: *'If I had hands to rub in glee, a rubbing of them I would be.'* Nice couplet, Barry. You got real class." More than can be said for you, you **big girl's blouse**.' [10]. «Если бы у меня была возможность повеселиться, уж я бы ее не упустил». Хорошие слова, Барри. Достойные. «То же могу сказать и о тебе, **тряпка**». Смысловой акцент данного суждения смещен на беззаботность лица, описывается поведение, несвойственное мужчине, а именно его приверженность веселью, а не серьезным делам и недопустимость слабостей, характерных для женщин.

Сема «боящийся физических нагрузок» реализуется в следующем примере, Ac / StIII: *'So soon I found myself fully kitted out and ready for action with fleecy undergarments, waterproof suits, wellies, helmet and head torch. Tony was well briefed before we descended to the bowels of the earth. I was, I explained, a bit of a big girl's blouse when it came to crumbling ledges, sheer drops, being underwater for unreasonable lengths of time and squeezing into jam jar sized spaces'* [10]. Вскоре я уже был готов к действиям. Экипировка соответствующая – теплые белье, непромокаемый костюм, высокие сапоги, шлем и нашлемный фонарь. Перед погружением в недра земли с Тони провели инструктаж. Я объяснил, что когда дело доходило до надеваний, передвижению по развалинам, долгому пребыванию под водой и прохождению в узкие расщелины, я немного **трусил**. Данное утверждение также конкретизирует сему «трусливый». ФЕ в данном случае описывает мужчину, которому присуще поведение женщины – страх и физическая неготовность к преодолению тяжелых препятствий.

Сема «слабый» конкретизируется в представленном утверждении: Ac / StIV: *'We have been called everything, big girl's blouses even, by a lot of ex-Rangers players who I believe have never had a bad game in their lives.'* [12]. Как нас только не называли бывшие игроки Рейнджера, даже **слабаками**. Сами же они, как будто, всегда играют хорошо.

Семные конкретизаторы «делающий маникюр», «посещающий солярий», «обесцвечивающий волосы» составляют категорию семантического признака *внешность* в переносном значении ФЕ **a big girl's blouse**. Например, Ac / Val: 'You can see why people might think you're a bit of a **big girl's blouse**, because you have manicures, sunbeds and bleach your hair.' – Marie Claire, June 2002 question to David Beckham [14]. Маникюр, солярий, окрашивание волос – вот почему люди могут подумать, что Вы выглядите несколько **женоподобно**. Контраст мужского и женского продемонстрирован в данном утверждении. Лицо мужского пола наделено внешними признаками женщины. Описываются поступки, целью которых является изменение внешности.

В изучаемых контекстах «трусость» лица, номинируемого данной ФЕ, заключается в боязни прыжков с парашютом (AcI) и физических нагрузок (Ac / StII). В ряде текстов зафиксированы различные проявления «слабости», характеризующие лицо. Умственная слабость (StIV, StV) выражается в неспособности лица оценить степень опасности (StI). Психологическая слабость предполагает неумение воодушевлять к борьбе (StII). Лицо демонстрирует также физическую слабость, так как не занимается серьезным мужским делом (Ac / StII, Ac / StIV) и предпочитает уход за собой (Ac / Val), характерный для слабого пола. «Чувствительность» лица выражается в проявлении эмоций (Ac / StI) и конкретно в плаче (AcII, AcIII).

Представим описанные выше семные конкретизаторы в виде таблицы (таблица 2).

Таблица 2

Семные конкретизаторы ФЕ a (big) girl's blouse

Переносное значение				
	1	2	3	4
Физическое действие	StIII – трусливый.	Ac / StI – проявляющий эмоции; Ac / StII – не занятый серьезным делом; Ac / StIII – боящийся физической нагрузки; Ac / StIV – слабый.	AcI – не прыгающий с парашютом; AcII, AcIII – плачущий.	Ac / Val – делающий маникюр, посещающий солярий, обесцвечивающий волосы.
Вербальное действие	StII – не умеющий воодушевлять к борьбе.			
Умственные способности	StI – не способный оценить степень опасности; StIV, StV – не отличающийся большим умом.			

В таблице 2 столбец 1 содержит семы, классифицированные согласно семантическому признаку «внутреннее состояние». В столбце 3 размещены семы, принадлежащие семантическому признаку «действие». Семы, маркированные в столбцах 2, 4, имеют соотношенность с двумя категориями семантических признаков: внутреннее состояние и действие, действие и внешний вид.

Особенностью семантики изучаемой ФЕ является присутствие семантических признаков, характеризующих лица женского пола, однако применяемых в отношении мужчин. Например, иллюстрации AcI; AcII; AcIII; Ac / StI; Ac / StII; AcVal (эмоциональность, отсутствие физической нагрузки, плаксивость, уход за собой). Контраст создается на основе противопоставления характерного и ожидаемого от мужчины поведения и действий лица (Ac / StII).

Отдельно рассмотрим иллюстрацию использования ФЕ для номинации неодушевленного предмета – фильма. Представленный контекст позволяет навести сему «отсутствие насилия».

Ia1: 'Colonel Munro (Maurice Roevens) claps Day-Lewis in irons for allegedly preaching sedition, the Brits surrender to the French and there is a horribly violent battle in which our stalwart bunch escape yet again. They are pursued by the ever-vengeful Wes Studi who blames the Colonel for massacring his family and literally rips his heart out in the heat of battle. Studi's pack of baying, war-painted Hurons are the kind of scalping psychotics who would think Dances With Wolves is **a big girl's blouse**' (Today. London: News Group Newspapers Ltd, 1992, 7687 s-units.) [10]. Полковник Манро (Морис Роэванс) заковывает в кандалы Дей-Льюиса за предположительный призыв к мятежу. Британцы сдаются французам и разгорается ожесточенная битва, в которой наши крепкие ребята снова спасаются. Их преследует мстительный Вес Студи. Обвиняя полковника в жестоким убийстве своей семьи, он буквально вырывает ему сердце в разгаре сражения. Свора войска Студи – это раскрашенные воины гуроны – психопаты, снимающие скальп. На этом фоне Танцы с волками – это сентиментальная мелодрама.

Как видим, при наведении сем ФЕ **a (big) girl's blouse** было выявлено два конкретизатора возможно-го физического (AcI, AcII, AcIII) и вербального (StII) поведения лица, его состояние (StIII), умственные способности (StI, StIV, StV) и пять конкретизаторов, соотношенных с двумя категориями семантических признаков (Ac / StI, Ac / StII, Ac / StIII, Ac / St IV, Ac / Val).

## 2. Определение широкого синтаксического контекста ФЕ

Иллюстрации функционирования ФЕ **a (big) girl's blouse** *трусливый, слабый, чувствительный мужчина* являются различными по типам высказывания. Изучаемая ФЕ используется преимущественно в повествовательных предложениях (14 иллюстраций). Однако были выявлены также восклицания (Ac / StIV) и побуждения (AcI).

Имеющиеся в нашем распоряжении иллюстрации фиксируют следующие иллокутивные речевые акты [4; 5]: 1) директивы (побуждения) (AcI, StIII), (просьбы) (StI); 2) вердиктив / декларации / обвинения (Ac / StI, Ac / StII, Ac / StIV, StIII, StIV, StV, Ac / Val); 3) конфликтные (самокритика) (Ac / StIII, Ac / StVI).

## 3. Лексико-семантическое окружение ФЕ

Изучение ближайшего контекста функционирования ФЕ осуществлялось с опорой на теорию и с использованием терминологии М. Т. Тагиева. Лексическим вариантом ФЕ **a big girl's blouse** является сочетание **a great girl's blouse** (StV). Прилагательные **big** и **great** выступают в роли усилителей (интенсификаторов). Для изучаемой ФЕ характерно одностороннее окружение, т. е. конфигурация с одним словом (формы глагола *to be*). Двухместное окружение ФЕ наблюдаем в иллюстрациях AcII, AcIII. Авторы употребляют модификаторы **daft** (*глупый*) / **soppy** (*слащавый*) для характеристики описываемых лиц.

В прямом значении сочетания **girl's blouse** (*блузка девушки*) список модификаторов неограничен. Для ФЕ отмечаем использование модификаторов **daft** и **soppy**.

Наиболее частотным глаголом (6 из 16 иллюстраций) в препозиции сочетания **a big girl's blouse** является глагол **to be** (в формах – *do not be, are, was, being, has been, is not*).

Рассматривая иллюстрации функционирования исследуемой единицы в тексте, отмечаем высокочастотное употребление частицы **not** в ближайшем окружении (6 из 16 иллюстраций). Например, *I don't want to go sky diving* (*я не хочу прыгать с парашютом*), *don't be* (*не веди себя*), *I would not touch* (*я бы не дотронулся*), *it's just not the done thing* (*так дело не пойдём*), *I dare not* (*не смею*), *he is not* (*он не является*). Отрицание **not** ограничивает диапазон действий лица.

Данная ФЕ используется как в функции составного именного сказуемого (12 иллюстраций), так и в функции дополнения (2 иллюстрации: *We have been called everything, big girl's blouses even, by a lot of ex-Rangers players who I believe have never had a bad game in their lives. And we'll get that soppy big girl's blouse*). ФЕ используется с местоимениями *you, he, I*. Инте-

ресным представляется применение рассматриваемой ФЕ в отношении самого лица (местоимение *I*). ФЕ носит негативную коннотацию и поэтому в данном случае воспринимается как самокритика. Ироническая коннотация отмечена нами в иллюстрации Ac / StIV.

На основании проведенного исследования компилируем словарную статью ФЕ **a big girl's blouse**.

## 4. Формирование словарной статьи ФЕ

Существующие словари [12 – 15] фиксируют значение, время и место происхождения, стиль речи, территориальный и социальный слой и сферу использования ФЕ. Однако следует отметить, что данный материал отражает вариативность семантики ФЕ не в полной мере.

В разрабатываемой словарной статье выделяем семь зон: заголовочное слово, грамматическая зона, этимологическая зона, зона шифров (паспортизация), функционально-стилистическая зона, зона значения (толкование значения), зона контекстов (иллюстрации).

Происхождение ФЕ фиксируется на основании двух электронных источников [9; 15]. Локальная, темпоральная, территориальная зоны регистрируются в соответствии с данными электронного источника [18] и указывают на первое упоминание ФЕ в 1960-е гг. на севере Англии.

Функционально-стилистическая зона словарной статьи ФЕ содержит информацию относительно: 1) разговорного стиля употребления ФЕ [12]; 2) коннотации (оценочность, эмотивность) “*insult*. (оскорбит.), *joke* (шутл.)” [15; 14; 13]; 3) социальной сферы использования: рабочий класс; британские таблоиды [15].

Значение *трусливый* (*cowardly*), *слабый* (*weak*), *чувствительный* (*oversensitive*) или *женоподобный* (*womanly*) мужчина, зафиксировано в трех электронных источниках [12; 13; 15].

На основании вышесказанного, а также зоны контекстов, представленной 16 источниками, осуществляем компиляцию словарной статьи ФЕ.

**a blouse**, *сущ.*

♦ **a (big /great) girl's / girls' blouse / blouses**, 1960+, разг., СМИ (the Sun, the Mirror, британские таблоиды), *шутл.-оскорбит.* *трусливый, слабый, чувствительный мужчина* • “*Chad: I don't want to go sky diving while eating chili. Mike: Don't be such a big girls blouse, get in the plane and bring the chili. Chad: Fine...*” (UD) “*Its creators get straight to the point with an attraction called Formula Rossa: the world's new fastest roller-coaster, which accelerates from nought to 150mph in five seconds, the last part up a 50m slope. Call me a big-girl's-blouse, but even on a good day, I would not touch such a roller-coaster with a 40ft pole.*” (WW) “*Eli: Go round talking like that, you'll be hearing from our solicitor. Nellie: He is our solicitor, you big girl's blouse.*” (WW) “*2002, You can see why people might think you're a bit of a big girl's blouse, because you have manicures, sunbeds and bleach your hair.*” (Wik.) “*No matter how a lad feels, it's just not the done thing to display his emotions – he might be accused of being a big*

*girl's blouse* (OD) “We have been called everything, **big girl's blouses** even, by a lot of ex-Rangers players who I believe have never had a bad game in their lives”. (OD) “He has let ‘I dare not’ wait upon ‘I would’; he has been **a big girl's blouse**” (OD) “‘It’s £995,000 more than £5,000,’ he bleats – **the big girl's blouse!**”(OD) <рабочий класс, Север Англии.

Таким образом, структура значения ФЕ **a (big) girl's blouse** *трусливый, слабый, чувствительный мужчина* содержит набор семантических признаков (состояние, действие и внешность), каждый из которых определенным образом конкретизирует его значение. Наиболее плотно номинируются смежные признаки «*действия*» и «*состояния*», представленные пятью конкретизаторами.

Аппликация метода наведения сем продемонстрировала присутствие в семантике ФЕ признаков, традиционно характеризующих лица женского пола:

уход за собой, плаксивость, слабость физическая, психическая, проявление эмоций.

Отдельно следует отметить высокочастотный элемент противопоставления, выраженный частицей **not**, используемый авторами в ряде иллюстраций. Полярно позиционируются мужские качества и качества лица, описываемые данной ФЕ.

Изучаемая ФЕ сочетается с единицами языка, обозначающими главным образом одушевленные предметы. ФЕ используется преимущественно в высказываниях повествовательного типа и выступает в функциях составного именного сказуемого и дополнения. Для лексико-семантического окружения ФЕ характерна односторонняя и многосторонняя сочетаемость (по количеству составляющих конфигурации). Частотно употребление ФЕ для обвинения какого-либо лица (7 иллюстраций). Местоимения в ближайшем окружении указывают на применение ФЕ для обращения к кому-либо или самокритики.

### Литература

1. Амосова Н. Н. Основы английской фразеологии. 3 изд.-е. М: Изд-во Либроком, 2013. 216 с.
2. Кунин А. В. Фразеология современного английского языка. М.: Международные отношения, 1972.
3. Новиков Л. А. Сема //Лингвистический энциклопедический словарь, 1990. 688 с.
4. Серль Джон Р. Классификация иллокутивных актов // Новое в зарубежной лингвистике. Вып. 17. Теория речевых актов. М., 1986. С. 170 – 194.
5. Серль Джон Р. Что такое речевой акт? // Новое в зарубежной лингвистике. Вып. 17. Теория речевых актов. М., 1986. С. 151 – 169.
6. Стернин И. А. Лексическое значение слова в речи. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1985. 138 с.
7. Стернин И. А. Семантический анализ слова в контексте. Воронеж: Истоки, 2011. 150 с.
8. Тагиев М. Т. Глагольная фразеология современного русского языка. Баку: Маариф, 1966.
9. BBC America. Режим доступа: <http://www.bbcamerica.com/anglophenia/2012/01/frasers-phrases-puts-on-a-big-girls-blouse/>
10. British National Corpus. Режим доступа: <http://corpus.byu.edu/bnc/>
11. Cambridge Advanced Learner's Dictionary and Thesaurus. Режим доступа: <http://dictionary.cambridge.org/-dictionary/british/>
12. Oxford dictionaries. Режим доступа: <http://www.oxforddictionaries.com/>
13. Urban dictionary. Режим доступа: <http://www.urbandictionary.com/>
14. Wiktionary. Режим доступа: <https://www.wiktionary.org/>
15. World wide words. Investigating the English language across the globe. Режим доступа: <http://www.worldwidewords.org/>

### Информация об авторе:

**Андреева Мария Игоревна** – аспирант кафедры контрастивной лингвистики и лингводидактики Казанского (Приволжского) федерального университета, [lafruta@mail.ru](mailto:lafruta@mail.ru).

**Maria I. Andreeva** – post-graduate student at the Department of Contrastive Linguistics and Linguodidactics, Kazan (Volga region) Federal University.

(Научный руководитель: **Солнышкина Марина Ивановна** – доктор филологических наук, профессор кафедры контрастивной лингвистики и лингводидактики Казанского (Приволжского) Федерального университета.

**Marina I. Solnyshkina** – Doctor of Philology, Professor at the Department of Contrastive Linguistics and Linguodidactics, Kazan (Volga region) Federal University).

Статья поступила в редколлегию 02.02.2015 г.



## ЯЗЫКОВАЯ РЕПРЕЗЕНТАЦИЯ МОЛЧАНИЯ В НЕВЕРБАЛЬНОМ ДИСКУРСЕ

С. В. Валиулина

## LANGUAGE REPRESENTATION OF SILENCE IN NON-VERBAL DISCOURSE

S. V. Valiulina

Предметом данного исследования является коммуникативно значимое молчание как нулевой речевой акт. Объект исследования – контексты невербального дискурса, представляющие ситуацию молчания. Цель работы заключается в том, чтобы определить, какую роль играет анализ невербального дискурса в процессе исследования феномена молчания, а также выделить языковые средства невербального дискурса в ситуации молчания. Контекстному анализу подвергались тексты сибирских писателей: В. Шукшина [8], В. Распутина [7] и А. Вампилова [3]. В результате исследования был выделен ряд компонентов невербального дискурса в ситуации молчания (маркер интонации, маркер эмоционального состояния, конкретизаторы маркера эмоционального состояния: кинесический и проксемикальный сомативы). Поскольку вербальные символы в ситуации молчания отсутствуют, то и маркер интонации единичен и является лишь контекстуальным заменителем собственно речевого глагола звукового действия. Маркеры эмоционального состояния указывают на каузаторы молчания, так же как и их конкретизаторы. Кинесический соматив представлен следующими реакциями субъекта молчания: контакт глаз, отсутствие контакта глаз, лицо, рот, движения головой, руки, поза. Проксемикальный соматив реакция «движение в локуме» связана с ситуацией молчания, когда коммуникант размышляет, пытается успокоиться, настраивается на разговор, испытывает неловкость, смирение или соучастие. Движение из локума характеризует ситуацию молчания, когда коммуникант не желает начинать диалог или завершает его. Все проанализированные невербальные средства общения в ситуации молчания уточняют и проясняют исследуемый феномен, позволяют четче дифференцировать молчание и описать его.

The subject of the research is communicatively relevant silence understood as zero speech act. The object of the research is non-verbal discourse which represents the situation of silence. The research is aimed to define the role of non-verbal discourse analysis in the study of silence phenomenon and to distinguish language means of non-verbal discourse in the situation of silence. The research is based on the texts by the Siberian writers: V. Shukshin, V. Rasputin and A. Vampilov. The research revealed a number of features typical of non-verbal discourse in the situation of silence (intonation marker, emotional marker, emotion specifiers: kinesic and proxemic somatic reaction). Since there are no verbal representants in the situation of silence, hence the intonation marker is occasional and only contextually substitutes the verb of speech denoting sound. Emotional markers indicate the causators of silence as well as their specifiers. Kinesic somatic reaction is represented by the following reactions of the subject of silence: eye contact, absence of eye contact, face, lips, head movements, hands, posture. Proxemic somatic reaction or location of the subject of silence is connected with reflection, effort to regain composure before starting to talk, awkwardness, humbleness or involvement. Leaving the location in the situation of silence means the unwillingness to start a conversation or the end of the conversation. The analysed non-verbal means of communication in the situation of silence specify and clarify the phenomenon under research and help to differentiate silence and describe it more clearly.

**Ключевые слова:** нулевой речевой акт, каузатор, невербальный дискурс, маркер интонации, маркер эмоционального состояния, сомативы.

**Keywords:** zero speech act, causation, non-verbal discourse, intonation marker, emotional marker, somatic reaction.

О неразрывной связи вербальных и невербальных средств в процессе речевого общения писали многие лингвисты. К числу невербальных средств общения ученые относят паралингвистические (интонация, паузация, дыхание, дикция, темп, громкость, ритмика, тональность, мелодика), экстралингвистические (стук в дверь, смех, плач, различные шумы и др.), кинесические (жесты, мимика, контакт глаз), проксемикальные (позы, телодвижения, дистанция), то есть пространственно-временную организацию общения [6, с. 18]. В. В. Богданов включает в состав «невербальных компонентов» речевого общения и молчание, которое может быть коммуникативно значимым и коммуникативно незначимым. Коммуникативно незначимое молчание – «это один из видов физиологического состояния человека» [1, с. 21], например, когда человек спит, работает или гуляет в парке один. Нас интересует коммуникативно значимое молчание, «которое интерпретируется как нулевой речевой акт»

[1, с. 22]. В. В. Богданов выделяет 3 типа коммуникативно значимого молчания:

1) «молчание адресата», молчание во время смены коммуникативных ролей, оно имеет ролемакирующую функцию;

2) «молчание говорящего», то есть молчание как нулевой заместитель вербальной реакции; данное молчание многозначно и имеет информационную функцию;

3) молчание – эллипсис, то есть произнесение (пропуск) синтагматически избыточного компонента, оно носит синтактико-конструктивную функцию [1, с. 22 – 23].

В нашей работе рассматривается второй тип молчания, имеющий информационную функцию. На смысл данного молчания влияет множество факторов: психологическое состояние коммуниканта, его характер, степень знакомства с адресатом, социальные и культурные условия, национальная принадлежность

коммуниканта. Например, в традиционной культуре бурят при встрече гостя хозяин некоторое время сохраняет молчание в знак уважения, давая гостю возможность расположиться в доме. В русской культуре, наоборот, гостя встречают словами приветствия [4, с. 88]. Таким образом, молчание в разных культурах имеет разное значение. Мы будем говорить о молчании в русскоязычном пространстве. Но как определить, что обозначает молчание в той или иной ситуации. Зачастую в контексте достаточно сложно выделить смысл молчания. Например: «Он сел на лавку у двери, положил руки на колени и молчал» (В. Распутин. Василий и Василиса). Смысл и причина (каузатор) молчания данного героя раскрывается посредством анализа контекста молчания. Герой находится в локуме, не покидает его, значит, не прерывает определенных отношений. Он «сел на лавку» – движение сверху вниз – значит, он намерен задержаться или молчать долго, у него основательные намерения. Но он «положил руки на колени» – этот жест говорит о покорности, смиренности обстоятельствам. Значит, герой (Василий) пришел в дом к Василисе с желанием примириться. Своим молчанием он показывал свою покорность и согласие на те условия, которые она ему выдвинет. Эта информация заложена в окружающем контексте. Т. Л. Муzychук называет подобный контекст «невербальным дискурсом». Невербальный дискурс «создается общим контекстом, описывающим невербальное коммуникативное пространство персонажа художественной прозы, объекты и пространства, обстоятельства и поступки во времени, качественные и количественные наращения эмоциональных побуждений, вплетающихся в невербальную ткань диалога и сигнализирующих движение речевого произведения» [5, с. 177]. Дешифровка невербальной организации речевого поведения языковой личности через языковую репрезентацию структурных компонентов невербального дискурса приближает исследователя к более глубокому постижению специфики национального характера русской языковой личности, так как человеческие переживания, эмоции – универсальны, а их лексическая манифестация способна передать неповторимый национальный колорит [5, с. 178].

Анализ невербального дискурса в нашем исследовании позволяет не только определить каузаторы молчания, но и обозначить его смыслы. Невербальный дискурс обладает множеством составляющих. В его ядре находятся маркеры интонации и маркеры эмоционального состояния. В центре структуры – конкретизаторы маркера интонации (тон, тембр, темп) и конкретизаторы маркера эмоционального состояния (проксемические и кинесические сомативы и вегетативы). На периферии находятся временные и пространственные локализаторы и другие компоненты. Рассмотрим термины, разработанные Т. Л. Муzychук, которые будут употребляться в работе. Маркер интонации – композиционный языковой идентификатор, маркирующий основной проективный смысл интонационного рисунка доминантной эмоции стадии аффекта и резистентности речевого взаимодействия. Маркер эмоционального состояния – композиционный языковой идентификатор, маркирующий доминантное душевное состояние коммуниканта стадии

аффекта и резистентности речевого взаимодействия путем проекции чувств, намерений, переживаний на их внешние, физиологически выраженные проявления. Соматив проксемический – пространственно-временная организация начала движения, движения в локуме относительно предметов, субъектов речевого общения и движения коммуниканта из локума под воздействием эмоционального чувства. Соматив кинесический – выразительно-визуальная организация чувств и состояний коммуниканта через динамику мимики и жестики, статику поз и выражений лица [5, с. 44].

Поскольку вербальные символы в ситуации молчания отсутствуют, то и маркер интонации единичен и является лишь контекстуальным заменителем собственно речевого глагола звукового действия. Например: «С минуту молчали. Профессор ходил около доски, *фыркал* и качал головой» (В. Шукшин. Экзамен). *Фыркать* – междометный глагол звукового действия, выступающий в роли контекстуального заменителя собственно речевого глагола. Герой фыркает, выражая свое недовольство. Маркеры эмоционального состояния в ситуации молчания чаще представлены существительными со значением эмоционального состояния (от злости, с удовольствием, из гордости), причем подобных примеров немного: «Гринька тоже замолчал: *с удовольствием* отогревался» (В. Шукшин. Любавины). В ситуации молчания маркеры эмоционального состояния и каузаторы молчания совпадают [2, с. 238]. К конкретизаторам маркера эмоционального состояния относятся вегетативы и сомативы. Молчание коммуниканта всегда осознанно и контролируемо, поэтому вегетативные реакции, не контролируемые субъектом, в ситуации молчания отсутствуют. Рассмотрим соматические реакции субъекта молчания.

Кинесические сомативы представлены мимикой, жестами, позами: контакт глаз, отсутствие контакта глаз, лицо, рот, движения головой, руки, поза.

1) «Контакт глаз» репрезентирован формами глаголов зрительного действия (глядеть, смотреть, уставиться) и особой формой глагола зрительного действия (глядя, поглядывая). Например: «Они помолчали, украдкой *поглядывая* друг на друга» (В. Распутин. Встреча). С помощью кинесической соматической реакции «контакт глаз» коммуниканты либо выражают свои чувства и настроения (тревожно уставился, зло смотрел), либо пытаются узнать чувства собеседника, поскольку в глазах, как в зеркале души, многое можно увидеть. Молчание в таких случаях выражает ожидание, выбор субъектами молчания правильной на их взгляд тактики поведения.

2) Кинесический соматив «отсутствие контакта глаз» манифестирован следующими языковыми средствами:

а) глаголом зрительного действия несовершенного вида (НСВ) и его формами (глядел, смотрел, глядя). Например: «Павел посидел, помолчал, с тяжелой задумчивостью *глядя в пол...*» (В. Распутин. Прощание с Матерой). В данном и других примерах субъекты молчания находятся в состоянии раздумья и неподвижно смотрят «в пол», «на небо», «на кончик сигареты», «в окно», «на огонь», «куда-то в угол», «в стену», «куда-то сквозь». Все объекты зрительного

действия статичны, позволяют отвлечься от внешнего мира и полностью предаться размышлениям;

б) формой глагола зрительного действия совершенного вида (СВ) (поглядывая), например: «Наступает молчание, в котором парень беспокойно вертит головой, *поглядывая* то на старуху, то на старика» (В. Распутин. Деньги для Марии). Один из субъектов молчания находится в состоянии беспокойства: он вертит головой, его взгляд переходит с одного объекта на другой. Он не понимает, что происходит вокруг;

в) глаголами зрительного действия и их формами НСВ (осматривать, наблюдая). В примерах данной подгруппы субъекты молчания сосредотачивают взгляд на случайных объектах (посторонние предметы, пуговицы, носок ботинка). Кроме того, их взгляд сосредоточен и внимателен. Это связано с каузатором молчания: ожидание в неловкой, неудобной ситуации. Таким образом, кинесический соматив «отсутствие контакта глаз» встречается в ситуации молчания, когда субъект молчания находится в состоянии раздумья, беспокойства или ожидания в неловкой ситуации. Мы обозначили данную группу как «отсутствие контакта глаз», поскольку коммуниканты не смотрят друг на друга, их взгляд направлен на другой объект.

3) Кинесический соматив «лицо» выражен глаголами «хмуриться», «нахмуриться», например: «Егор Северьяныч недовольно *нахмурился*, закурил. Долго молчал» (В. Шукшин. Степкина любовь). Когда субъект молчания хмурится, он находится в состоянии тяжелого раздумья. Данный кинесический соматив может быть выражен формой глагола «вскинуть», например: «Андрей удивился, ожидающе помолчал, *вскинув брови*, – всерьез ли говорят, но согласился и на могилы» (В. Распутин. Прощание с Матерой). В данном примере движение бровями вверх характеризует состояние удивления. Автор указывает на ожидающее молчание героя, однако невербальный дискурс содержит дополнительный смысл молчания: субъект находится не только в состоянии ожидания, но и удивления.

4) Кинесический соматив «рот» объединяет действия, производимые ртом, губами. Они репрезентированы следующими языковыми средствами:

а) глаголом «улыбаться», например: «Он молчал, глупо *улыбался* и никак не мог посмотреть в глаза ни матери, ни дочери» (В. Шукшин. Ленка). Коммуникант находится в ситуации растерянности, он не знает, что ему делать;

б) глаголом однократного действия «сплюнуть», например: «Дядя тоже *сплюнул* на дорогу и замолчал» (В. Шукшин. Племянник главбуха). Действие, производимое субъектом молчания, говорит о его недовольстве, а также характеризует состояние раздумья. Сплевывая, субъект как бы переходит от одной мысли к другой;

в) формой глагола длительного действия «посасывать», когда субъект молчания находится в состоянии раздумья, при этом он совершает механические монотонные действия.

5) Кинесический соматив «движение головой» выражен следующими языковыми средствами:

а) глаголом СВ «отвернуться», например: «А ты знаешь, что такое фартовая-то? – Отец *отвернулся* к

речке и долго молчал – обиделся» (В. Шукшин. Игнаха приехал). Коммуникант отворачивается, потому что обижен и не желает говорить;

б) глаголом длительного многократного действия НСВ «качать», когда субъект молчания недоволен, однако движения головой указывают на его раздумье, наличие внутреннего диалога;

в) глаголом НСВ «вертеть», например: «Наступает молчание, в котором парень беспокойно *вертит головой...*» (В. Распутин. Деньги для Марии). Один из субъектов молчания находится в состоянии беспокойства, он не понимает, что происходит, в процессе молчания пытается понять ситуацию и собеседников.

б) Кинесический соматив «руки» выражен следующими языковыми средствами:

а) глагольными сочетаниями «положила ладони себе на лоб», «опустив на руки голову», «обхватив себя руками». В ситуации обхвата себя руками, контакта рук и головы, движениями головы вниз субъект молчания находится в состоянии раздумья;

б) глагольными сочетаниями «опустив руки», «положить руки на колени». Совершая подобные действия, субъект молчания переходит в состояние смиренного раздумья, а движение руками вниз добавляет состоянию разочарованность и усталость, например: «Она присела на лавку у стены, *опустив руки*, помолчала» (В. Распутин. Прощание с Матерой);

в) глагольным сочетанием «закинул руки за голову». Субъект молчания также соединяет руки и голову, однако руки уже на затылке, эта поза характеризует состояние мечтательного раздумья, приятного воспоминания.

7) Кинесический соматив «поза» манифестирован формой глагола «ссутулиться», например: «Выходила, – ответила она и замолчала, задумчиво *ссутулившись* над столом» (В. Распутин. Встреча). Субъект молчания находится в состоянии размышления, однако ее поза подчеркивает то, что ее мысли о прожитых событиях совсем безрадостные, грустные, негативные, старящие героиню.

Рассмотренные кинесические сомативы выражены глагольной лексикой. Это говорит о том, что субъект, находясь в ситуации молчания, все равно что-то делает: он думает, ожидает, беспокоится и др. Это действия внутреннего мира человека, но они выражаются в мимике, жестах и позах субъекта молчания.

Проксемический соматив представлен двумя реакциями: движение в локуме и движение из локума. Движение в локуме можно разделить на 3 группы:

1) многократные монотонные действия манифестированы глаголами и глагольными формами НСВ (протирать, листать, гонять, поигрывать, вытирать, водить, ходить), например: «Егор хмуро сопел, *гоняя черенком ложки таракана по столу*. Некоторое время молчали» (В. Шукшин. Любавины). Все действия данной группы субъект молчания совершает находясь в состоянии раздумья, поэтому он не покидает локума, субъект производит монотонные или длительные действия;

2) действия, связанные с курением, репрезентированы глаголами и глагольными сочетаниями (курить, прикурить, закурить/закуривать, мять окурков в руках, выбить из трубки пепел, набивать трубку, полезть за

махоркой). Данные действия совершают коммуниканты, находящиеся в состоянии раздумья, неловкости и обиды;

3) движения сверху вниз выражены глаголами преимущественно СВ (сесть, присесть, опуститься, повалиться, присаживаться). Субъекты молчания садятся на стул, на лавку, на скамейку, на нары, кровать и т. д. Например: «Колесов. Спасибо (*Усаживается на краешек стула*). Молчание. Таня тоже *усаживается на стул* недалеко от Колесова» (А. Вампилов. Прощание в июне). Если коммуникант присаживается на краешек стула, кровати, то он испытывает неловкость ситуации. Чаще герои молчат, присаживаясь, опускаясь вниз, желая успокоиться, настраиваясь на разговор, при этом они могут испытывать неловкость, демонстрировать смирение и покорность, соучастие и сопереживание.

Движение из локума характеризует ситуацию молчания, когда коммуникант не желает начинать диалог или считает, что все уже решено и понятно. Данный соматив выражен глаголами движения (выйти, выскользнуть, подняться уходить). Например: «Они надолго замолчали, Настена *поднялась уходить*, а он не сдвинулся с места» (В. Распутин. Живи и помни). Один из субъектов молчания совершает движение из локума, так как он считает разговор, даже его невербальную часть законченной. Проксемический соматив, как и кинесический, дополняет ситуацию молчания, характеризует каузаторы молчания.

Подводя итог проведенному анализу, уточним важные моменты.

Невербальные средства общения играют немаловажную роль в процессе коммуникации. В ситуации молчания, когда вербальная часть общения отсутствует, роль невербальных средств значительно усиливается.

Чтобы понять смысл молчания, исследователю необходимо учитывать не только психологическое состояние коммуникантов, их характер, степень знакомства с адресатом, их поведение и национальную специфику общения. Раскрыть и объяснить многозначность молчания помогает анализ невербального дискурса, в котором через слова автора описываются движения, позы, жесты и мимика коммуникантов. В процессе анализа ситуации молчания мы выделили маркер интонации, маркеры эмоционального состояния и их конкретизаторы: кинесические и проксемические сомативы. Кинесические сомативы представлены реакциями: контакт глаз, отсутствие контакта глаз, лицо, рот, движения головой, руки, поза. Кинесические соматические реакции, выраженные глаголами, глагольными формами и сочетаниями НСВ характеризуют ситуации молчания, связанные с раздумьем, ожиданием. Глаголы СВ репрезентируют ситуации беспокойства, недовольства и др. Проксемические соматические реакции ограничиваются локумом. Реакции «движения в локуме» делятся на 3 группы:

1) многократные действия, характеризующие состояние раздумья;

2) действия, связанные с курением, представляют состояние раздумья и неловкости коммуникантов;

3) движения сверху вниз характеризуют ситуации молчания, когда коммуникант пытается успокоиться, настраивается на разговор, испытывает неловкость, смирение, сочувствие или соучастие.

Движения из локума характеризуют ситуацию молчания, когда субъект не желает начинать диалог или завершает его. Все проанализированные невербальные средства уточняют, проясняют ситуацию молчания, позволяют четче дифференцировать и описать данный феномен.

## Литература

1. Богданов В. В. Функции вербальных и невербальных компонентов в речевом общении // Языковое общение: единицы и регулятивы: Межвузов. сб. научн. тр. Калинин: Калининский гос. ун-т, 1987.
2. Валиулина С. В. Каузаторы и репрезентанты ситуации молчания // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 2(85).
3. Вампилов А. В. Избранное. М.: Согласие, 1999. 778 с.
4. Казакова Е. Ю. Семиотическое осмысление понятийного пространства культуры и значения категории «молчание» в данном пространстве // Вестник ЧитГУ. 2011. № 4(71).
5. Музычук Т. Л. Невербальный дискурс персонажа в русской художественной прозе: монография. Иркутск: ИрГУПС, 2013. 200 с.
6. Пассов Е. И. Основы коммуникативной методики обучения иноязычному общению. М.: Рус. яз., 1989. 276 с.
7. Распутин В. Г. Повести и рассказы. М.: Современник, 1984. 736 с.
8. Шукшин В. М. Любавины: Роман. Сельские жители: Ранние рассказы / сост. и ком. В. Горна. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1987. 464 с.

## Информация об авторе:

**Валиулина Светлана Владимировна** – кандидат филологических наук, доцент кафедры русского языка как иностранного Международного института экономики и лингвистики Иркутского государственного университета, 8-914-886-63-01, [svetlana-valiuli@mail.ru](mailto:svetlana-valiuli@mail.ru).

**Svetlana V. Valiulina** – Candidate of Philology, Assistant Professor at the Department of Russian as a Foreign Language, International Institute of Economics and Linguistics, Irkutsk State University.

Статья поступила в редколлегию 26.12.2014 г.

# ИГРА СЛОВ В КОММЕРЧЕСКИХ ЭРГОНИМАХ (на материале французского языка)

*Л. Ф. Серова*

## PUNS IN COMMERCIAL ERGONIMS (in the French language)

*L. F. Serova*

В статье на материале французского языка рассматриваются эргонимы, то есть названия коммерческих предприятий, включающие игру слов. Последняя, как показывает анализ, достигается с помощью омофонии, полисемантичности, аллюзий, англицизмов, включения цифр и изображений и предполагает задуманный номинатором прагматический эффект.

The paper considers ergonims (the names of commercial enterprises) containing puns. The analysis of the puns shows that they arise from the intentional use of homophony, polysemy, allusions, Anglicisms, including figures and images and produce the desired pragmatic effect, conceived by the nominator.

**Ключевые слова:** коммерческие эргонимы, игра слов, прагматический эффект.

**Keywords:** commercial ergonims, puns, pragmatic effect.

В последние полтора – два десятилетия особое внимание отечественных исследователей привлекла искусственная номинация, в частности эргонимы [2 – 3; 5 – 6], под которыми понимают собственные имена «делового объединения людей, в том числе союза, организации, учреждения, корпорации, предприятия, общества, заведения, кружка» [4].

Особый интерес вызывают коммерческие эргонимы, то есть номинации коммерческих предприятий, к которым относят магазины, фирмы, предприятия по оказанию услуг и т. п. Ведь именно коммерческая составляющая является мощным стимулом к созданию ярких, запоминающихся названий, что помогает обеспечить наличие и рост клиентуры.

И это естественно. Коммерческая вывеска рассматривается как средство коммуникации между отправителем (номинатором, владельцем) и адресатом (потенциальным клиентом). Она должна содержать нечто (информацию или форму подачи этой информации), что, по замыслу отправителя, привлечет адресата. Иначе говоря, эргоним может предполагать воздействие на адресата, то есть обладать прагматикой. Прагматическую составляющую большей части коммерческих эргонимов отмечают все исследователи.

Что касается Франции, то там ситуация с коммерческими вывесками является следствием непрерывного развития этой сферы номинации в течение не одного столетия. Заботы владельцев магазинов, ресторанов, парикмахерских такие же, как и повсюду: создать название, которое бы выделялось на фоне других и привлекало клиентов. Для этого используются все возможные средства. Особой популярностью, как показывают наблюдения, пользуется игра слов.

Отметим, что языковую игру мы понимаем достаточно широко и, вслед за Н. В. Данилевской, определяем ее как тип речевого поведения говорящих, основанный на преднамеренном нарушении системных отношений языка, т. е. на деструкции речевой нормы с целью создания неканонических языковых форм и структур, приобретающих в результате этой деструк-

ции экспрессивное значение и способность произвести на слушателя/читателя эстетический и стилистический эффект [1].

Анализ 250 эргонимов с игрой слов показал, что чаще всего она основывается на омофонии, под которой в лингвистике понимают свойство двух или нескольких знаков, имеющих одну и ту же фонетическую форму, но разные значения. При этом нередко сюда подключаются и различные графические приемы (разделение слова на части, использование апострофа, заглавной буквы, удвоение букв).

Так, (1) «*louvre bouteille*» (Прим. автора: эргонимы взяты с сайтов <http://boucheriesanzot.tumblr.com/>, <http://devanturebulent.canalblog.com/>), название парижского ресторана, переводится как «пробкооткрыватель, штопор», что подчеркнуто в самом эргониме: буква *t* имеет вид штопора, а *i* – форму наполненного бокала. Кроме того, первым своим словом, где намеренно отсутствует апостроф, название указывает и на расположение ресторана (в двух шагах от Лувра, в 1-ом округе Парижа).

Магазин готовой одежды (2) «*Idées halles*» расположен также в самом центре французской столицы – Forum des Halles. Эргоним продуманно созвучен слову *idéal*.

Название ресторана (3) «*L'effet mer*» (эффект моря) в г. Этрета, расположенном на морском побережье, ассоциируется со словом *l'éphémère*, которое привносит характер чего-то преходящего, призрачного.

Вывеска ресторана (4) «*Les Pérot-Quais*» в приморском городе Ля Рошель также является игрой слов, имея в своем составе элемент *Les Pérot* от названия улицы, на которой он находится – *Saint Jean du Pérot*, и слово *quais* (набережные). А все вместе произносится как слово, значениями которого являются: попугай; абсент (разг.); брам-стенг, брамсель (морские термины). Все они тем ли иным образом характеризуют ресторан.

Морская тематика продолжается в эргониме (5) «La Mère agitée» (беспокойная мамаша). Название данного ресторана, конечно же, вызывает в памяти выражение la mer agitée (бурное море).

(6) «La scène rit du clown» это ресторан-блинная. При входе посетителей встречает большой клоун. Названия блюд также проникнуты атмосферой цирка. Сам эргоним является каламбуром: прочитываясь как «Блин смеется над клоуном», он также содержит второй, скрытый вариант La scène rit du clown – «Блинная клоуна».

Название бара (7) «Chai Antoine» включает слово chai (винный склад, погребок) и личное имя Antoine (в честь Антуана Блондена, журналиста и писателя), что легко переходит в лингвосознании читающего в Chez Antoine – «У Антуана».

Вывеска магазина игр (8) «Jeux demain» (игры (на) завтра) легко преобразуется в jeux de mains (игры для рук).

Магазин сыров в Лионе называется (9) «L'art des choix», что переводится как «искусство выбора». За предъявленным текстом вывески, как можно догадаться, прячется другой – l'ardéchois, прилагательное от слова L'Ardèche, называющего департамент на юго-востоке Франции, известный своими сырами, в т. ч. и из козьего молока.

Название ресторанички (10) «Les gourmands disent...» дословно значит «Гурманы говорят». Но глядя на вывеску, легко восстановить имплицитное содержание эргонима – «Les gourmandises» (лакомства).

(11) «Coiff' émoi» – вывеска салона-парикмахерской. На «первом срезе» – корень глагола coiffer (причесывать; надевать что-либо на голову; существительное coiffe – головной убор; чепчик; чепец) и существительное émoi (смятение, волнение). Прочитанные вместе слова дают фразу Coiffez-moi (Причешите меня).

Владельцы магазинчика посуды и предметов декора на улице Келлер в Париже назвали его (12) «La ménagère apprivoisée» (прирученная хозяйка). Это игра слов от названия пьесы Шекспира «La mégère apprivoisée», то есть «Укрощение строптивой». Такое оригинальное название связано с местоположением магазина – рядом с театром Pandora и, возможно, дополнительно с любовью владельцев к английскому театру. Данный случай может быть также квалифицирован как паронимическая аллюзия.

Литературная аллюзия использована в названии парикмахерской (13) «La belle et le barbu» (Красавица и бородач), где прецедентным является название известной сказки «La belle et la bête» (Красавица и чудовище), известной у нас как «Аленький цветочек».

Встречаются и похожие эргонимы, что объясняется, как в случае со словом passage (проход), расположением предприятия. В языковую игру включаются слова pas (шаг) и sage (смирный; умеренный, скромный), омофоны ô (междометие) и au (слитный артикль), а также выражение au passage (мимоходом): (14) «Ô pas sage» – ресторан в Сент-Оране, (15) «au pas sage» – обувной магазинчик в Онфлере и др.

Игра слов в эргонимах может также основываться на многозначности слова. Так, лексема impression имеет следующие значения: тиснение, набивка узора на ткани; печатание, печать; оттиск, отпечаток, след; впечатление, ощущение. Эта полисемантность использована на вывеске лионского магазина, продающего товары, связанные с копировальной техникой, то есть с печатью: (16) «J'ai l'impression...» (Мне кажется/У меня такое впечатление...).

В эргониме (17) «Impressionne-moi», номинирующем салон, где могут нанести на ткань любой рисунок, присутствует глагол impressionner (производить впечатление; волновать; трогать) в повелительном наклонении. Но сама ситуация фокусирует внимание на значении омофона impression – набивка узора на ткани.

Магазин по продаже книг, а также канцтоваров и прессы в Онфлере назван (18) «A plus d'un titre», что значит «по многим причинам». Слово titre обладает многими значениями, среди которых – звание, должность; титул чемпиона; документ, ценная бумага и др. Конечно, в данном контексте имплицитно присутствует самое распространенное – заголовок, заглавие, название (книг, газет и журналов).

(19) «Le petit chou de Bruxelles» – ресторан, на вывеске которого вследствие многозначности слова chou сплелись два прецедентных выражения: mon petit chou – ласковое обращение к любимому, близкому человеку, и chou de Bruxelles – брюссельская капуста. Результатом явилось телескопированное выражение.

Порой номинаторы используют в эргонимах цифры, вплетая их в слова, что приводит к появлению своеобразных вывесок-ребусов. Например, ресторан (20) «7e b'art» (Septième art, Седьмое искусство) в центре Парижа, вблизи кинотеатров Больших Бульваров имеет явно выраженную тематику кино (что поддерживается постерами на стенах). Кроме того, в эргониме находим и слово bar.

Магазин белья в Ницце называется «Les 2 sous de Laura» (21). На первый взгляд эргоним расшифровывается как «2 су Лоры», но при «втором срезе» получаем Les dessous de Laura (Дамское белье от Лоры).

Бар на улице Монмартр, в котором можно перекусить салатами и сэндвичами, назван (22) «Croc2dent» (Croque dedans ≈ Откуси). Здесь можно «вычитать» такие слова, как croq (повелительное наклонение глагола croquer – грызть, хрустеть в фонетическом письме) и dent (зуб), что перекликается с направлением заведения.

(23) «Ô 3/4 En Bar» (aux trois quarts en bar) – бар в Тулузе. В данном эргониме игра построена на сплетении выражения au trois quarts (по большей части) и слова carambars (карамельные палочки с шутками в обложке). К тому же эксплицитно присутствует выражение en bar.

Для придания эргониму игровой, людической функции используется сочетание в нем вербальных и изобразительных средств передачи информации. Такие тексты принято называть креолизированными. В них слова и иллюстрации крепко спаяны. Можно предположить, что владельцы различных коммерческих предприятий, задумавшие их, обладают чувст-

вом юмора, оптимистично-веселым взглядом на жизнь, что влечет за собой и соответствующую атмосферу заведения.

Рассмотрим, например, оргоним (24) «Retouche services» (ателье мелкого ремонта). В нем вместо буквы «о» изображена пуговица, а вместо буквы «и» – катушка ниток. Такая вывеска, скорее всего, настроит клиента на веселый лад.

Владелец бара-ресторана (25) «La Tortue» в Брюсселе подошел с юмором к вывеске своего заведения: вместо буквы «о» там нарисована веселая черепаха.

В названии булочной (26) «Au croissant doré» само слово «croissant» заменено на его изображение. Такая визуальная иллюстрация денотата, возможно, скорее привлечет внимание покупателей, нежели его вербальная оболочка.

Еще более изобретательный подход видим на вывеске (27) «OH rest'o» (В ресторане). На ней первые две буквы представляют собой, соответственно, тарелку и нож с вилкой, соединенные десертной ложкой. Нельзя, кроме того, не заметить и другие приемы воздействия на адресата, то есть потенциального клиента: сокращенная разговорная форма слова (resto), омофония междометия «Oh» и слитного артикля «au», да и в подтексте ощущается другое семантическое наполнение – Oh, reste, ô (О, останься, о!). Такая аккумуляция разнообразных приемов, имеющих одну цель, привлекает внимание.

Вывеска парикмахерской (28) «Crazy Look» (Сумасшедший вид) также является креолизованной: в слове Look две буквы «о» представляют собой кольца половиной нарисованных ножниц. Добавим, что и здесь наблюдается дополнительный способ усиления воздействующей силы – использование англицизмов.

В другом случае на стекле витрины ресторана его название представлено вербально (29) «L'os ou L'arête» (Животная косточка или рыбная), а в полуметре на двери – в виде изображения этих косточек вместо слов.

А в названии парикмахерской (30) «Objectif» нарисованы продетые через первую букву ножницы.

В связи с последним примером надо заметить, что хотя эргонимы по своей цели предполагаются оригинальными, неповторимыми, анализ показал, что есть и узуальные случаи, своего рода «классика» (un classique indémodable). Например, присутствие в названиях парикмахерских салонов фамильярного слова *tif/tifs*, обозначающего «волосы»/«шевелюра». Это явление наблюдается на многих вывесках, потому что само слово *tif* является омофоном финалии прилагательных мужского рода и его легко выделить в составе слова. Как правило, сам элемент *tif* отделен от корня апострофом. Приведем несколько эргонимов такого типа:

(31) «Distinc'tiff» (отличительный, характерный), (32) «Défini'tif» (окончательный, бесповоротный), (33) «Créa'tiffss» (творческий), (34) «Attrac'Tif» (привлекательный), (35) «Sympatiffs» (36) «La Firm'A tifs» (утвердительный). В последнем названии дополнительно заложено и второе прочтение – La firme à tifs.

Вывеска парикмахерской (37) «faudra tif hair» – еще один любопытный пример игры слов. Она вклю-

чает глагол *falloir* в будущем времени, слово *tif* и англицизм *hair* (волос) и является омофоном предложения *Faudra t'y faire* (Тебе нужно будет привыкнуть).

Необходимо отметить, что названия парикмахерских, включающих английское слово *hair*, являются достаточно распространенными. Англицизм *hair* используется в различных французских словах в виде графемы звукоочетаний [er / ɛr]. Вывески с ним могут содержать известные выражения, клише, то есть прецедентные имена:

(38) «L'Hair du Temps» (l'air du temps) – дух времени; духи Nina Ricci.

(39) «l'hair de Paris» (l'air de Paris) – дух Парижа.

(40) «hair pur» (air pur) – чистый воздух.

(41) «la chambre à hair» (la chambre à air) – ТВ программа, идущая в прямом эфире с улиц города.

(42) «tête en l'hair» (tête en l'air) – ветренник.

(43) «L'Art 2 plHair» (l'art de plaire) – искусство нравиться (отметим ребусный характер эргонима).

(44) «sup'hair belle» (super belle) – раскрасавица.

На вывесках парикмахерских салонов встречаются и отдельные лексемы, созданные их владельцами с использованием англицизма *hair*:

(45) «capill'Hair», (46) «Lib' hair' té», (47) «comment'hair», (48) «syn'haire», (49) «rock hair», (50) «Biosp'hair», (51) «cors'hair» (напоминающий о прошлом города Сен-Мало в Бретани), (52) «les xp'hair», (53) «xp'hair ience» (где к тому же вместо буквы «X» изображены раскрытые ножницы). Отметим в двух последних отсутствие буквы «е» в начале слов, что привносит некоторую «ребусность».

Некоторые из эргонимов с англицизмом *hair* являются именами собственными: (54) *val hair ie* (Валери – возможно, хозяйка парикмахерского салона), (55) «A'Pauline 'Hair» (Полин – хозяйка салона, к чему добавляется ассоциация с именем поэта Аполлинера), (56) «Volt'hair» (находится на бульваре Вольтера в Париже), (57) «Buenos Hair» (Буэнос-Айрес).

Кроме собственно игры слов, ее креативных составляющих нас заинтересовали и образы, включенные в такие эргонимы. В приведенных выше названиях парикмахерских салонов собственно сути заведения отвечали слова *tif* и *hair*.

Что касается вывесок книжных магазинов, то здесь другая картина. Они содержат больше различных слов, представляющих понятия, тем или иным образом связанные с книгами, с печатью. Кстати, само слово *livres* (книги) видим в названии магазина (58) «Des livres et nous» (Книги и мы). Вторым же, скрытым названием является *Délivrez-nous* (Освободите нас), что можно трактовать как своеобразное молчаливое обращение книг к прохожим.

Двойная актуализация может включать имя известного автора, как в следующем эргониме из г. Этрета: (59) «Les Mots Passants». Эксплицитно здесь дано выражение «Проходящие слова / Слова-прохождение». Имплицитно, по ассоциации, вычитывается омофон *Maupassant*. Кстати, буква М имеет вид томика книг.



На вывеске букинистического магазина в Нанте слово-гипероним *Littérature* «прячется» за (60) «*Lis Tes Ratures*» (Прочти свои помарки).

Эргоним (61) «*Lancruy*» обязан своим происхождением антропониму *Lancru* – фамилии бывшего владельца земли, на которой была построена одноименная улица, где и расположен этот книжный магазин, торгующий также канцтоварами. Это название «прячет» слово *l'encrier* (чернильница), коррелирующее с предметами продажи.

Вывеска в г. Фекане (62) «*Le Chat Pitre ... s'agrandit!*» включает слова *chat* (кот), *pitre* (паяц, скоморох) и *s'agrandir* (расти, увеличиваться). Но по ассоциации можно вычитать и иное, литературное название книжного магазина: *Le Chapitre s'agrandit* (Глава растет).

Один из книжных магазинов Парижа называется (63) «*libre ère*» (свободная эра), что в достаточно прозрачном подтексте прочитывается как *librairie* (торговец книгами).

Игра слов на базе названия пьесы Шекспира «*The Tragedy of King Lear*» дает (64) «*Le Roi Lire*» (Король

Лир), где имя короля представлено его французским омофоном – глаголом *lire* (читать).

В эргониме (65) «*Harmonie*» фонетически ассоциативно выделяются элементы *art* (искусство), *mot* (слово), *nid* (гнездо), что позволяет усмотреть в названии сравнение книжного магазина с гнездом для слов как носителей искусства.

Как видно, на вывесках книжных магазинов в языковой игре используются разнообразные слова, семантически связанные с продаваемым товаром.

В заключение обзора отобранных коммерческих эргонимов можно сказать следующее. Без количественных подсчетов, что не входило в задачи исследования, наблюдения показывают, что игра слов создается преимущественно на базе омофонов, гораздо реже – с помощью многозначных слов. Для достижения игрового эффекта используются также числительные (часто в виде ребуса), графические и изобразительные средства, заимствования, аллюзии, телескопирование. Появляющаяся в таких случаях двойная актуализация придает эргониму семантическую двуплановость, а игровая форма прагматически рассчитана на его шутивно-юмористическое восприятие.

### Литература

1. Данилевская Н. В. Языковая игра // Стилистический энциклопедический словарь русского языка / под ред. М. Н. Кожинной. М.: Флинта: Наука, 2006. С. 657 – 660.
2. Емельянова А. М. Эргонимы в лингвистическом ландшафте полиэтнического города (на примере названий деловых, коммерческих, культурных, спортивных объектов г. Уфы): автореф. дис. ... канд. филол. наук. Уфа: ИПК БГПУ, 2007. 23 с.
3. Овсянникова К. В. Актуальные тенденции в образовании коммерческой номинации (на материале наименований предприятий общественного питания) // Вестник ВГУ. (Серия: Филология. Журналистика). 2012. № 2. С. 69 – 71. Режим доступа: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/philolog/2012/02/2012-02-18.pdf>
4. Подольская Н. В. Словарь русской ономастической терминологии. М.: Наука, 1988. 192 с.
5. Шакирова Т. В. Антропонимические эргонимы в коммерческой номинации (на материале тюменских наименований) // Молодой ученый. 2012. № 4. С. 259 – 261.
6. Шимкевич Н. В. Русская коммерческая эргонимия: прагматический и лингвокультурологический аспекты: автореф. дис. ... канд. филол. наук. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2002. 22 с.

### Информация об авторе:

**Серова Любовь Федоровна** – кандидат филологических наук, доцент кафедры французской филологии КемГУ, [avores5@mail.ru](mailto:avores5@mail.ru).

**Lyubov F. Serova** – Candidate of Philology, Associate Professor, Assistant Professor at the Department of French Philology, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 29.12.2014 г.

# ОБЪЕКТНЫЕ РАСПРОСТРАНТЕЛИ В КОНСТРУКЦИЯХ С МЕНТАЛЬНЫМИ ГЛАГОЛАМИ В ХАКАССКОМ И АЛТАЙСКОМ ЯЗЫКАХ

*М. Д. Чертыкова*

## OBJECTS IN CONSTRUCTIONS WITH MENTAL VERBS IN THE KHAKASS AND ALTAI LANGUAGES

*M. D. Chertykova*

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФНФ (проект № 14-04-00201).*

В статье анализируются семантические характеристики и сочетаемостные возможности хакасских и алтайских ментальных глаголов (глаголов мыслительной деятельности), в частности, выявляются и сопоставляются их объектные распространители.

The paper analyzes the semantic characteristics and combinatory features of the Khakass and Altai mental verbs (verbs of cogitative activity), in particular, their object distributors are revealed and compared.

**Ключевые слова:** хакасский язык, алтайский язык, ментальный глагол, семантика, лексико-семантический вариант, объектные распространители.

**Keywords:** Khakass language, Altai language, mental verb, semantics, lexical-semantic option, object distributors.

Статья посвящена выявлению семантических и синтагматических характеристик хакасских и алтайских ментальных глаголов, а также сопоставлению способов выражения их объектной семантики. В связи с этим представляется важным провести семантический анализ семантики ментальных глаголов, концентрируя особое внимание на их объектном выражении.

Алтайские ментальные глаголы в лексико-семантическом аспекте исследованы Б. Б. Саналовой: автором составлена семантическая классификация лексико-семантической группы (ЛСГ) ментальных глаголов, выявлены дифференциальные признаки значений наиболее частотных глаголов, а также проведен их сопоставительный анализ с глаголами подобной семантики в киргизском языке [7]. В хакасском языке ментальные глаголы изучены также с точки зрения их семантики и парадигматического устройства лексической группировки. Результаты данного исследования представлены в отдельных статьях М. Д. Чертыковой [12 – 16 и др.].

Ментальные глаголы (или глаголы интеллектуальной (мыслительной) деятельности) являются одной из основных и важнейших лексических групп глаголов в любом языке. В то же время в тюркских языках данный класс глаголов является одной из малочисленных лексических группировок, что объясняется многозначностью их значения, которая покрывает все необходимое многообразие мыслительных процессов. При классификации один и тот же глагол в своих разных лексико-семантических вариантах (ЛСВ) может рассматриваться в составе разных подгрупп. Это обуславливает необходимость учета функционально-семантических признаков глагольных лексем при анализе их иерархической организации.

Хакасскому доминирующему глаголу **сағын** «думать» соответствует алтайский глагол **санан** «думать», образованный от имени **сана** «мысль, ум, сознание». Б. Б. Саналова выводит 12 ЛСВ в его семантике [7]. Хакасский глагол **сағын** «думать», по нашим подсчетам, имеет 6 первичных и 4 вторичных ЛСВ, а также действует в составе 4 сложных глаголов, построенных по типу **сағын** + вспомогательный глагол [16].

В хакасском языке действует глагол **сана**, совпадающий по внешней оболочке с алтайским **санан**, но

в их содержании произошли исторические семантические сдвиги. Если алтайский глагол **санан** «думать» называет мыслительный процесс как таковой, то в семантической структуре хакасского глагола **санан** «считать» представлены разновидности семантики высказывания, мнения, суждения [12].

Как и в других языках, в хакасском и алтайском языках ментальные глаголы в конструкциях требуют замещения таких основных позиций, как субъект и объект. Семантические различия в семантике ментальных глаголов определяют набор возможных конструкций, репрезентирующих те или иные способы выражения объекта, или, иными словами, управление теми или иными объектными конкретизаторами зависит от особенностей семантики ментального глагола.

В семантике ментальных глаголов в хакасском и алтайском языках мы выделяем следующие основные объектные распространители.

### 1. Имя или зависимое придаточное предложение в вин. п.

При ментальных глаголах объект в форме в. п. выражает содержание мысли, конкретный предмет, явления окружающей действительности. В контекстах ментальных глаголов употребление объекта мысли в вин. п. обозначает явное обладание субъекта объектом, т. е. субъект является автором, производителем объекта мысли.

Как отмечает А. Т. Тыбыкова, в алтайском языке наиболее частотными являются глаголы **санан** «думать», **ведать**, **бил** «знать», **он'до** «понимать». «Они сочетаются как с абстрактными именами, так и с конкретными: **энезин санан** «думать о своей матери», «скупать по своей матери», **улусты он'до** «понимать людей», **керекти он'до** «понимать дело, обстоятельство», **ишти бил** «знать работу» [8, с. 138]. Также в алтайском языке объектом в вин. п. могут управлять глаголы **айла** «понимать», **бичи** «писать», **кычыр** «читать», **шин'де** «изучать исследовать», **үрен** «учить, усваивать, разучивать», **чүмде** «сочинять», **талда** «выбирать, отбирать», **таны** «узнать», **унды** «забыть», **эске ал** «вспомнить», **баала** «оценивать» и др. [11, с. 143].

В хакасском языке объектом в форме вин. п. могут управлять такие глаголы, как **сағын** в ЛСВ «вспомни-

нать», **пiл** «знать», **пiлiн** «сознавать, осознавать», **пiл пол** (чаще в отр. форме) «понимать», **пiлiп ал** «понимать», **сагысха кир** «вспоминать», **сана** «считать», **санга ал** «брать в расчет», **паала** «оценивать», **тиннестiр** «сравнивать», **онар** «понимать», **онна** в ЛСВ «понимать», **онна** в ЛСВ «замечать», **онна** в ЛСВ «помнить», **сизiн** «замечать», **сизiк тарт** «понять, смекнуть», **сис** «замечать», **хабын** «спохватиться», **iстес** в ЛСВ «исследовать», **сыныхта** «проверять» и др. Примеры: *Тайга нымзаанда ѓскен оолах чазы хуон-нарын пiр деє пiлбеєн* (Хт, 15) – Выросший в таежной колыбели мальчик совсем не знал степных вихрей. *Кѓзiдiмнернi тiцнестiрiцєр* – Сравнивайте примеры.

В роли дополнения могут выступать имена, обозначающие имя действия живых существ или деятельности человека, определенную форму высказывания, одушевленных существ и их состояния, предметы пользования и т. д. В хакасском языке мы выделили 6 семантических групп имен, потенциально замещающих позицию объекта в вин. п. в конструкциях ментальных глаголов. Однако не все ментальные глаголы могут управлять объектом в вин. п. Логически не соотносятся с прямым объектом глаголы со значением мнения: **сана** «считать», **сагын** в ЛСВ «считать», **кѓр** в ЛСВ «считать, полагать».

## 2. Объектный инфинитив

Под объектным инфинитивом подразумевается инфинитив, выполняющий функцию объекта при глаголе. Синтаксисты такие конструкции называют аналитическими конструкциями на **-арга**, инфинитивными конструкциями или модальными конструкциями. Чаще инфинитивом в качестве объекта управляют глаголы со значением намерения, «обозначающие психическую установку человека на совершение или несовершение действия, названного предикатным актантом. Осуществление действия зависит от воли и намерения субъекта» [8, с. 74]. Далее А. Т. Тыбыкова глаголы намерения по интенсивности условно распределила по трем ступеням: 1) высшая ступень – полная готовность субъекта совершить действие; 2) средняя ступень: твердое, достаточно ясное, осознанное намерение субъекта совершить действие; 3) слабая ступень: намерение только формируется, обдумывается, а решение окончательно не принято [8, с. 74 – 75].

Рассматриваемые нами глаголы – алт. **санан** «думать» и хак. **сагын** «думать» – по семантике попадают под третью, слабую, ступень, поскольку называют намерение на стадии обдумывания и принятия решения. Однако в зависимости от контекста они могут выражать и разные оттенки решимости и намерения.

Значение намерения, возможности действия в алтайском языке ЛСВ глагола **санан** «думать» в объектном отношении реализует тремя способами: инфинитивом **-рга**, конструкциями **ар + деп** и показателями желательного наклонения **-айын / -ейин + деп**. Примеры: *Бу јан'ы јылдын' тјунин мен нѓкѓрлѓримле ко-жо уткырга санангам, је база ла немее болбоды* (ЛК, ЈП, 169) – Эту новогоднюю ночь я хотел встретить с друзьями, но снова ничего не вышло. *Алан бијыл лы јолды јазап алар деп сананды* (ЭП, БЈЭ, 39) – Алан решил в этом году обязательно отремонтировать дорогу. *Городтын' котледин јийин деп санангам* (ЭП, БЈЭ, 13) – Я хотел попробовать городские котлеты.

(Алтайские примеры заимствованы из монографии Б. Б. Саналовой [7]).

Хакасский глагол **сагын** «думать» в ЛСВ «собираться, намереваться что-л. делать» может управлять объектным инфинитивом, чаще распространенным: *Минiң хызым имчiге јгренєрге сагынча* – Моя дочь собирается учиться на врача. *Пiрсiнде тичєзiнєң хада кинога парарга сагыныбысханнар* (Ат, 48) – Однажды они с сестрой собрались идти в кино. При реализации значения намерения глагол **сагын** обычно имеет аффикс настоящего времени **-ча**. *Пайга паза хачан даа чалчы пол чѓрбєссiм тiп сагынчам* (Чч, 16) – [Я] думаю (намерен), больше никогда не быть батраком у бая. Если же глагол **сагын** принимает аффикс прошедшего времени, то он актуализирует свое основное значение: *Пайга паза хачан даа чалчы пол чѓрбєссiм тiп сагынгам* (Чч, 16) – [Я] думал, мол, больше никогда не буду батраком у бая.

Зависимая конструкция **арга + связка тiп** возможны при сложных глаголах **сагын сал** в ЛСВ «задумать» и реже **сагынып ал** в ЛСВ «1. придумать; 2. задумать». *Пазагы чыл ол кѓлзєр пазох парарга тiп сагын салгам* – Я задумал на будущий год снова поехать к этому озеру.

Значение намерения также реализуется глаголом **чарат** «решать»: *Тасха Матыр поэзынч алты матыр-ларынаң хада пу чирде чуртирга чарадыбысхан* (Хчкч, 19) – Тасха Матыр со своими шестью богатырями решил жить на этой земле.

В семантических структурах хакасского глагола **јгрен** «учиться» и его алтайского аналога **јрен** «учиться» обнаруживается одинаковое значение «приобретать какие-л. знания, умения, навыки», которое реализуется в сочетании с инфинитивом. В данном случае инфинитив называет то действие, к совершению которого приобретает умения и навыки субъект. Примеры: хак. **хыгы-рарга јгрен** «учиться читать», **пазарга јгрен** «учиться писать»; *Ол пiстi тогынарга, пiлiс аларга, чагбан чјрєктiг поларга јгрєтчєң* (Хч, 3) – Он нас учил работать, получать знания и быть добрыми. *Оларны иптiг, кибiрлiг тудынарга јгрєтчєңнєр* (Хч, 8) – Их учили вести себя прилежно, согласно традициям. Алт. **иштєнєрге јрен** «учиться работать», **бичирге јрен** «учиться писать» и т. д. *Мєн ишдєнєтєн машинкала ишдєнєрге јрєнгєм* – Я училась шить на швейной машинке.

Алтайский глагол **амада** «мечтать» может управлять объектным инфинитивом: *Бого јурт тѓзѓѓргѓ амадайтам* – Я мечтал построить здесь село. В хакасском языке отсутствует специальный глагол, называющий значение «мечтать», его функции выполняет глагол **сагын** «думать» в одном из своих ЛСВ. Однако, в отличие алтайского глагола **амада**, данный глагол требует обозначения объекта мечтаний только в форме делибератива.

3. **Делиберативный объект** называет тему речи или мысли и является пропозиционным участником действия (процесса), выражаемого большей частью глаголами речи, т. к. выражает понятие «о ком – о чем идет речь», с глаголами эмоции, где делибератив раскрывает причину эмоционального переживания, и реже – с ментальными глаголами. В русском языке делибератив представлен формой предложного падежа.

В хакасском языке делиберативный объект оформляется формой на **-нанар/-ненер, танар/-тенер, -**

**даңар/-денер**, в алтайском же языке при помощи послелога **керегинде**.

Считается, что форма на **-наңар/-ненер, таңар/-тенер, -даңар/-денер** сравнительно молодая. В хакасских текстах она была зафиксирована впервые в текстах В. В. Радлова и Н. Ф. Катанова [4]. «Эта сложная форма развилась, видимо, из аффикса исходного падежа путем сочетания с так называемым послелогом аффиксом **-ар/-ер**, возникшего, в свою очередь, вероятно, от слова **аар** «дальше, по ту сторону» [1, с. 116]. Данная форма выражения темы речи, мысли, эмоции действует только в хакасском языке. «В других тюркских языках Южной Сибири это «нулевая форма» в сочетании с послелогом (алт. *керегинде*, тув. *дээш*)» [9, с. 5].

В Грамматике хакасского языка [2] данная форма представлена как послелог-аффикс, наряду с аффиксом **-ча/-че**, характерными особенностями которых являются такие признаки, как полное отсутствие самостоятельных лексических значений, слияние с основой сопровождаемых слов, подчинение законам сингармонизма. «Форма на **-наңар/-ненер, таңар/-тенер, -даңар/-денер** восходит к сочетанию аффикса исходного падежа с аффиксом **-ар/-ер**, сопровождает имена, местоимения и причастные формы глагола, используется: 1) для указания на объект речи, мысли или чувства, передаваемого сказуемым; 2) для выражения причинно-следственных отношений, если сказуемое не содержит в себе значений речи, мысли и чувства» [2, с. 267].

В неродственных хакасскому пермских языках также формальными показателями выражения делиберативных отношений отмечаются послеложные и падежные единицы, при этом в каждом из языков доминируют послелоги как основное и наиболее стандартное средство [6].

М. И. Боргояков считает, что эта форма ведет себя вполне как сформировавшийся падеж и по своим признакам она «вплотную приближается к категории падежей, и ее можно было бы включить в качестве девятого падежа в состав склонения, назвав ее условно «причинно-следственным» падежом» [1, с. 117]. Н. Г. Доможаков называет его «исходно-последственным падежом» [3, с. 62]. М. И. Черемисина делиберативный падеж считает одной из 9 форм, выполняющих функции актантов [9, с. 5; 10].

По степени полноты информации делиберативный объект может быть развернутым или свернутым. Развернутым мы считаем делиберативный объект, выраженный придаточным предложением, последний компонент которого содержит показатель **-наңар/-ненер, таңар/-тенер, -даңар/-денер**; его актуальный смысл состоит в выражении сравнительно полной информации о чем-либо. Свернутый делиберативный объект состоит из имени, возможно, с определением, и указывает только на тему речи.

В хакасском языке из ментальных глаголов в управлении делиберативным объектом наиболее частотным отмечен глагол **сағын** «думать». Примеры: *Ўлгее киліп алып, пайып алардаңар ла сағынчалар* (Хч, 2) – Придя во власть, думают только о том, как бы разбогатеть. *Ол тогызынаңар көп сағынча, аннаңар сөстөргө «көйлөк» нимес* (Хч, 3) – Он много думает о [своей] работе, поэтому «не щедр» на слова. *Хыйгаң поэзияңар ла сағынарға читче* (Ат, 91) – Тебе [твоего] ума хватает

только для того, чтоб думать только о себе. *Хосхар алып сабланыстаңар даа сағынмаан. Ол сағынган поэзияң чирі-суунаңар* (Ах, 71) – Богатырь Хосхар даже и не мечтал о славе, он думал о своей Родине.

В своих конструкциях могут также открывать позиции делибератива глагол **пiл** «знать» и его производные сложные глаголы **пiл пол** «понимать» (чаще в отриц. форме), **пiлiп ал** в ЛСВ «получить сведения о происходящей ситуации», глагольно-именное сочетание **сағысха түс** «(букв. спускаться в мысли), задумываться», **хыгыр** «читать» и др. Примеры *Томск облазындагы Тегульдөт районуңда иледе хакастар чуртапчатханынаңар пiс пiлчөбiс* (Хч, 8) – Мы знаем о том, что в Тегульдетском районе Томской области живет много хакасов. *Пос чоңының нуруңгызынаңар пiлерге харасчалар* (Хч, 8) – Они хотят знать о прошлом своего народа. *Чоңымның нуруңгы чуртазынаңар көп пiлiп алгам* (Кч, 7) – Я много узнал о прежней жизни моего народа. *Нимедөңер-де сағысха түзiбiскен, анаң поэзия даа пiлiнмин халып, чылгайахтан парып, сузгар сас-ойда парган* (Ат, 83) – О чем-то задумался, затем и сам не заметил, как, поскользнувшись, упал навзничь на воду. *«Борец» совхозтаңар газетада хыгырчабыс* (Хчк, 57) – Про совхоз «Борец» читаем в газете.

В алтайском языке делиберативным объектом, выраженным сочетанием неопределенного падежа с послелогом **керегинде** управляют глаголы **санан** «думать», **бил** «знать», **амада** «мечтать» и др. *Орой эн'ирде јанып келеле, ээн кыбымдагы орынга јадып, јүрүм керегинде узак сананып јаткам* (ЛК, ЛП, 139) – Возвратившись домой поздно вечером, лежа на кровати в своей пустой комнате, я долго размышлял о жизни. *Бого јурт тәзәбәри керегинде амадайтам* – Я мечтал о постройке здесь села.

В конструкциях алтайского глагола **санан** «думать» тему мысли, кроме сочетания неопределенного падежа с послелогом **керегинде**, также может называть и винительный падеж объекта, который «называя предмет мысли, замыкает процесс мышления определенной «темой», то есть этот объект становится предметом мысли в силу какой-то причины (беспокойство, воспоминание, радость и т. д.): *Арина аказын сананат* – Арина думает о брате (букв. думает брата). Эта фраза понимается так, что Арина вспоминает брата, радуется его удаче, сожалеет о неудаче, думает о чем-то, связанном с ним, и заранее ей известном или ожидаемом, что остается неназванным [7, с. 39]. Для хакасского языка подобные высказывания с глаголом **сағын** «думать» в сочетании с винительным объектом, называющим тему мысли, нетипичны. Глагол **сағын** лишь в ЛСВ «вспоминать» может управлять объектом в форме винительного падежа, о чем мы писали выше. Например, *Ичеемни сағынчам, истенминчем ол чохта* (Ат, 38) – Вспоминаю свою мамочку, мне плохо без нее.

#### 4. Объектные конструкции со связкой **тiп/деп**.

Застывшая деепричастная форма глагола **тi** «сказать» – **тiп** «букв. говоря» в различных фонетических вариантах (**деп, теп, теш, тип**) употребляется во многих тюркских языках. Будучи связкой (или служебным словом), **тiп** является связующим звеном между глаголом и его зависимым придаточным предложением и переводится на русский язык как *мол, что*. Обычно управляют придаточным предложением со связкой **тiп**

глаголы мыслительной деятельности, эмоции, восприятия, но чаще всего, глаголы говорения. «Наличие определенных лексико-семантических групп предикатов – общее для этих конструкций. Специфика проявляется в способах выражения субъекта зависимой предикативной единицы и характере личного оформления зависимого сказуемого» [17, с. 132].

Придаточные предложения со связкой **тіп** являются зависимой частью конструкции ментальных глаголов. Наиболее частотным ментальным глаголом в хакасском языке, доминирующим над объектной конструкцией со связкой **тіп**, является глагол **сағын** в следующих ЛСВ: а) «думать». *Миргенек, ибіре көргелен, нима итчең зе тіп сағынын турган* (Км, 4) – Миргенек, оглядываясь вокруг, стоял и думал, мол, что же делать; б) «считать». *Пиреезі ол кибелістерні оой пасча тіп сағынчаң* (Хч, 5) – Кто-то считал, что он легко пишет стихи; в) «предполагать». При актуализации значения предположения или намерения в зависимой части доминирующего глагола **сағын** сказуемое оформляется формой будущего времени: *Мин сині андағ полар тіп сағынмаам* (По, 54) – Я не думал (не предполагал), что ты такой. *Мында хоосчының саринаң көмес алчаас полар тіп сағынчам* (Хч, 7) – Предполагаю, что здесь со стороны художника, возможно, есть небольшая ошибка. Здесь сказуемое **полар** превносит в высказывание модальное значение предположения.

Если глагол **сағын** реализует значение возможности действия, то объект при нем формируется сочетанием аффикса сослагательного наклонения **-чых** со связкой **тіп**: *Наа чылга харындазым ибзер айланарчых тіп сағынча оолагас* – Вернулся бы мой брат к новому году, думает мальчик.

Алтайский глагол **санан**, так же как и хакасский глагол **сағын**, может управлять зависимой частью со связкой **деп**, если выражает значения намерения, мнения и решения: *Мени, байла, торт болужы жок кижидеп сананган* (ЛК, ЛП, 105) – Наверное, он подумал, что я такой беспомощный человек; *Алан быжыл ла жолды жазап алар деп сананды* (ЭП, БЭ, 39) – Алан решил в этом году обязательно отремонтировать дорогу.

Модальное значение желательности в алтайском языке реализуется в конструкциях с показателями желательного наклонения **-айын / -ейин + деп**: *Городтын котледин јийин деп санангам* (ЭП, БЭ, 13) – Я хотел попробовать городские котлеты.

Б. Б. Саналова выделяет две грамматические формы выражения объекта алтайским глаголом **санан** в ЛСВ «мечтать, воображать»: а) сочетание причастия **-ган** со словом **кижи** «человек» + **деп**. *Бого јурт тӧзӧгӧн кижидеп сананатам* (АЕ, СК, 43) – Я мечтал о том, чтоб построить здесь село; б) сочетание условного наклонения **-са + деп**. Аффикс **-са** придает значению модальный оттенок возможности осуществления желаемого» [7, с. 41].

*Мындый койлор бисте болгон болзо деп санандым* (ЭП, БЭ, 85) – Я мечтаю о том, чтобы были у нас такие овцы. При реализации этого же значения, хакасский глагол **сағын** в своей конструкции требует выполнения второго из указанных грамматических условий: сочетание условного наклонения на **-са / -за** со связкой **тіп**. – *Минің пис хыс полган полза, тіп сағынча ипчи* – Было бы у меня пять дочерей, воображает (мечтает) женщина.

В алтайском языке второй основной ментальный глагол – **бил** «знать», по свидетельству Б. Б. Саналовой, может управлять конструкцией со связкой **деп** в ЛСВ «хранить в сознании информацию о чем-л., иметь сведения о чем/ком-л.» [7, с. 75]. *Айдын колхозтын председатели келиндердин барагында ажанала, эмди јанып бараткан деп билер* (СМ, АК, 28) – Айдын знает, что председатель колхоза, покушав в бараке женщин, сейчас едет домой. В хакасском языке аналогичный глагол **пӱл** «знать» исключает сочетание с придаточным предложением со связкой **тіп**. Однако, при выражении субъективного мнения или предположения, как и в алтайском языке, глагол **пӱл** может вводить придаточное предложение со связкой **тіп**, при этом он употребляется только в прошедшем времени и стоит чаще впереди объектной конструкции, что нетипично для тюркских глаголов. Употребления подобных конструкций в хакасском языке редки. *Пабазы пӱлген чи, оолгын аңнап парарга итсе, хогар тіп* – [Его] отец же знал, что [его] сын будет проситься на охоту. Значение предположения глаголом **пӱл** обычно передается через сочетание с объектом в форме придаточного предложения с доминирующим сказуемым в вин. п.: *Мин пӱлчем нима син чазырчатханыңны* (Хч, 13) – Я знаю, что ты прячешь; *Таңдагы кун хайдаг поларын мин пӱлбинчем* (Хч, 3) – Я не знаю, каким будет завтрашний день.

Б. Б. Саналова у алтайского глагола **бил** в ЛСВ «иметь мнение» отмечает два дифференциальных оттенка: а) мнение – констатация; б) мнение – оценка [7, с. 79]. *Мындый болор деп туку качан билгем* (АЕ, СК, 47) – Я давно предполагал, что так и будет; *Билгем мен оны городтен салерер деп* (ЛК, КТ, 236) – Я предполагал, что он уедет в город.

В хакасском языке управляют также объектной конструкцией со связкой **тіп** такие глаголы, как **киртін** «верить», **ізен** «надеяться», **сана** «считать», **сис** «замечать, догадываться», **сизін** «замечать, догадываться» и др. Примеры: *Палгаан, хоостан тіккен, агастан кирткен нимелерні көрзең, кинек кізі иткен тіп киртінминчезің* (Хч, 9) – Когда смотришь на вязаные, вышитые, из дерева вырезанные вещи, то не веришь, что их **сделал** человек-инвалид. *Мукул прай нима орнында пол парар тіп ізенчеткен* (Ит, 159) – Мукул надеялся, что все будет по-прежнему. *Алай изірік кізіні сох салза, анзы хоптан полбас тіп ізенгеннер бе?* (Хч, 2) – Или они рассчитывали (надеялись) на то, что если избить пьяного человека, то он не сможет жаловаться. *Мин позымны, палаларым парда, часкалыгбын тіп санапчам* (Хч, 3) – Поскольку у меня есть дети, я себя считаю счастливым. *Анда тузалыг нимес тогынчылар парлар тіп сизінгем* (Чт, 1996, 10, 2) – Я заметила, что там есть совсем бесполезные сотрудники. *Мин арачылагчылар саны көп арах ползын тіп санапчам* (Хч, 19) – Я считаю, что количество спасателей должно быть больше.

В алтайском языке, кроме рассмотренных глаголов **санан** «думать» и **бил** «знать», объектной конструкцией со связкой **деп** управляют глаголы: **сес** «чувствовать, замечать, догадываться», **бодо** «считать, полагать», **шүүй сок** «считать» и др. Примеры: *Улустын куучындарынан бу ончозы тӧгӧн деп сезип ийдим* – Из-за разговоров людей я догадался, что все это ложь. *Оля олоҕ кызына јан’ы кышкы тон аларга*

*турган деп шүүй сокты* (И, 4) – Оля предположила, что они хотят покупать дочери новое зимнее пальто.

Конструкции ментальных глаголов с зависимыми придаточными предложениями со связкой **tip** могут быть как моносубъектными, так и разносубъектными. Л. А. Шамина отмечает, что различия в структурной организации этих полипредикативных конструкций определяют различия в способах выражения субъекта зависимого действия и грамматического оформления зависимого предиката [17, с. 135].

Сопоставление ментальных глаголов хакасского и алтайского языков показывает, что их численный набор скромнен и примерно одинаков. Большинство ментальных глаголов характеризуется многозначностью своей семантики, что позволяет им покрывать те или иные ментальные действия в соответствии с контекстом. Мы рассмотрели основные объектные распространители в конструкциях хакасских и алтайских ментальных глаголов, которые являются наиболее частотными средствами выражения позиции объекта: имя или зависимое придаточное предложение в вин. п.; инфинитив, дельбератив, придаточные конструкции со связкой **tip/деп**. Имя в вин. п. и в форме дельбератива при ментальных глаголах представляют собой пропозицию, например, *думать о друге* значит думать о его делах, проблемах, как их решать, что надо бы к нему съездить, написать ему письмо, встретиться с ним и т. д. Придаточное предложение со доминирующим сказуемым в вин. п. и развернутый дельбератив дают более пространное представление об объектной ситуации. Объектный инфинитив обычно представляет собой действие, к совершению которого намеревается или приобретает умения и навыки субъект. В хакасском и алтайском языках здесь совпадают формы выражения объектного инфинитива на **-рга**, и **-рга + tip/деп**. В хакасском языке дельберативный объект оформляется формой на **-наңар/-неңер**, **-таңар/-теңер**, **-данаңар/-деңер**, в алтайском же языке – при помощи послелога **керегинде**. Состав ментальных глаголов управляющих рассмотренными формами выражения объекта примерно одинаков, за исключением некоторых их семантических особенностей.

### Литература

1. Боргояков М. И. Развитие падежных форм и их значений в хакасском языке. Абакан, 1976. 159 с.
2. Грамматика хакасского языка / под ред. Н. А. Баскакова. М.: Наука. 1975. 417 с.
3. Доможаков Н. Г. Описание кызыльского диалекта хакасского языка: рукопись канд. дис. Абакан, 1948. Рукописный фонд ХакНИИЯЛИ.
4. Катанов Н. Ф. Грамматика сагайского наречия татарского языка. Красноярск, 1882 – 1884. (Рукопись).
5. Материалы к сравнительному словарю глагольной лексики тюркских языков Саяно-Алтая / отв. ред. Н. Н. Широкова, О. Ю. Шагдурова. Новосибирск: Омега-Принт, 2013. 176 с.
6. Некрасова Г. А. Средства выражения дельбератива в пермских языках // Вестник ВГУ. (Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация). 2012. № 2. С. 147 – 150.
7. Саналова Б. Б. Глаголы мыслительной деятельности в алтайском языке (в сопоставлении с киргизским языком). Горно-Алтайск, 2007. 167 с.
8. Тыбыкова А. Т. Исследования по синтаксису алтайского языка. Простое предложение / под ред. М. И. Черемисиной. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1991. 228 с.
9. Черемисина М. И. Аналитические конструкции инфинитивного типа в тюркских языках Южной Сибири // Языки коренных народов Сибири. Вып. 8. Новосибирск: ИФЛ СО РАН, 2002.
10. Черемисина М. И., Колосова Т. А. Очерки по теории сложного предложения. Новосибирск: Наука. 1987. 197 с.
11. Черемисина М. И., Озонова А. А., Тазранова А. Р. Элементарное простое предложение с глагольным сказуемым в тюркских языках Южной Сибири. Новосибирск: Любава, 2008. 205 с.
12. Чертыкова М. Д. Глагольная репрезентация смыслового поля «мнение» в хакасском языке // Вестник ВЭГУ. 2014. № 1(69). С. 134 – 140.
13. Чертыкова М. Д. Глагольная репрезентация смыслового поля «понимание» в хакасском языке // Вестник Тверского государственного университета. 2014. № 2. (Серия: Филология). Вып. 11. С. 145 – 153.
14. Чертыкова М. Д. К вопросу о ментальных глаголах в хакасском языке // Современные проблемы филологии и методики преподавания языков: вопросы теории и практики: материалы Международной заочной научно-практической конференции, 22 ноября 2013 г. / Елабужский институт Казанского (Приволжского) федерального университета. Елабуга, 2013. С. 198 – 201.
15. Чертыкова М. Д. Семантическая структура глагола **пiл** (знать) и его производных в хакасском языке // Вестник Иркутского государственного лингвистического университета. 2013. № 3(24). С. 178 – 184.
16. Чертыкова М. Д. Семантическая структура глагола **сағын** «думать» в хакасском языке // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 1(57). Т. 1. С. 161 – 165.
17. Шамина Л. А. Изъяснительные конструкции со скрепой деп в тувинском языке // Предложение в языках Сибири: сб. научн. трудов. Новосибирск. 1989.

### Информация об авторе:

**Чертыкова Мария Дмитриевна** – кандидат филологических наук, ведущий научный сотрудник Института гуманитарных исследований и саяно-алтайской тюркологии Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, Абакан, 8-983-259-35-85, chertikova@yandex.ru.

**Maria D. Chertykova** – Candidate of Philology, Leading Research Associate at the Institute of Humanitarian Researches and the Sayan-Altai Tyurcology, Katanov Khakass State University.

Статья поступила в редколлегию 11.12.2014 г.



## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 159.922.1:37.018.1

**К ВОПРОСУ О ЛИЧНОСТНЫХ ДЕТЕРМИНАНТАХ РОДИТЕЛЬСТВА:  
ОТЦОВСТВО И МАСКУЛИННОСТЬ***Ю. В. Борисенко***TO THE QUESTION OF PERSONALITY DETERMINANTS OF PARENTING:  
FATHERING AND MASCULINITY***Yu. V. Borisenko*

Статья посвящена исследованию взаимосвязи отцовства и маскулинности. Рассматриваются возможности мужчин с различными типами маскулинности качественно реализовывать отцовские практики. Приводятся данные лонгитюдного исследования динамики оценки гендерных качеств супругами в период беременности, родов и новорожденности ребенка.

The paper analyzes the results of the fathering and masculinity study. The possibilities for men with different masculinity types to be a good father are described. The paper presents the data on the longitude survey of the dynamics of spouses' gender characteristics self-evaluation during pregnancy, childbirth and having a newborn baby.

**Ключевые слова:** отцовство, маскулинность, гендерная роль, период беременности, отцовские практики.

**Keywords:** fatherhood, masculinity, gender role, pregnancy, fathering.

Родительство является центральной проблемой целого цикла психологических, биологических и медицинских наук. Сегодня в условиях кризиса семьи как социального института вся система родительских ролей претерпевает серьезные изменения. Происходит преобразование супружеских ролей и, как следствие, моделей материнства и отцовства. Растет число детей, растущих в неполной семье, в подавляющем большинстве – это материнские семьи. Современный кризис отцовства во многом обусловлен противоречивыми и стереотипными представлениями о роли отца, смешением отцовских и материнских ролей, выполнением в силу различных обстоятельств женщиной отцовских функций. Это приводит к формированию вакуума в содержании отцовской роли. Мужчины – отцы, не участвующие в жизни ребенка, не имеют практических навыков и опыта общения с детьми, поэтому даже при желании общаться с собственным ребенком часто не делают этого, потому что «не умеют». Однако, по мнению исследователей [9], участие отца в воспитании необходимо для нормального формирования личности ребенка: его социализации, полоролевой идентификации, интеллектуального развития и формирования идентичности. Целый ряд современных социальных проблем связан именно с отстранением мужчин от воспитания молодого поколения. Это имеет и долгосрочные последствия: так как мужчины, выросшие без отцовского влияния, как показывают психологические исследования [15], испытывают сложности в формировании мужской модели ролевого поведения и серьезные трудности при налаживании отношений с собственным ребенком. Это не определяет качество отцовства, однако предполагает определенные усилия для основания данной роли от самого мужчины. В таких условиях мужчина-отец ориентируется на ожидания и представления об отцовской роли своей супруги, которая строит свои представления о том, что значит «быть настоящим мужчиной» и «быть настоящим отцом» исходя из

собственного детского опыта и образа, формируемого СМИ [2]. Этот образ зачастую является весьма противоречивым и объединяет черты гегемонной маскулинности (активность, социальная и финансовая успешность, физическая сила) и андрогинности (такие как эмоциональная экспрессивность по отношению к женщине и ребенку, эмпатия, умение поддержать и выслушать). В результате стремление соответствовать разноплановым противоречивым требованиям приводит к неуспеху, нежеланию и отстранению от общения с ребенком. Однако, по нашему мнению, так как отцовство является частью гендерной роли мужчины, которая не является чем-то унифицированным, а имеет многочисленные проявления и варианты поведения, то разным характеристикам маскулинности и проявлениям гендерной идентичности мужчины свойственны различные проявления отцовских практик, которые оказывают воздействие на развитие ребенка. То есть отцовская роль как кормильца семьи, отцовское поведение, внимание к ребенку, отцовские чувства, способы и экспрессивность их проявления не могут быть уложены в какую-то жесткую идеальную схему. Вариативность проявления мужского гендера находит свое проявление и в различных способах отцовского поведения, ролях и практиках, приемлемых для конкретного мужчины, и имеющих психологическую ценность для развития конкретного ребенка.

Современные исследования отцовства в основном рассматривают отцовство с двух взаимосвязанных позиций или направлений. Исследования в рамках первого направления говорят о значительном влиянии отца на развитие ребенка [13]. Рождение ребенка является вехой в развитии семьи и представляет собой стрессовую ситуацию для этой семьи. Важнейшим фактором нормального пренатального развития ребенка является благоприятная обстановка в семье, эмоциональный комфорт беременной женщины, и здесь, как показали исследования [7], оказалась важна эмоциональная поддержка мужа, благодаря которой



жене удавалось с наименьшими психологическими потерями преодолевать трудности этого периода. Таким образом, еще до рождения ребенка отец оказывает влияние на его развитие через обеспечение благоприятных условий. Позднее отец помогает развитию ребенка через игры. Игры с отцом, в отличие от игр матери, которая ухаживает за ребенком и дает ему чувство безопасности и тепла, помогают развитию моторики ребенка, освоению окружающего пространства, собственного тела, что является важным условием интеллектуального развития ребенка [12].

По мнению W. Fthenakis'a [11], взаимодействие с отцом положительно влияет на когнитивное развитие мальчиков. W. Fthenakis объясняет это тем, что отец дает пример практического и действенного решения различных проблемных ситуаций, пример мужского подхода к решению проблем, поэтому его влияние не так заметно на девочках. Идентификация с отцом является наиболее важным фактором усвоения моральных норм и социальных ролей, особенно мальчиками.

Кроме того, взаимоотношения с отцом влияют на формирование полоролевой идентичности. Важнейшими детерминантами полоролевой идентификации для мальчика являются: 1) доминантность отца; 2) забота отца.

Если отличительной чертой отношений отца и сына является забота и теплота, желание быть таким же «мужественным», как отец, значительно усиливает позитивное восприятие, усвоение мужского поведения и формирование адекватной полоролевой идентичности.

Феномен «патернальной депривации» характерен для многих детей, живущих со своими одинокими матерями. Если нет ни вспомогательного, ни уравновешивающего влияния отца, то значение личности матери становится намного большим, чем при нормальных обстоятельствах [4]. Важным является и отсутствие уверенности и устойчивости в социуме, так как профессия отца представляет обычно реальную и символическую базу экономического обеспечения семьи, а ее основательность является порукой уверенности. В то время как мать предоставляет ребенку возможность ощутить интимность человеческой любви, отец проторяет ребенку путь и отношение к человеческому обществу. Кроме того, отец представляет для детей наиболее естественный источник познаний о мире, труде, технике, способствуя как их ориентировке на будущую профессию, так и созданию социально полезных целей и идеалов. Если отца нет, то это имеет еще другое косвенное депривационное влияние [15]. Дело в том, что если матери одной приходится нести все экономические и воспитательные заботы о семье, то она, как правило, бывает настолько занятой, что у нее не остается для ребенка много времени и у нее ослабевает даже интерес к нему. Ребенок в таком случае предоставлен самому себе большую часть дня, может начать бродяжничать, у него больше возможностей для правонарушений.

Отец предоставляет модель мужественности ребенку, особенно мальчику, что особенно важно в подростковый период, который во многом является критическим для формирования стереотипа полоролевого поведения. И. С. Кон [4] описывает, что без такой модели продемонстрировать «мужское поведение» доста-

точно сложно, ведь начиная с детского сада, где все воспитатели – женщины; потом в школе и в вузе мальчик (юноша) встречает модель женского поведения в десятки раз чаще, чем мужского. Если у него нет примера такого поведения перед глазами для того, чтобы выстроить собственное поведение, он либо берет за образец поведение женщины – матери, бабушки, учительницы – и вырастает мягким и чувствительным, что считается «немужественным». Или считает, что поведение мужчины противоположно поведению женщины: если женщины его окружения выполняют социальные нормы, избегают вредных привычек – то мужчина должен поступать «наоборот». Такое понимание «мужского поведения» может привести к злоупотреблению алкоголем и наркотиками и даже к правонарушениям. Исследования детей растущих без отца показали, что такие дети менее успешны в решении конфликтных ситуаций, в решении когнитивных задач, мальчики имеют определенные сложности с половой идентификацией, вызванные сложностью разграничения гендерных ролей [4]. То есть значимость образца мужского поведения – будь то отец, даже дедушка или тренер спортивной секции – неоспорима.

Существует несколько подходов к анализу взаимосвязи и взаимовлияния отцовства и маскулинности [6]. Наиболее часто используется модель Дж. Плека, которая разграничивает отцовство как родительский статус от отцовских практик. Кроме того, в ней дифференцируется маскулинность как мужской гендерный статус и тип маскулинности конкретного мужчины [15]. Отцовский статус включает в себя наличие детей, их количество, воспитание биологических, приемных, усыновленных детей, детей жены или чужих детей (священник, учитель). Мужской гендерный статус связан с биологическими различиями полов, но определяется социально как статус мужчины в конкретном обществе, его функции, привилегии, обязанности. Тип маскулинности конкретного мужчины определяется его собственными личностными и социальными характеристиками и является конкретным (приемом или неприемлемым) вариантом внутри всей группы мужчин данного общества. Отцовские практики – термин новый в отечественной психологической науке, соответствует термину «fathering» в английском языке в противовес термину «fatherhood», что обозначает статус и социальные характеристики отцовства. Отцовские практики определяются как операциональный компонент отцовства, особенности взаимодействия отца с собственным ребенком. Причем с определенным ребенком, если их несколько, поскольку взаимоотношения с конкретным ребенком обусловлены полом, возрастом ребенка, особенностями его развития и здоровья, а также ситуацией его рождения и отношениями с его матерью.

Дж. Плек предполагает, что связь маскулинности и отцовства можно оценить по 6 показателям:

- 1) гендерные различия в воспитании,
- 2) взаимосвязь между присутствием отца и развитием ребенка,
- 3) роль отцовской вовлеченности в жизнь ребенка в развитии личности ребенка,
- 4) влияния наличия детей на оценку своей маскулинности мужчиной,
- 5) уникальность вклада отца в развитие ребенка,

б) взаимосвязь между типом отцовской маскулинности, вовлеченностью отца и развитием личности ребенка.

Эти шесть тем по-разному представлены в литературе и исследованиях. Больше всего исследований посвящено роли отца в развитии ребенка. Иногда ис-

следователи, особенно американцы, все проблемы подростков сводят к отсутствию отца в семье.

Таким образом, взаимосвязь отцовства и маскулинности мужчины является многосторонней и специфически обусловленной (рис. 1).



Рис. 1. Взаимосвязь отцовства и маскулинности по Дж. Плеку [15]

Дж. Плек предполагает, что мужской гендерный статус обуславливает отцовские практики прямо и опосредованно через формирование понятия отцовства и возможный отцовский статус в обществе. Так, доминирование мужской гегемонности в обществе определяет социальный и сексуальный статус мужчины более свободно по отношению к любым женщинам и их детям, не являющимся прямыми наследниками данного мужчины. Он может по типу альфа-самца в животном мире не заботиться о них, не интересоваться вероятностью их появления в результате многочисленных связей. С другой стороны, количество детей может добавлять статуса мужчине, следовательно, в таком обществе мужчины признают и заботятся о всех своих детях. Таким образом, в таких культурах отцовство имеет ограниченный статус: либо ребенок признается, либо нет. Чем более демократично общество, тем больше различных вариантов статуса и, соответственно, отцовских практик оно предлагает мужчине: в современном западном обществе мужчина может юридически признавать ребенка и участвовать в его воспитании экономически и психологически, может признавать и участвовать только психологически, или только экономически, или совсем не участвовать [3]. Мужчина может быть признан отцом или отчимом приемного и не признан отцом своего ребенка и т. д.

Отцовские практики двояко связаны с отцовством и типом маскулинности мужчины. Сам факт принятия статуса отца определяет какие-то отцовские практики, принятые в данной среде, однако и взаимодействие с ребенком может изменить отношение к отцовскому статусу, например, через усыновление ребенка жены.

Отцовство как статус связано с типом маскулинности конкретного мужчины. А тип маскулинности и мужской гендерный статус влияют на то, каким образом будут взаимосвязаны статус отца и отцовские практики в данной среде. Хотя Р. Коннел [8] выделяет несколько типов маскулинности: гегемонная, сообщническая, подчиненная, маргинализируемая, чаще всего выделяют два типа маскулинности – гегемонную (фаллоцентрическую) и логоцентрическую. Представители первого типа очень активны, агрессивны, физически сильны, часто асоциальны, гиперсексуальны и не заботятся о собственных детях. Второй тип имеет высокий интеллект и такие характеристики, как настойчивость, заботливость, верность. Такие мужчины хорошо выполняют отцовские функции. Таким образом, тип маскулинности мужчины

определяет взаимодействие с ребенком и эмоциональную, операциональную и смысловую нагрузку этого общения. Но и само взаимодействие с ребенком, педагогическое совершенствование и реализация себя в нем тоже трансформируют представление о собственной маскулинности.

В реальности существует огромное многообразие вариантов проявления маскулинности, связанных с целой совокупностью личностных, поведенческих и социальных характеристик, которые включаются в гендерную идентичность мужчины. Таким образом, отцовство и отцовские практики, являющиеся производными гендерной идентичности, взаимосвязаны с особенностями маскулинности мужчины. Эти особенности и, возможно, тип маскулинности мужчины определяют отношение к отцовству мужчины. Само отцовство обычно исследуется с двух позиций [5]. С одной стороны, отцовство рассматривается как социальный институт, определяющий требования и ожидания общества по отношению к родительской роли мужчины. С другой стороны, отцовство проявляется в практической деятельности мужчины по воспитанию детей и уходу за ними, что описывается понятием *отцовские практики*, или стили воспитания [15]. Такая научная традиция объясняет характерное для отцовства различие между отцовством как родительским статусом и отцовством как родительским поведением и идентичностью. Большинство авторов считает, что именно рождение ребенка и взаимоотношения с ним дают мужчине шанс социализироваться самому, шанс саморазвития [10]. В древних культурах мужчина до рождения своего первого ребенка считался отроком [4]. Для мужчины – это проблема личностного развития, проблема принятия своих чувств и их самоконтроля. Подростающий ребенок становится продолжением мужчины, удовлетворяет потребность в ученике, в собственной значимости. В целом существует определенное количество качественных эмпирических исследований отцовства, в основном – узких направлений. В качестве теорий, дающих материал для исследования факторов оптимизации развития личности ребенка и мужчины, выросшего в условиях неполной семьи, выделяются:

а) теория жизненного пути (которая исследует, как мужской опыт отцовства изменяется в связи с различными периодами жизни);

б) социальная описательная теория (которая подчеркивает, что отцы усваивают культурные образцы и роли);

в) теория социальной идентичности (которая сосредотачивается на том, как мужчины воспринимают идентичность отца относительно их других социальных ролей).

В терминах Э. Эриксона отцовство повышает генеративность взрослых мужчин. Другие ученые применяли понятия экономических теорий для описания решения отца вносить свой вклад в жизнь ребенка или уйти из семьи [10].

Кроме того, большинство современных работ утверждает, что родительство не является просто личностным феноменом, оно во многом обусловлено супружескими отношениями [15; 7]. Эта идея не нова и для российских семейных психологов, однако в основном она постулируется в работах, основанных на практике семейной психотерапии. Теоретическое обоснование данного постулата дается в терминах системной семейной терапии. В американской традиции исследования отцовства выделяются работы [9; 14], в которых акцент смещается на роль женщины-матери как партнера мужчины-отца, во многом определяющего отцовское поведение последнего. W. Doherty, например, предлагает специально учить женщин «обучать» мужчин ответственному отцовству [9]. Дж. Плек доказывает, что вовлеченность отца в жизнь ребенка прямо взаимосвязана с вовлеченностью матери [14]. Дж. Плек высказывает идею о том, что собственная родительская идентичность может быть определена только в тесной взаимосвязи с оценкой своего партнера как родителя и с представлением об оценке себя как родителя в глазах супруга. При этом предполагается, что это одинаково значимо как для мужчин, так и для женщин. То есть отцовская идентичность тесно связана с оценкой своей жены как матери и с теми ожиданиями, которые она имеет по отношению к отцовскому поведению мужа. Эти идеи находятся в согласии с концепцией трансгенерационной передачи [7], где указывается, что климат в семье и отношение к детям передаются в семьях через поколения по женской линии. При этом, чем меньше отец принимает участия в жизни детей, тем большая ролевая нагрузка ложится на женщину, особенно в финансовом плане. Материнская идентичность также связана и с ожиданиями мужчины относительно материнского поведения супруги: вопросов возможности выбора и приоритета карьеры жены или воспитания детей. Таким образом, то, каким мужчиной является отцом, тесно связано:

1) с его прошлыми и настоящими взаимоотношениями с собственным отцом, который дает маскулинный образец (то есть модель ролевого поведения мужчины [15],

2) с настоящими взаимоотношениями с супругой, в отношениях с которой эта модель реализуется, оценивается и трансформируется.

Однако исследований, направленных на изучение особенностей формирования отцовства мужчин, выросших в различных условиях выполнения отцовских функций, патернальной депривации, конфликта между родителями, перенесших развод родителей, недостаточно. Мы полагаем, что чрезмерная жесткость, отсутствие или слабость мужской модели поведения у мужчины не ухудшает отношения с супругой и собственным ребенком, но осложняет процесс выстраива-

ния этих отношений. Кроме того, в зависимости от особенностей маскулинности мужчины выстраивают различные отношения с супругой и ребенком. Например, гипермаскулинные мужчины могут вообще не создавать семью, высокомаскулинные мужчины ориентированы на социальный успех, в большей степени способны реализовывать роль кормильца и персонификатора власти в семье, при этом не уделяя времени на общение с ребенком. Мужчины, выросшие без отца, в большей степени ориентируются на собственную супругу, чем на модель поведения своего отца, что может создавать дополнительное напряжение и в детско-родительских и в супружеских отношениях в семье такого мужчины. Андрогинные мужчины в большей степени способны уделять внимание внутреннему, эмоциональному состоянию ребенка. Каждый вариант проявления уровня маскулинности определяет выбор феминной/маскулинной супруги, специфику супружеских отношений и, как следствие, создает специфические условия для взаимодействия с ребенком. Таким образом, большая вариативность типов маскулинности мужчин создает пространство для проявления различных способов взаимодействия с ребенком, которые расставляют смысловые акценты на различных аспектах отцовских ролей и практик. Каждая из этих практик с учетом взаимодействия с супругой может быть признана ценной для развития личности ребенка. Это дает возможность мужчине с любым вариантом выраженности маскулинности при желании найти приемлемый вариант отцовских практик, потому что, на наш взгляд, определенные характеристики типа маскулинности мужчины очень тесно взаимосвязаны с отцовскими практиками, что находит свое подтверждение даже в трансгенерационных исследованиях [7].

Согласно К. Н. Белогай [1], в онтогенезе отцовства можно выделить три основных этапа: 1) стереотипное представление об отцовстве до беременности жены – теоретический этап; 2) изменение стереотипов в течение беременности партнерши; 3) собственно формирование чувства отцовства после рождения ребенка – практический этап.

В период ожидания ребенка и сразу после его рождения происходит ломка стереотипных представлений об отцовстве. Именно этот период можно назвать критическим с точки зрения становления отцовства. В это время начинают формироваться отцовские практики, остальные компоненты отцовства также претерпевают изменения: меняется статус мужчины, соответственно, меняется оценка собственной маскулинности.

Для определения особенностей оценки собственной маскулинности мужчины в период беременности жены и младенчества первого ребенка нами было разработано и проведено лонгитюдное эмпирическое исследование, в котором приняли участие 52 семейных пары на этапе планирования беременности, протекающей беременности и родов и первого года жизни ребенка. Исследование проводилось на базе ЖК № 1 г. Кемерово. Средний возраст мужчин – 29 лет, женщин – 25. Пары опрашивались по нескольким методикам на протяжении года. Всего было сделано пять проб. Первый срез на этапе планирования беременности, второй – в первом триместре беременности, тре-

тий – во втором триместре беременности, четвертый – перед родами, пятый – в месяц ребенка. В качестве контрольной группы выступили 46 семейных пар без детей.

В исследовании применялись следующие методики: опросник С. Бэм по изучению маскулинности-феминности, тест смысловых ориентаций (СЖО) Д. А. Леонтьева, методика Личностный Дифференциал (ЛД), а также некоторые вопросы анкеты, имеющие интервальную шкалу измерения. Отдельно изучались данные, полученные в экспериментальных и контрольных группах мужчин и женщин. Исследование проводилось с молодыми парами, ожидающими первого ребенка.

Исследование уровневых характеристик выборки, состоявшей из 288 человек, показывает, что наибольший разброс наблюдается в данных анкеты, причем как для всей выборки, так и для обеих групп, что свидетельствует о высокой индивидуальности результатов. Данные, полученные с помощью методики СЖО, являются более однородными внутри выборки родителей, что свидетельствует о наличии определенной модели поведения. Сравнение результатов данного исследования со статистическими нормами говорит, что средние и стандартные отклонения данных по шкалам находятся в рамках статистических норм данных методик, данные по опроснику СЖО являются высокой нормой, данные по методике ЛД соответствуют средним значениям норм. Проверка по критерию Фишера (при  $\alpha = 0,05$ ) показала, что на начальном этапе дисперсии экспериментальной и контрольной групп различаются незначимо. Проверка по t-критерию Стьюдента не выявила значимых различий между экспериментальной и контрольной группами во время первого среза, а также попарно между всеми срезами контрольной группы.

Однако существуют значимые различия между показателями разных срезов в экспериментальной группе. По опроснику ЛД у мужчин значимые различия найдены по параметру «Активность» (рис. 2). Мужчины ниже оценивают свою активность во время первого и второго триместра беременности жены, активность повышается ближе к родам и слегка сни-

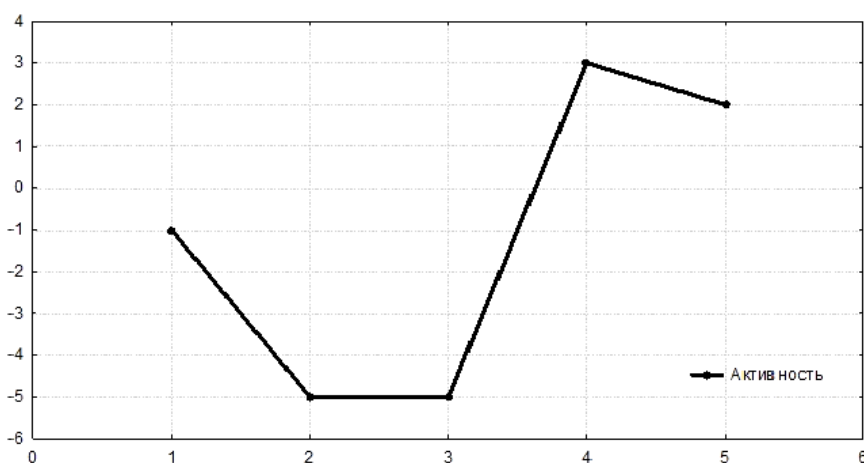
жается через месяц. Это обусловлено множественностью и новизной функций отца, связанных с подготовкой и принятием ребенка из роддома.

По методике СЖО значимые различия были найдены по следующим шкалам: Цели в жизни, Процесс жизни или интерес и эмоциональная насыщенность жизни и Результативность жизни (рис. 3.)

Как видно из графика, все три параметра снижаются в первом и втором триместре беременности и затем устойчиво повышаются, особенно после родов, что соотносится с данными о том, что именно момент появления «видимых признаков беременности» – появление живота и шевеления ребенка – является сензитивным для осознания будущего отцовства. Это подтверждают данные по шкале общей осмысленности жизни (рис. 4).

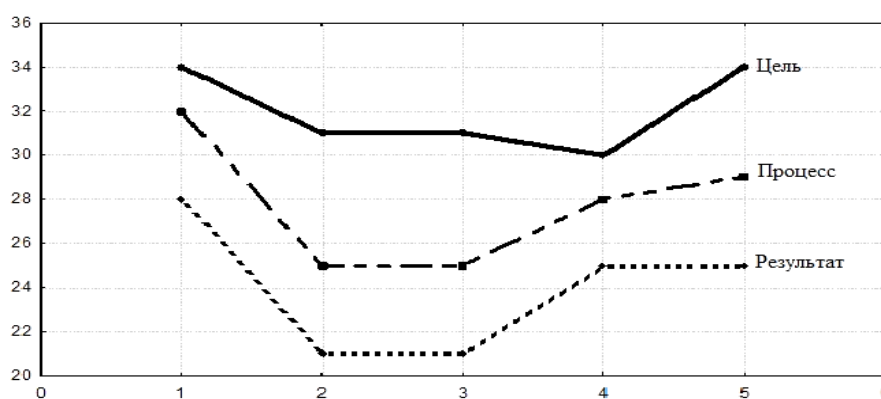
Однако самые интересные данные были получены при оценке собственной маскулинности мужчинами и женщинами. Супружеским парам была дана инструкция оценить себя и своего супруга (супругу) по параметрам маскулинности/феминности (МиФ С. Бэм). В результате была получена следующая динамика оценок (рис. 5).

Как видно из графика, в целом в исследуемый период жизни мужчины в среднем оценивают себя как маскулинных, а своих супругов как феминных. Женщины себя оценивают как андрогинных в период, предшествующий беременности, в остальное время они оценивают себя как феминных. Это связано с изменениями социального статуса, социальных оценок, планов на жизнь, и даже гормонального баланса организма. Мужчины оценивают свою жену в перинатальный период, как более женственную, чем она сама оценивает себя. При этом женщины оценивают мужчин как более маскулинных, по сравнению с собственной оценкой мужчины. Такие результаты могут быть связаны с особенностями перинатального периода в жизни этих пар, спецификой стадии жизненного цикла семьи. Данные, полученные до беременности, не противоречат остальным показателям, но здесь надо учитывать, что беременность уже планировалась. В динамике это выглядит следующим образом.



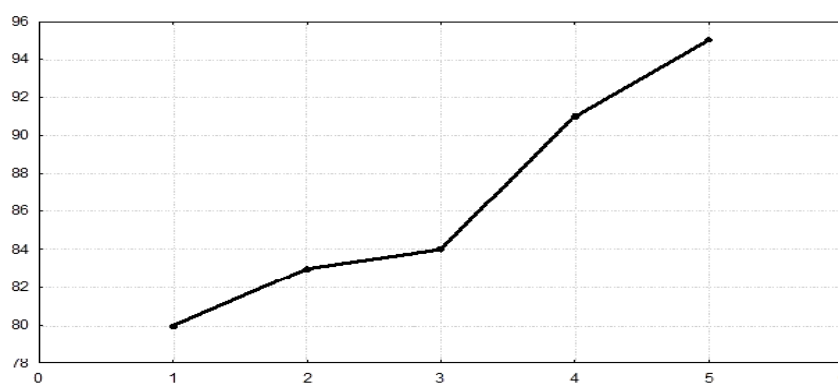
1 – до беременности, 2 – 1 триместр, 3 – 2 триместр, 4 – перед родами, 5 – 1 месяц ребенку

Рис. 2. Динамика параметра Активность в экспериментальной выборке



1 – до беременности, 2 – 1 триместр, 3 – 2 триместр, 4 – перед родами, 5 – 1 месяц ребенку

Рис. 3. Динамика шкал СЖО в экспериментальной выборке



1 – до беременности, 2 – 1 триместр, 3 – 2 триместр, 4 – перед родами, 5 – 1 месяц ребенку

Рис. 4. Динамика шкалы Общей осмысленности жизни (СЖО) в экспериментальной выборке

1. Феминные качества и поведение женщины по оценке мужчин несколько понижаются в первом триместре, а затем возрастают до родов, особенно перед родами, и снова несколько снижаются после рождения ребенка. Это может быть связано с изменением поведения женщины-матери в первые дни после выписки из роддома, принятием новой роли, новой ответственности, большей доминантностью, большим контролем за происходящим в семье. При этом уровень оценки феминности после родов возвращается к тому, что был до беременности.

2. Женщины до беременности в среднем оценивают себя как андрогинных. Затем они начинают оценивать себя как более феминных на протяжении первого и второго триместров, особенно заметен рост феминности в первом триместре беременности – в период осознания, принятия факта беременности. В третьем триместре оценка своей феминности резко снижается – возможно в связи с переживаниями и страхами предстоящих родов и своей внешней «непривлекательности». После родов в период взаимодействия с младенцем оценка своей феминности резко повышается. Это обусловлено и социальными, и психологическими факторами, а также физическими (гормональная перестройка организма).

3. Маскулинные качества мужчины по его оценке повышаются в период осознания факта беременности. Надо, однако, учитывать, что во всех случаях бере-

менность была планируема. Затем остается на примерно том же уровне и повышается после рождения ребенка.

4. Женщины в оценке мужских качеств мужей на протяжении всей беременности согласны с динамикой их самооценки, но всегда оценивают их несколько более мужественными, чем мужчины оценивают сами себя. Однако после родов ситуация противоположная. Оценка маскулинности супруга женщиной резко падает. Возможно, это связано с пережитым опытом родов и новым статусом женщины.

5. Таким образом, оценка собственных гендерных качеств меняется в зависимости от периода жизни человека. В перинатальный период, когда наиболее выражены гендерные и половые различия, она во многом связана и с социальными оценками, и собственными личностными переживаниями этого периода как у мужчин, так и у женщин. Несомненно, переживание беременности супруги и первого опыта общения с ребенком, изменения статуса и трудности выстраивания отношений с новорожденным и его матерью оказывают влияние на оценку собственной маскулинности мужчиной, что ведет к появлению новых форм и моделей поведения. Сказанное выше определяет широкий круг вопросов для психологической практики: полученные в исследовании данные помогут выстроить систему работы с семьями, а также с будущими и настоящими отцами в целях осознания и

принятия особенностей своей гендерной роли и отцовских практик, а также с парами «отец-ребенок» в рамках муниципальных и частных медицинских и семейных психологических центров; могут быть ши-

роко использованы в программах профилактики девиантного отцовства, в программах по работе с молодежью в целом.

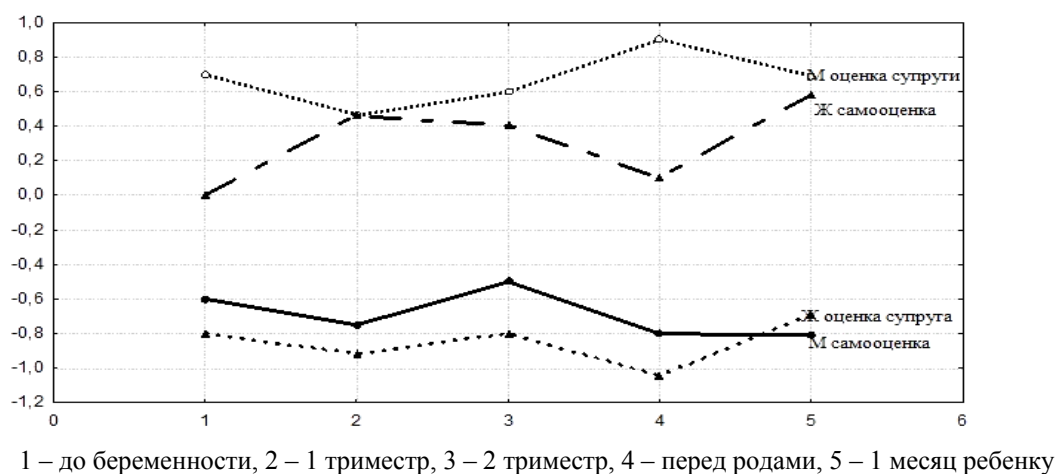


Рис. 5. Динамика оценки маскулинности/фемининности супругами экспериментальной группы

### Литература

1. Белогай К. Н., Морозова И. С. Эмпирическое исследование структуры родительского отношения // Психологическая наука и образование. 2008. № 4. С. 12 – 23.
2. Борисенко Ю. В., Белогай К. Н. Специфика формирования отцовства как психологического феномена // Сибирский психологический журнал. 2007. № 26. С. 102 – 108.
3. Борисенко Ю. В. Адаптация методики Caregiving and Breadwinning Reflected Appraisal Inventory (CBIRAI) на русский язык // Вектор науки ТГУ. (Серия: Педагогика, психология). 2013. № 4(15). С. 34 – 37.
4. Кон И. С. Мужчина в меняющемся мире. М.: Время, 2009. 496 с.
5. Морозова И. С., Борисенко Ю. В., Белогай К. Н., Отт Т. О. Технологии формирования конструктивной репродуктивной мотивации и профилактики абортного поведения молодежи: учебно-методическое пособие. Кемерово, 2014. 158 с.
6. Чикалова Е. А. Исследования отцовства и маскулинности: точки пересечения // Женщина в российском обществе. 2012. № 2. С. 43 – 53.
7. Bouchard G. Intergenerational Transmission and Transition to Fatherhood: A Mediated-Moderation Model of Paternal Engagement // Journal of Family. 2012. Vol. 26. № 5. P. 747 – 755.
8. Connell R., Messerschmidt J. W. Hegemonic masculinity: rethinking the concept // Gender and Society, 2005. Vol. 19. № 6 P. 829 – 859.
9. Doherty W. J., Boss P. G., LaRossa R., Schumm W. R., Steinmetz S. K. Family theories and methods: A contextual approach // P. G. Boss, W J. Doherty, R. LaRossa, W. R. Schumm, S. K. Steinmetz Family theories and methods: A contextual approach. New York: Plenum Press, 1993.
10. Eggebeen D. J., Knoester C. Does fatherhood matter for men? // Journal of Marriage and Family, 2001. № 63. P. 381 – 393.
11. Fthenakis W. E. Väter, Band I, Zur Psychologie der Vater-Kind-Beziehung. München: Urban & Schwarzenberg, 1985.
12. Maurer T. W., Pleck J. H., Rane T. R. Parental identity and reflected appraisals: Measurement and gender dynamics // Journal of Marriage and the Family. 2001. № 63. P. 309 – 321.
13. Parke R. D. Fathers and families. In M. H. Bornstein // Handbook of parenting. Mahwah, NJ: Laurence Erlbaum Associates, 2002. Vol. 3. P. 27 – 73.
14. Pleck J. H., Hofferth S. Mother involvement as an influence on father involvement with early adolescents // Fathering. 2008. № 6. P. 267 – 286.
15. Pleck J. H. Paternal involvement: revised conceptualization and theoretical linkages with child outcomes and paternal involvement: levels, sources, and consequences // Lamb M. E. The role of the father in child development (5th ed.). New York: Wiley, 2010. P. 58 – 93.

### Информация об авторе:

**Борисенко Юлия Вячеславовна** – кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии и психологии развития КемГУ, 8 (3842) 58-81-92, evseenkova@mail.ru.

**Yuliya V. Borisenko** – Candidate of Psychology, Assistant Professor at the Department of General Psychology and Psychology of Development, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 04.02.2015 г.

УДК 159.91:37.042

# ВОЗРАСТНЫЕ И ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ УЧЕБНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ

*Э. М. Казин, А. И. Федоров, И. А. Свиридова, А. С. Шинкаренко,  
Н. В. Аверьянова, С. А. Любченко, Т. Ю. Максимова*

## AGE AND TYPOLOGICAL FEATURES OF SCHOOL STUDENTS' ADAPTATION IN TERMS OF EDUCATIONAL AND SOCIAL HEALTH FACTORS

*E. M. Kazin, A. I. Fedorov, I. A. Sviridova, A. S. Shinkarenko,  
N. V. Averianova, S. A. Lyubchenko, T. Yu. Maximova*

В проведенном исследовании были изучены показатели психофизиологической и физиологической адаптации и зависимости от типов вегетативной регуляции аппарата кровообращения с учетом возрастных особенностей организма с целью повышения эффективности индивидуального подхода к организации процесса обучения. Установлено, что в динамике процесса обучения у старших подростков существенно возрастает число школьников с высоким и средним уровнем силы нервных процессов и работоспособности головного мозга независимо от исходного вегетативного статуса; у лиц с ваготоническим и эйтоническим типом регуляции регистрируются высокие показатели физиологической адаптации.

In the present research we examined the rates of psychophysiological and physiological adaptation considering the type of vegetative regulation and blood circulation apparatus according to the age characteristics of the organism with the purpose to improve efficiency of individual approach to the organization of the learning process. The study revealed that in the dynamics of senior teenagers' learning process there is a significant increase in the number of students with high and medium levels of intensity of nervous processes and the health of the brain, regardless of the source of the vegetative status; patients with vagotonic and eutonic regulation types recorded higher levels of physiological adaptation.

**Ключевые слова:** нейродинамические показатели, вегетативная регуляция, адаптация.

**Keywords:** neurodynamic indicators, vegetative regulation, adaptation.

Теоретические и экспериментальные материалы, представленные в литературе, свидетельствуют о том, что проблема здоровья и адаптации человека, в частности субъектов воспитательно-образовательного процесса, должна решаться с учетом анализа как медико-биологических, так и психолого-педагогических подходов, фундаментальных и прикладных аспектов социально-биологической и психолого-физиологической адаптации, обусловленной фило- и онтогенетическими [1; 2; 5; 7; 8].

Складывающаяся в последние годы тенденция к ухудшению экологической, социально-политической и экономической обстановки в нашей стране и во всем мировом сообществе, изменение климатических условий, участившиеся стихийные бедствия, растущая урбанизация, техногенные катастрофы – все это заставляет в значительной степени ориентировать воспитательно-образовательный процесс на сохранение здоровья и адаптацию учащихся к новым условиям за счет внедрения комплекса учебно-оздоровительных мероприятий в учебный процесс [10].

Среди всего многообразия внешних факторов, оказывающих непосредственное влияние на формирование адаптационного потенциала организма, следует выделить такой, как социальная среда (воспитание, обучение, быт, работа), которая зачастую становится доминирующей по отношению к другим условиям, поскольку, развиваясь в онтогенезе, социальные отношения способны компенсировать выход за пределы оптимума ряда параметров среды, тем самым становясь одним из факторов обеспечения или нарушения гомеостаза. Условия жизни и организации вос-

питательно-образовательного процесса в значительной степени могут определять формирование специфических и неспецифических механизмов адаптации [11].

Следует подчеркнуть, что процесс психолого-педагогической адаптации является сплошным процессом, который наряду с собственно психологической адаптацией (т. е. поддержанием психического гомеостаза) включает по меньшей мере еще два аспекта: оптимизацию постоянного взаимодействия индивидуума с окружением; установление адекватного соответствия между психическими и физиологическими характеристиками, обеспечивая тем самым возможность социально направленного развития [6]. Изучение нейрогуморальных механизмов регуляторных процессов физиологической адаптации свидетельствует, что результативным подходом к анализу приспособительных возможностей организма является изучение его функционального состояния, интегральным показателем которого является сохранение вегетативного и миокардиально-гемодинамического гомеостаза, анализируемого с помощью оценки волновой структуры сердечного ритма [9; 15]. В исследованиях последних лет показано, что адаптационные возможности учащихся с исходным типом вегетативного тонуса с различной степенью сбалансированности симпато-парасимпатических влияний на кардиоритм не одинаковы: ваготоники с преобладанием парасимпатических влияний на функции кровообращения; симпатотоники – с доминированием симпатoadренальной активности; нормотоники – со сбалансированной симпато-парасимпатической регуляцией, яв-



ляются устойчивыми и не подвергаются изменениям на протяжении всей жизни [13; 22].

В настоящем исследовании с целью повышения эффективности индивидуального подхода к организации процесса обучения к условиям действия учебных и социально-оздоровительных факторов была изучена зависимость от типов вегетативной регуляции аппарата кровообращения показателей психофизиологической и физиологической адаптации с учетом возрастных и типологических особенностей организма.

### Методы исследования

С целью выявления индивидуально-типологических особенностей, влияющих на процесс адаптации к учебной деятельности обучающихся на разных возрастных этапах, было проведено комплексное психофизиологическое обследование вегетативной регуляции обучающихся пятых и девятого классов обоего пола в основной школе г. Ленинск-Кузнецкий в количестве 120 человек.

Анализировался комплекс нейродинамических показателей: латентный период простой зрительно-моторной реакции (ЛППЗМР, мс), уровень подвижности нервных процессов (УФП, мс), уравновешенность нервных процессов (РДО), работоспособность головного мозга (РГМ, кол-во сигналов); психодинамические показатели: объем памяти, объем внимания с помощью автоматизированного программно-технического комплекса «Статус-ПФ» [4; 18; 19].

Изучение функциональных возможностей и конституциональных особенностей вегетативной регуля-

ции сердечного ритма осуществлялось с использованием автоматизированной кардиоритмографической программы «Орто» [3; 4].

Математическая обработка материалов проводилась с помощью программы “Statistica 6.0” (Statsoft). Для каждого изучавшегося параметра рассчитывались средняя арифметическая (М), ошибка среднеарифметической (m). Для сравнения групп в зависимости от типа распределения показателей использовались t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна-Уитни и  $\chi^2$  Пирсона. Для оценки степени взаимосвязанности изучавшихся параметров использованы коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена [17].

### Результаты исследований и их обсуждение

При выполнении работы были исследованы нейродинамические показатели и особенности вегетативной регуляции у обучающихся с учетом возраста и индивидуально-типологических параметров вегетативной нервной системы в условиях действия учебно-оздоровительных факторов.

Анализ нейродинамических показателей учащихся различного возраста позволил установить, что учащиеся 5-х классов характеризуются *значительным преобладанием процессов торможения и уравновешенности нервных процессов: низким и средним уровнем простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР); функциональной подвижности нервных процессов (УФП).*

Таблица 1

Нейродинамические показатели учащихся различного возраста

	5 класс	9 класс	$p < 0,05$
Простая зрительно-моторная реакция, мс	421,63 ± 15,21	354,11 ± 10,83	1 – 2
Уровень функциональной подвижности нервных процессов (сек)	86,02 ± 2,03	78,81 ± 3,37	1 – 2
Работоспособность головного мозга (к-во сигналов за 5 мин)	540,12 ± 8,47	579,61 ± 12,76	1 – 2

Как видно из таблицы 1, латентный период простой зрительно-моторной реакции у учащихся 5-х классов составляет  $421,63 \pm 15,21$ , с увеличением возраста латентный период сокращается до  $354,11 \pm 10,83$ , что свидетельствует о более успешном выполнении теста старшими школьниками, что свидетельствует о более высоком уровне функционирования нервной системы.

Результаты наших исследований показывают, что с увеличением возраста отмечается повышение работоспособности головного мозга (с  $540,12 \pm 8,47$  до  $579,61 \pm 12,76$ ), данные значения свидетельствуют о возрастании силы нервных процессов, выражающиеся в способности выдерживать длительное концентрированное возбуждение или действие очень сильного раздражителя, не переходя в состояние запредельного торможения [6; 20; 21].

Уровень функциональной подвижности нервных процессов (УФП) характеризует быстроту возникновения, протекания и прекращения нервных процессов [6; 23], чем меньше время переработки информации,

тем выше подвижность нервных процессов. В результатах проведенных исследований уровень функциональной подвижности нервных процессов у обучающихся 5-х и 9-х классов с увеличением возраста процессы переключения возбуждения и торможения протекают более быстро.

Сопоставляя полученные результаты с данными других авторов [11; 16], можно высказать предположение, что активация различных структур головного мозга у обучающихся в процессе напряженной умственной и мышечной деятельности в условиях действия комплекса учебных и социально-оздоровительных факторов вызывает повышение уровня обменных процессов в этих структурах, а значит и усиление в них кровотока и доставки кислорода, происходит более ускоренное естественное созревание. Вероятно, это связано со специфической особенностью учебных и социально-оздоровительных факторов, которым сопутствуют изменения функционального состояния центральной нервной системы. Психические процессы сопровождаются активацией как специфических,

так и неспецифических образований мозга. Генерализованные изменения активности мозга сопровождают любой вид умственного труда и физической активности, а локальные процессы активации развиваются в различных областях коры и глубоких структур мозга в зависимости от вида деятельности (перцептивной, моторной, вербальной, мнестической др.). Выявленные различия в показателях ПЗМР, УФП и РГМ у обучающихся в различные возрастные периоды убе-

дительно свидетельствуют о том, что особенности формирования нейродинамических показателей и связанная с ними психофизиологическая адаптация во многом зависят от условий обучения, режима дня и соотношения умственной и физической нагрузок в процессе учебной деятельности. Установлено, что наиболее оптимальные нейродинамические показатели отмечены у учащихся 9-х классов.

Таблица 2

## Показатели вариабельности сердечного ритма учащихся различных возрастных групп

	5 класс	9 класс	$p < 0,05$
АМо в покое, %	$49,86 \pm 2,43$	$41,76 \pm 2,3$	1 – 2
ИН в покой (усл. ед.)	$332,36 \pm 21,38$	$230,31 \pm 24,33$	
$\Delta X$ в покое, сек	$0,26 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,02$	
Мода в покое, сек	$0,68 \pm 0,02$	$0,77 \pm 0,02$	1 – 2
ЧСС в покое, к-во уд. в мин	$88,75 \pm 2,12$	$77,98 \pm 1,87$	1 – 2
АМо в ортостазе, %	$62,61 \pm 2,91$	$54,21 \pm 2,49$	1 – 2
ИН в ортостазе (усл. ед.)	$643,15 \pm 51,95$	$379,45 \pm 46,78$	1 – 2
$\Delta X$ в ортостазе, сек	$0,15 \pm 0,02$	$0,19 \pm 0,02$	
Мода в ортостазе, сек	$0,55 \pm 0,01$	$0,6 \pm 0,01$	1 – 2
ЧСС в ортостазе, к-во уд. в мин	$109,91 \pm 2,11$	$100,63 \pm 1,71$	1 – 2

Анализ вариабельности сердечного ритма показал (таблица 2), что у учащихся 5-х классов отмечается более высокий интегральный показатель ИН как в покое ( $332,36 \pm 21,38$ ), так и в реакции на дозированную физическую нагрузку (ортопроба) ( $643,15 \pm 51,95$ ) по сравнению с учениками 9-х классов (ИН покой  $230,31 \pm 24,33$ ; ИН в ортостазе  $379,45 \pm 46,78$ ). Наблюдается меньшая степень активности автономного и внутрисистемного контуров регуляции, выявляется большая степень центрального управления кардиоритмов у учеников 5-х классов (АМо =  $49,86 \pm 2,43$ ) по сравнению с учениками 9-х классов ( $41,76 \pm 2,3$ ) вследствие повышения активности симпато-адреналовой и гипоталамико-надпочечниковой систем. Это свидетельствует об общем снижении уровня активации сердечно-сосудистой системы и говорит о значительном уровне напряжения в системе нейро-эндокринной регуляции физиологических функций, что может оказаться прогностически неблагоприятным признаком для адаптивных возможностей аппарата кровообращения учащихся 5-х классов по сравнению с девятиклассниками [12; 14].

Помимо изучения среднестатистических показателей вегетативной регуляции сердечного ритма, была рассмотрена внутригрупповая гетерогенность популяции по сбалансированности влияний симпатической и парасимпатической нервной системы с учетом условий обучения в различные возрастные периоды.

По результатам оценки влияния симпатического и парасимпатического отдела нервной системы на сердечный ритм подростки были разделены на 3 группы: со смешанным типом вегетативной регуляцией – эйтоникой, с ваготонией (преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы) и симпатикотонией (преобладание симпатического отдела ВНС).

Показано (рис. 1), что в пятом классе доминируют лица с нормотоническим (сбалансированным) либо

симпатотоническим (возбудительным) механизмом вегетативной регуляции сердечного ритма (75 % от общего числа обследованных), что, по-видимому, отражает особенности индивидуального психофизиологического развития в данном периоде онтогенеза, характеризующегося в целом преобладанием процесса возбуждения над торможением в центральной нервной системе.

Анализируя в среднем показатели кардиоритмографии и нейродинамические параметры у школьников девятого класса, следует, прежде всего, выделить тот факт, что среди старших подростков *существенно возрастает* (по сравнению с началом обучения в основной школе) число школьников с *ваготоническим исходным вегетативным тонусом* (соответственно – 25,59 % в 5-ом классе, 37,2 % – в 9-м классе) и одновременно с ним снижается количество детей, характеризующихся *сбалансированным (эйтоническим) типом вегетативной регуляции аппарата кровообращения* (соответственно 37,2 % – в 5-м классе и 23,6 % – в 9-м классе) (рис. 1).

Установлено, что уже на начальном этапе обучения в основной школе типологические особенности механизмов вегетативной регуляции, связанные с исходным вегетативным тонусом (ИВТ), существенно отражаются на характере распределения в микропопуляции нейродинамических параметров: у лиц с *ваготоническим типом регистрируется значительный процент* (от 27,7 % до 54,55 %) с *низким уровнем ПЗМР (54,55 %), функциональной подвижности нервных процессов (УФП – 45,45 %), РГМ (27,27 %), уравновешенности нервных процессов (54,55 %)*, тогда как у школьников с *высокой исходной симпатической активностью* в подавляющем большинстве случаев (от 61 % до 93 %) *преобладают лица со средними и высокими значениями нейродинамической активности* (рис. 2).

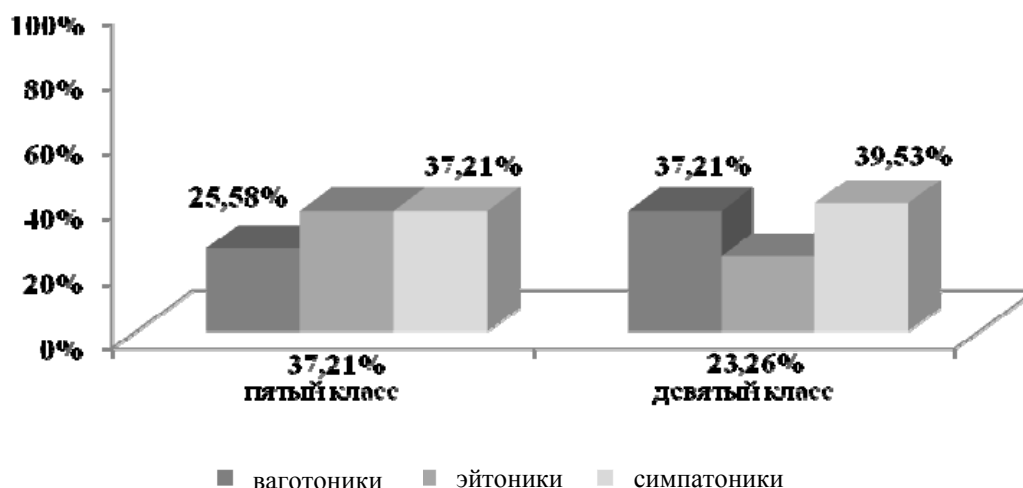


Рис. 1. Процентное распределение учащихся по типу вегетативной регуляции

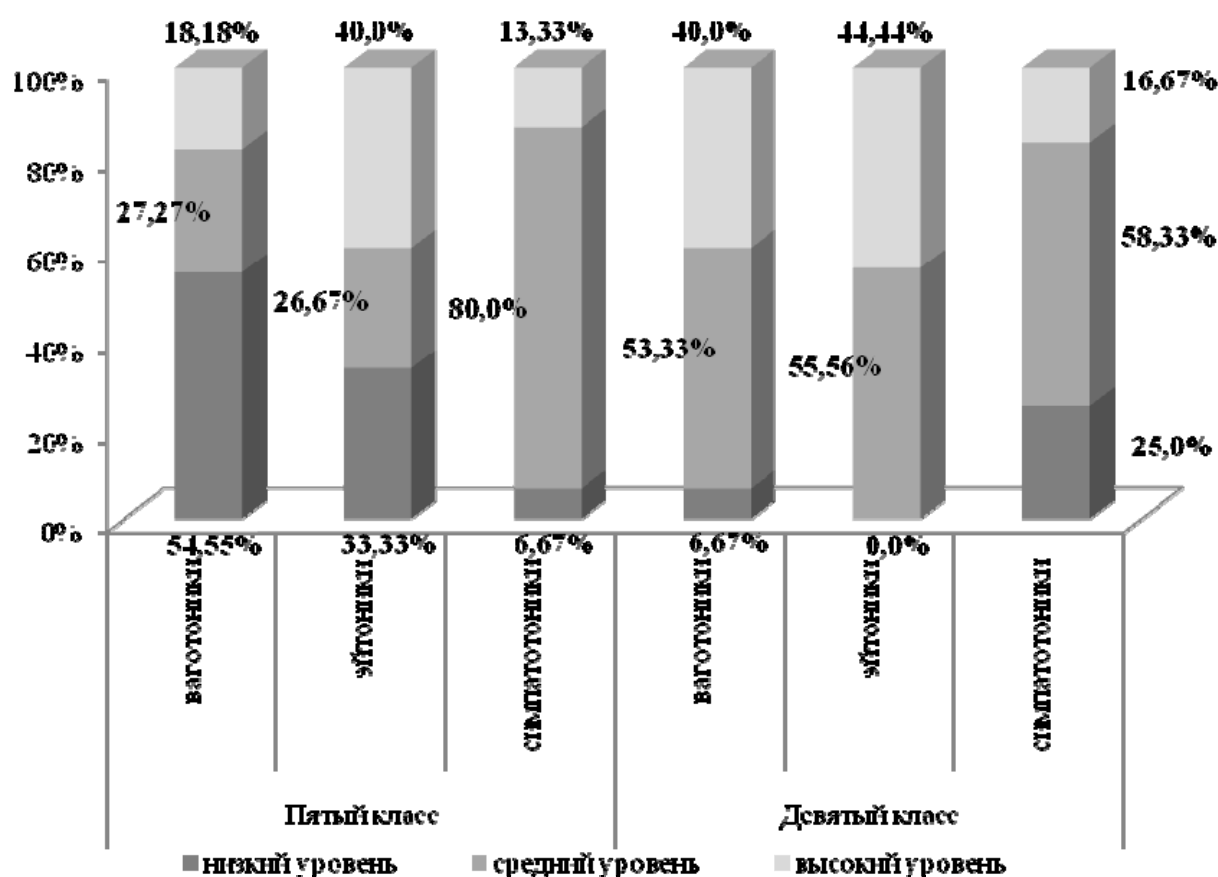


Рис. 2. Процентное распределение учащихся по уровню простой зрительно-моторной реакции

Следует отметить, что под влиянием комплексного воспитательно-педагогического воздействия на формирование здорового образа жизни, которое характеризуется практически всеми пятиклассниками как позитивное (подавляющим большинством – 97,3 %) и осуществляется с первого класса, даже

среди школьников с преобладающими тормозными и уравновешенными процессами регистрируется достаточно высокий процент учащихся со средними или даже высокими нейродинамическими показателями (у ваготоников – от 45 % до 71 %; у эйто- ников – от 47 % до 73 % соответственно).

**Выводы**

1. Комплексное социально-оздоровительное сопровождение воспитательно-образовательного процесса способствует снижению степени функционального напряжения у школьников на завершающем этапе обучения в основной школе.
2. Типологические особенности психовегетативного обеспечения процесса физиологической адаптации оказывают выраженное дифференцированное воздействие на уровень адаптивных процессов организма: у лиц с ваготоническим и эйтоническим типом регуляции регистрируются более высокие показатели физиологической адаптации, чем у симпатотоников.

3. У учащихся с доминированием парасимпатической активности и вегетативной регуляции преобладают лица с более низким уровнем нейродинамических показателей, что является высокой степенью возможности развития дезадаптации к учебной деятельности.

4. В динамике процесса обучения у старших подростков существенно возрастает число школьников с высоким и средним уровнем силы нервных процессов и работоспособности головного мозга по сравнению с учащимися пятых классов.

**Литература**

1. Авцын А. П. Адаптация и дизадаптация с позиций патологии // Клиническая медицина. 1974. Т. 52. С. 3 – 15.
2. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. 448 с.
3. Баевский Р. М., Барсукова Ж. П., Берсенева А. П. Оценка функционального состояния организма на основе математического анализа сердечного ритма: методические рекомендации. Владивосток, 1998. 220 с.
4. Блинова Н. Г., Игишева Л. Н., Литвинова Н. А., Федоров А. И. Практикум по психофизиологической диагностике: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: ВЛАДОС, 2000. 128 с.
5. Голикова Е. М., Тиссен П. П. Проблемы социальной адаптации детей и молодежи с отклонениями в состоянии здоровья // Теория и практика физической культуры. 2013. № 11. С. 54 – 57.
6. Ильин Е. П. Дифференциальная психофизиология. СПб.: Питер, 2001. 454 с.
7. Казин Э. М. Образование и здоровье: медико-биологические и психолого-педагогические аспекты: монография. Кемерово: КРИПКиПРО, 2010. 214 с.
8. Казин Э. М., Комарова О. А., Федоров А. И. Особенности нейроэндокринной регуляции в процессе формирования адаптивных реакций у детей // Физиология развития человека: материалы международной научной конференции. М., 2009.
9. Казин Э. М., Свиридова И. А., Березина М. Г., Прохорова А. М., Комарова О. А., Саваль Л. А., Федоров А. И., Шорин Ю. П. Влияние социально-биологических факторов на особенности формирования приспособительных реакций учащихся в пубертатном периоде онтогенеза // Физиология человека. 2008. Т. 34. № 4. С. 47 – 56.
10. Казин Э. М., Федоров А. И., Шинкаренко А. С., Любченко С. А., Абаскалова Н. П., Касаткина Н. Э. Роль индивидуально-типологических особенностей системы вегетативной регуляции в формировании показателей психосоциальной и физиологической адаптации школьников к учебной деятельности // XXI век: фундаментальная наука и технологии: материалы докладов V Международной научно-практической конференции, 10 – 11 ноября 2014 г. North Charleston, USA. Т. 2. С. 8 – 21.
11. Комарова О. А. Особенности психофизиологической адаптации подростков к условиям обучения в образовательных учреждениях разного типа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Кемерово, 2013. 21 с.
12. Комарова О. А. Оценка адаптивных возможностей учащихся гимназии и школы-интерната по показателям вариабельности сердечного ритма // Ломоносов – 2006: тезисы докладов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция биология. М., 2006. С. 119 – 120.
13. Комарова О. А., Лурье С. Б., Федоров А. И. Влияние исходного вегетативного тонуса на адаптивные реакции подростков к обучению в условиях кадетской школы-интерната // VII Сибирский съезд физиологов: материалы съезда. Красноярск, 2012. С. 240 – 241.
14. Комарова О. А., Федоров А. И., Казин Э. М. Изучение адаптивных возможностей подростков с различными режимами обучения по показателям сердечного ритма // Валеология. 2012. № 2. С. 26 – 29.
15. Коркушко О. В., Шатило В. Б., Шатило Т. В., Короткая Е. В. Анализ вегетативной регуляции сердечного ритма на различных этапах индивидуального развития человека // Физиология человека. 1991. Т. 17. № 2. С. 31 – 39.
16. Кербинов О. В. Избранные труды. М.: Медицина. 1971. 312 с.
17. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1990. 408 с.
18. Литвинова Н. А. Роль психофизиологических показателей в механизме адаптации к умственной деятельности: монография. Кемерово, 2012. 168 с.
19. Литвинова Н. А., Казин Э. М., Иванов В. И. Роль психофизиологических показателей в успешности адаптации старшеклассников к профильному обучению // Вестник Томского государственного университета. 2006. № 21. С. 56 – 57.
20. Макаренко Н. В. Психофизиологические функции человека и операторский труд; АН УССР; Ин-т физиологии им. А. А. Богомольца. Киев: Наукова думка, 1991. 216 с.
21. Макаренко Н. В., Пухов В. А., Кольченко Н. В. Основы профессионального отбора. Киев: Наукова думка, 1987. 244 с.

22. Тарасова О. Л. Особенности психофизиологической адаптации к учебной деятельности у подростков с различным типом вегетативной регуляции: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Томск, 1998. 16 с.

23. Теплов Б. М. Новые данные по изучению свойств нервной системы человека // Типологические особенности высшей нервной деятельности человека. М.: АПН РСФСР, 1963. № 3. С. 3 – 46.

**Информация об авторах:**

**Казин Эдуард Михайлович** – доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки, профессор кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ, [valeol@kemsu.ru](mailto:valeol@kemsu.ru).

**Eduard M. Kazin** – Doctor of Biology, Full Professor, Honored Scientist, Professor at the Department of Human Physiology and Life Safety, Kemerovo State University.

**Федоров Александр Иванович** – доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ, [valeol@kemsu.ru](mailto:valeol@kemsu.ru).

**Alexander I. Fedorov** – Doctor of Biology, Head of the Department of Human Physiology and Life Safety, Kemerovo State University.

**Свиридова Ирина Альбертовна** – доктор медицинских наук, профессор, директор Кузбасского регионального центра психолого-педагогической, медицинской и социальной помощи, [opvc@mail.ru](mailto:opvc@mail.ru).

**Irina. A. Sviridova** – Doctor of Medicine, Full Professor, Director of Kuzbass Regional Centre for Psycho-Educational, Medical and Social Care.

**Шинкаренко Андрей Семенович** – аспирант КемГУ, [andrey.c.shinkarenko@yandex.ru](mailto:andrey.c.shinkarenko@yandex.ru).

**Andrey S. Shinkarenko** – post-graduate student at Kemerovo State University.

(Научный руководитель – Э. М. Казин).

**Аверьянова Надежда Викторовна** – аспирант КемГУ, [nadejda-averianova@rambler.ru](mailto:nadejda-averianova@rambler.ru).

**Nadezhda V. Averianova** – post-graduate student at Kemerovo State University.

(Научный руководитель: **Блинова Нина Геннадьевна** – кандидат биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности КемГУ, [ngb\\_valeo@mail.ru](mailto:ngb_valeo@mail.ru)).

**Nina G. Blinova** – Candidate of Biology, Professor at the Department of Human Physiology and Life Safety, Kemerovo State University).

**Любченко Сергей Анатольевич** – методист Кузбасского регионального центра психолого-педагогической, медицинской и социальной помощи, [lyubchenko@kemvaleo.ru](mailto:lyubchenko@kemvaleo.ru).

**Sergey A. Lyubchenko** – specialist at Kuzbass Regional Centre for Psycho-Educational, Medical and Social Care.

**Максимова Татьяна Юрьевна** – магистрант направления «Биология» биологического факультета КемГУ, [nadejda-averianova@rambler.ru](mailto:nadejda-averianova@rambler.ru).

**Tatiana Yu. Maximova** – Master's Degree student at the Faculty of Biology, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – А. И. Федоров).

Статья поступила в редколлегию 12.02.2015 г.

## КРЕАТИВНАЯ ДЕВИАНТОЛОГИЯ: ОПЫТ АМПЛИФИКАЦИИ

Ю. А. Клейберг

## CREATIVE DEVIANTOLOGY: EXPERIENCE OF AMPLIFICATION

Yu. A. Klayberg

В статье представлен первый российский опыт институализации креативной девиантологии как специальной научной и учебной дисциплины. Делается акцент на приобретении креативной девиантологией своей научной синтагмы – систематизированной и логически выверенной системы знаний, полученных на базе разных парадигм, свой статус методологически конституирующей теории в психологии и девиантологии (пока она существует на правах частного раздела этих наук), способствующей обогащению проблемно-тематического поля человековедческих наук. В свете креативной девиантологии креативность рассматривается как эвристический способ жизнедеятельности личности, творчество рассматривается как форма поведения, не согласующаяся с принятыми нормами, но при этом не нарушающая правовые и моральные предписания группы. Поэтому творчество и креативность можно рассматривать как позитивные девиации.

Наиболее продуктивным и перспективным условием (фактором), влияющим на *креативную социализацию личности* (как позитивную, так и деструктивную), является *само-конструирование личности (self-construction personality)*, в основе которого находится «собственная творческая активность, самосознание и процессы самосуществования личности».

The paper presents the first Russian experience of institutionalizing Creative Deviantology as a special scientific and academic discipline. The author emphasizes Creative Deviantology's acquisition of its scientific syntagma which contributes to enriching the problematic and topical field of the Humanities. In the light of Creative Deviantology creativity is viewed as a heuristic way of the individual's life; creativity is considered as a form of behavior that is not consistent with accepted standards, but at the same time not violating the legal and moral precepts of the group. Therefore, art and creativity can be seen as a positive deviation.

The most productive and promising condition (factor) influencing creative socialization (both positive and destructive) is the self-construction personality, which is based on their own creative activity, consciousness and the processes of personality actualization.

**Ключевые слова:** творчество, типология творчества, креативность, психологическая структура личности девианта, опыт институализации, креативная девиантология.

**Keywords:** art, typology of creativity, creativity, psychological structure of the personality of deviance, the experience of institutionalization, creative deviantology.

За долгую историю своего становления и развития современная психология сегодня представляет собой весьма разветвленную систему наук. В ней выделяют много различных направлений, представляющих относительно самостоятельные научные и учебные дисциплины: социальную психологию, психологию развития, медицинскую (клиническую) психологию, юридическую психологию, психологию труда, психологию социальной работы, психологию искусства, политическую психологию и многие другие.

Особое *специальное направление* в общем ряду психологических дисциплин занимает **креативная девиантология**. По своему *предмету* она носит комплексный, междисциплинарный характер. Поэтому данная научная и учебная дисциплина как отрасль знания актуальна для всех специалистов социоматематических профессий.

Как прикладная наука и учебная дисциплина **креативная девиантология** охватывает широкий спектр искусствоведческих, социально-психологических, психолого-педагогических, психофизиологических и криминологическо-юридических проблем. К таким проблемам можно отнести и девиантную креативность как специфическую позитивную девиацию.

Лингвистически сочетание слов «*креативная девиантология*» означает, что речь идет одновременно и об общем, и о специфическом (особенном) понятии психологии. Как часть психологии творчества и девиантологии она «наследует» их общие категории, принципы и подходы (общее). Специфическое понятие креативной девиантологии отличает ее от психологии творчества и девиантологии, создает степень ее автономности в предмете и объекте, изучаемых проблемах, специфических принципах, методах исследования, используя опыт институтов социализации (особенное). Термин «креативная девиантология» указывает на уникальность и эксклюзивность предмета.

Однако специально обращаю внимание на следующие **принципиально важные моменты**.

*Во-первых*, в научной литературе (зарубежной и отечественной) я не встречал книг и статей с названием «**креативная девиантология**» и даже употребления такого словосочетания.

*Во-вторых*, **креативная девиантология** должна приобрести свою синтагму – систематизированную и логически выверенную систему знаний, полученных на базе разных парадигм, свой статус методологически конституирующей теории в психологии и девиантологии (пока она существует на правах частного раз-

дела этих наук). Но даже как частный раздел психологии и особенно девиантологии, творческая деятельность человека на сегодняшний день непросто делится вниманием российских исследователей.

*В-третьих, креативная девиантология* помимо нашей воли прорывается в научную жизнь и заявляет о себе на уровне эвристичности, создает образ предмета, так как у нее пока нет собственной целостной концепции, отвечающей запросам философской, искусствоведческой, психологической мысли. Тем не менее креативная девиантология, прародителями которой являются психология творчества, социология и девиантология, то есть человековедческие науки, хотя и имеет слабую методологическую и эмпирическую основу, все же подает большие надежды и потому чрезвычайно востребована и интересна для научных поисков и экспериментов.

*В-четвертых*, процессы интеграции современной креативной девиантологии с психологией, искусствоведением, социологией, философией и др., позволяющие осуществлять анализ традиционных и новых проблем на основе междисциплинарного синтеза, могут привести к существенному обогащению проблемно-тематического поля этих наук [12].

В предметном мире творчество проявляется как продуктивная творческая деятельность, в символическом – как творческое решение проблем, в социальном – как творческий диалог, во внутреннем – как творческая самореализация.

В любом случае творчество есть своеобразный выход за пределы заданного. Это как раз то, что характеризует все (и позитивные, и негативные) проявления девиантных поступков, девиантного поведения и девиантности в целом. Специфика любого творчества усматривается в том, что объектом и одновременно итогом его является саморазвитие, создание самой личности, а не ее образа, как, скажем, в искусстве.

Именно поэтому мы рассматриваем творчество и креативность с девиантологических позиций как позитивную девиацию, направленную на гармонизацию личностного развития [14, с. 71 – 83].

Парадоксально, но *девиантное поведение и творческая активность могут иметь сходные черты*. Отличие заключается в том, что для подлинного творчества удовольствие составляет сам процесс поиска, а отрицательный результат только стимулирует знание о предмете и указывает на то, что вектор поиска должен быть изменен, в то время как для девиантной поисковой активности основной целью является результат – получение удовольствия, находящегося, как правило, в зоне социального и психологического риска.

Творчество возникает тогда, когда индивид начинает осознавать себя личностью. Творчество всегда личностно обусловлено. Известный русский философ Н. А. Бердяев (1989) считал, что творчество – единственный вид деятельности, который делает человека человеком [3]. Движущей силой творчества, как отмечает российский психолог Е. П. Ильин (2009), являются творческие личности [7].

Творчество означает создание нового, под которым могут подразумеваться как преобразования в

сознании и поведении, так и порождаемые им, но и отчужденные от него продукты. Наиболее точное определение творчества дано, по нашему мнению, С. Л. Рубинштейном, согласно которому творчество – это деятельность, «созидающая нечто новое, оригинальное, что притом входит не только в историю развития самого творца, но и в историю развития науки, искусства и т. д.» [18].

Творчество подразделяется на: а) профессиональное и б) самодеятельное (непрофессиональное). И в том, и в другом виде творчества создается один и тот же продукт творческой деятельности – текст (научный, литературный, технический), рисунок, звук, образ и т. п.

Творчество – художественное, научное, техническое, спортивное и др. – связано с созданием какого-то нового продукта, который должен быть оценен обществом. Этот продукт творчества, как правило, бывает индивидуальным или коллективным, и он должен быть значимым, в первую очередь, для самого творца (индивидуального или коллективного). Для творца часто важна (но не обязательна) психологическая составляющая как самого процесса создания нового, оригинального, эксклюзивного, так и результата – признание, почет, слава, деньги (эффект «медные трубы»). Однако можно встретить со стороны творца и безразличие и даже игнорирование знаков внимания к своей персоне и продукту своего труда со стороны общества. Эта работа бескорыстна и творцом воспринимается как само собой разумеющееся. Вспомним феномен современного российского гения (включен в мировой список гениев!), ученого-математика *Григория Перельмана*, первым доказавшим одну из «задач тысячелетия» – гипотезу Пуанкаре и отказавшегося от миллиардной (в долларовом эквиваленте) премии за свое открытие и ютящегося с мамой в двухкомнатной «хрущевке» Санкт-Петербурга.

Вообще в истории науки и искусства есть немало примеров самоотверженности, смелости и бескорыстия ученых и деятелей культуры и искусства, чьи имена стали мировой гордостью. Вот только некоторые из них: Айвазовский, Гёте, Дарвин, Достоевский, Ньютон, Моцарт, Леонардо да Винчи, Менделеев, Пушкин, Рублев, Толстой, Хемингуэй, Циолковский, Чайковский, Чехов, Шекспир, Эйнштейн и многие другие. Важное значение для настоящего Мастера имеет духовное богатство внутреннего мира личности творца, его постоянная направленность на творческое действие во внешнем мире.

Правда, отношение к творчеству в различные эпохи изменялось кардинально. В Древнем Риме в книге ценился лишь материал и работа переплетчика, а автор был бесправен – не преследовались ни плагиат, ни подделки. В Средние века и значительно позднее творец был приравнен к ремесленнику, а если он дерзал проявлять творческую самостоятельность, то она никак не поощрялась. Творец должен был зарабатывать на жизнь иным путем: Ж. Б. Мольер был придворным обойщиком, да и великого М. В. Ломоносова ценили за утилитарную продукцию – придворные оды и создание праздничных фейерверков. И лишь в XIX в. художники, литераторы, ученые и прочие представители творческих про-



фессий получили возможность жить за счет продажи своего творческого продукта. Как писал А. С. Пушкин, «не продается вдохновенье, но можно рукопись продать». При этом (разговор книгопродавца с поэтом, 1924) рукопись ценили только как матрицу для тиражирования, для производства массового продукта. В XX в. реальная ценность любого творческого продукта также определялась не вкладом в сокровищницу мировой культуры, а тем, в какой мере она может служить материалом для тиражирования (в репродукциях, телефильмах, радиопередачах и т. д.). Поэтому существуют неприятные для интеллектуалов различия в доходах, с одной стороны, представителей исполнительского искусства (балета, музыкального и театрального исполнительства и т. д.), а также дельцов массовой культуры и, с другой стороны, творцов [6]. В китайской «Книге перемен» говорится о том, что **«высшая форма творчества – творчество добра»**.

Творчество как один из видов деятельности и креативность как устойчивая совокупность черт, способствующих поиску нового, оригинального, нетипичного, обеспечивают развитие и личности самого творца, и общества в целом. На уровне общественных интересов креативность действительно рассматривается как эвристический способ жизнедеятельности, но на уровне социальной группы поведение творческой личности может быть оценено как вид деятельности, не согласующийся с нормами и предписаниями, принятыми в данном сообществе людей. Творчество может рассматриваться как форма поведения, не согласующаяся с принятыми нормами, но при этом не нарушающая правовые и моральные предписания группы [17, с. 165 – 210]. Поэтому творчество и креативность можно рассматривать как позитивные девиации.

Памятуя о том, что «реальность является девиантной» (по Н. Луману) [цит. по 16], девиантность жизни проявляется в труде, учебе, искусстве и культуре, науке, образовании и воспитании, спорте и досуге, общении и семейной жизни и т. п. и имеет множество различных форм проявления: инициативность, трудоголизм и тунеядство; инновации и разгильдяйство; образованность и бескультурье; великие достижения и невежество и хамство; пьянство, алкоголизм, проституция и добропорядочность и милосердие; преступления, агрессия, насилие и доброта, терпимость и альтруизм; коррупция, мошенничество, взяточничество, ложь, маргинальность, социальное неравенство и законопослушность, честность, справедливость, интеллигентность, одиночество, остракизм; экстремизм и эпатаж и юмор и бесшабашность; добро и зло; любовь и ненависть; война и мир; и т. д. и т. п.

А поэтому, как мне думается, **девиантность создается не обществом как таковым, по утверждению Говарда Беккера, но, безусловно, в обществе, а конструируется властью (режимом), где и культивируется, приобретая специфические черты и оттенки**. Люди же, живущие в таком обществе, строят (или не строят) свое поведение в соответствии с предписаниями этого общества [12].

Социальная неустроенность, конфликт, неудовлетворенность и т. п. порождают не только поиски вы-

хода в творчестве, **но и «выход» в насилие, вандализм, а также в различные формы «ухода» (алкоголизм, наркомания, «хиппизм» и др.)**.

Каждая личность живет и действует в противоречивой и агрессивной социальной среде, где одинаковые социальные нормы и методы воздействия применяются к разным по своим способностям, характеру, привычкам, стилю поведения, культуре и образованности, образу жизни людям. Противоречивость и агрессивность социальной среды определяет отношение каждого человека к самой социальной среде, социальным нормам, мотивации поступков и отношений, традициям, культуре и к самому себе. И если это отношение явилось результатом социально значимого осознания себя в этом мире и мира (вещей, поступков, отношений) в себе, то мы имеем дело с целенаправленной, творческой работой человека над собой, со стойким социальным иммунитетом к негативным социальным отклонениям. И наоборот, неспособность (или нежелание) человека осознать важность и ценность своего социального бытия (в широком смысле слова) приводит к нарушениям (деформациям) социальной нормы, проявляющейся в различных видах и формах девиантного (отклоняющегося и криминального) поведения.

Обратимся к психологической структуре личности девианта, которую мы разработали. В ее основе лежит *система ценностей и норм*, механизмом внутреннего принятия которой является *гуманность* (милосердие, человечность, благородство), которую мы определяем, с одной стороны, как отношение к другим людям, любовь к людям, толерантность, а с другой – как преодоление себя, используя свою внутреннюю самоконтролирующую природу.

Нам думается, что наиболее продуктивным и перспективным условием (фактором), влияющим на *креативную социализацию личности* (как позитивную, так и деструктивную) является **само-конструирование личности (self-construction personality)**, в основе которого находится «собственная творческая активность, самосознание и процессы самоосуществления личности» [15]. Под конструированием, вслед за Г. М. Андреевой и Х. Абельсом, мы понимаем «приведение социальной информации в систему ... с целью постижения ее *смысла*» [2], основным объяснительным принципом которой становится **«интерпретативная парадигма»** [1]. Согласно этой парадигме, реальный внутренний мир личности предполагает непрекращающийся процесс **само-со-творения**, поскольку постоянно самопознается, осмысливается, оценивается и интерпретируется.

Система ценностей и норм, ценностных ориентаций помогает личности в этом процессе самоактуализироваться, выбрать правильный вектор избегания **аномии ценностей**, негативной трансформации ценностных ориентаций. Почему это так важно для личности, да и для общества тоже? Потому что система ценностей имеет двойное функциональное значение. Во-первых, ценности, как верно полагает Ю. А. Шерковин [19, с. 137], являются основой формирования и сохранения в сознании людей *установок*, которые помогают индивиду занять определенную позицию,

выразить свою точку зрения, дать оценку. Тем самым они становятся частью сознания.

Во-вторых, ценности выступают в преобразованном виде в качестве *мотивов деятельности и поведения*, поскольку ориентация человека в мире и стремление к достижению определенных целей неизбежно соотносятся с ценностями, вошедшими в его личностную структуру.

Система же ценностных ориентаций – важный регулятор активности человека, поскольку она позволяет соотносить индивидуальные потребности и мотивы с осознанными и принятыми личностью ценностями и нормами социума.

*Аномия ценностей* как раз и характеризуется непризнанием личностью (социальной группой) общественных норм и ценностей, негативным отношением к ним, отсутствием внутренних принципиальных нравственных императивов и ценностных позиций.

Хотя следует признать и тот факт, что трансформация ценностных ориентаций, особенно подростков и молодежи была во все исторические эпохи. Этот процесс неизбежен и, увы, болезнен. Можно назвать много причин, факторов, влияющих на трансформацию ценностных ориентаций и всей системы ценностей и норм, приводящих к разного рода кризисам – идентичности, интересов, ценностей и др. Один только психо-гормональный дисбаланс (пубертат) чего только стоит для подростков! Перестройка их организма и психики в этот период происходит по особому алгоритму, по индивидуальному «сценарию» с проявлением целого комплекса социальных, психологических и физиологических особенностей и признаков, которые мы наблюдаем как девиантные в поведении, поступках, взаимодействии.

Однако в какой бы мере человек, наделенный талантом, ни полагался на силы извне, ему необходимо *мастерство*, то есть овладение ремеслом, умение точно выбирать среди множества путей свой единственный и неповторимый, терпеливо возвращать в себе установку на творчество. Все это требует овладения разными навыками психологической защиты. Главным защитным фактором выступает способность художника *осуществить интеграцию своего «я»*. Именно потому, что интенсивность творческой жизни художника слишком велика и амплитуда его переживаний гораздо выше, чем у обычного человека, он принужден в творческом акте максимально *собирать себя «в кулак»*. Требуется жесткая самодисциплина, чтобы добиваться концентрации, синтеза, гармонии, чтобы удерживать установку на целесообразность действий.

Для того чтобы состоялось рождение произведения, необходимо наличие так называемой творческой *доминанты*. Доминанта есть результат наличия в сознании прочных, образовавшихся в течение жизни связей, которые, находясь обычно в приглушенном состоянии, ярко вспыхивают при определенных условиях.

Энергия постоянно воспроизводимой творческой доминанты поддерживает творческий тонус. Вот почему систематическая творческая работа, даже начатая с большим усилием, может привести в деятельное состояние весь творческий аппарат (как известно,

«вдохновение – это такая гостья, которая не любит посещать ленивых», находит свое экспериментальное подтверждение).

Таким образом, человеческое поведение рассматривается как результат сложного взаимодействия личностных, средовых и ситуационных факторов [9; 12]. Один из столпов социальной психологии Курт Левин описывал этот подход формулой:  $\Pi = f(L+C)$  – поведение есть функция от взаимодействия личности и ситуации. Модифицируя эту формулу, добавлю в нее важный недостающий элемент – *систему ценностей и норм (СЦН)*, то, без чего не может актуализироваться личность и проходить социальное взаимодействие между людьми (взаимоотношения) во всех сферах их жизнедеятельности, в том числе и в сфере искусства. Тогда формула будет выглядеть таким образом:  $\Pi = f(L+СЦН+C)$ , где  $\Pi$  – поведение,  $f$  – функция,  $L$  – личность,  $СЦН$  – система ценностей и норм,  $C$  – ситуация.

Итак, мы выяснили, что творчество имеет свою разнонаправленность и ее следует учитывать: всякое подлинное искусство даже в замкнутых и тоталитарных цивилизациях является *функциональным и дисфункциональным одновременно*. Под давлением дисфункциональных элементов, вызванных к жизни новым ощущением бытия, всегда вырастает оппозиционная ей традиция, которая обобщает и тем самым как бы легализует выпадающие «нонконформистские» тенденции творчества.

В заключении отмечу, что на сегодняшний день было бы преждевременным говорить о креативной девиантологии, как о уже сформировавшейся области научного знания. Скорее всего, можно говорить о набросках к различным теоретическим точкам зрения и подходам, которые, безусловно, ценны и уже сейчас «работают» на создание методологической основы креативной девиантологии.

И в этом направлении психологами, социологами, криминалистами уже делаются серьезные научные шаги. Так, **впервые в России** коллективом ученых под редакцией профессора *Я. И. Гилинского* опубликована монография «Творчество как позитивная девиантность» (2014), где помещена глава автора данной статьи [14]; монография *Ю. А. Клейберга* «Основы психологии девиантного поведения», в которой есть глава «Творчество как специфическое проявление девиантного поведения» (2014) [12]. А еще раньше – статьи *Я. И. Гилинского* [4; 5]; учебное пособие *Ю. А. Клейберга* «Девиантное поведение в вопросах и ответах» (2006; 2008) [9], статьи *Ю. А. Клейберга* [13; 11]; монография *Ю. А. Клейберга и С. Ю. Каниной* «Креативность образовательной среды и профилактика девиантного поведения» (2007) [8]. И, наконец, автором статьи подготовлена к изданию монография «Creative deviantology» (London: UK Academy of Education, 2015) на английском языке.

Вероятно, настало время институализации креативной девиантологии – востребованной и комплексной научной и учебной дисциплины.

Я отдаю себе отчет в том, что для действительно-го самоопределения новой области знания (а креативная девиантология претендует на это) необходимо обосновать выбор объекта и предмета исследования (в

чем специфика нового подхода?), выбор общих и специальных исследовательских задач, а главное – обособить место нового раздела девиантологического знания в целом в психологической и девиантологической науке.

Мое знакомство с отечественными и зарубежными научными публикациями свидетельствует, что

такого методологического анализа, преобладающего над художественными сентенциями, проведено не было. Не всегда термин «психология», также как и термин «искусство/творчество», взятые совместно, рожают «психологию искусства/творчества». Какое содержание лежит за этим словосочетанием – вот в чем вопрос. Однако начинать с чего-то надо.

### Литература

1. Абельс Х. Интеракция, идентичность, презентация. Введение в интерпретативную социологию / пер. с нем. СПб.: Алетейя, 2000. 272 с.
2. Андреева Г. М. Психология социального познания: учебное пособие; 2-е изд. М.: Аспект Пресс, 2000. 288 с.
3. Бердяев Н. А. Смысл творчества. М., 1989 (гл. 4, 7, 8, 9).
4. Гилинский Я. И. Творчество: норма или отклонение? // Социологические исследования. 1990. № 2.
5. Гилинский Я. И. Художественное и научное творчество как девиантность // Общество и человек. 2012. № 1(3). С. 52 – 58.
6. Дружинин В. Н. Психология: учебник для гуманитарных вузов. СПб: Питер, 2001. Гл. 35.
7. Ильин Е. П. Психология творчества, креативности, одаренности. СПб: Питер, 2009. 434 с.
8. Канина С. Ю., Клейберг Ю. А. Креативность образовательной среды и профилактика девиантного поведения: монография. Ульяновск, 2007. 236 с.
9. Клейберг Ю. А. Девиантное поведение в вопросах и ответах: учебное пособие для вузов. М.: МПСИ, 2006; 2-е изд. М.: МПСИ, 2008. 304 с.
10. Клейберг Ю. А. Девиантология: схемы, таблицы, комментарии: учебное пособие. М.: МПСУ, 2014. 152 с.
11. Клейберг Ю. А. Креативность образовательной среды как фактор профилактики и коррекции девиантного поведения школьников // Общество и право. 2007. № 4(18). С. 278 – 285.
12. Клейберг Ю. А. Основы психологии девиантного поведения: монография. СПб.: Алеф-Пресс, 2014. 233 с.
13. Клейберг Ю. А. Социально-психологическая взаимосвязь творчества и девиантного поведения // Человеческий фактор: общество и власть. 2006. № 4(12).
14. Клейберг Ю. А. Творчество как проявление девиантного поведения // Творчество как позитивная девиантность: коллективная монография / под общ. ред. Я. И. Гилинского и Н. А. Исаева. СПб.: Алеф-Пресс, 2015. 279 с.
15. Кон И. С. В поисках себя. М.: Политиздат, 1984.
16. Менделевич В. Д. Психология девиантного поведения: учебное пособие. М.: МЕДпресс, 2001. 432 с.
17. Ракитов А. И. Новой науке – новое науковедение (от парадигмы к синтагме) // Науковедческие исследования: сб. науч. трудов. М., 2003. С. 6 – 30.
18. Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии: В 2-х т. Т. 2. М.: Педагогика, 1989. 328 с.
19. Шерковин Ю. А. Проблема ценностных ориентаций и массовые информационные процессы // Психол. журнал. 1982. Т. 3. № 5. С. 135 – 145.

### Информация об авторе:

**Клейберг Юрий Александрович** – доктор педагогических наук, доктор психологических наук, профессор Московского государственного областного университета (Москва), академик РАЕН, профессор, [klab03@rambler.ru](mailto:klab03@rambler.ru).

**Yury A. Klayberg** – Member of the Academy of Natural Sciences, Doctor of Pedagogy, Doctor of Psychology, Full Professor, Professor at Moscow State Regional University (Moscow).

*Статья поступила в редколлегию 19.12.2014 г.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИНГА  
КОММУНИКАТИВНЫХ НАВЫКОВ У СТАРШИХ ПОДРОСТКОВ***А. В. Мантикова***THE RESEARCH OF THE PSYCHOLOGICAL EFFECTIVENESS  
OF TRAINING COMMUNICATIVE SKILLS IN TEENAGERS***A. V. Mantikova*

Тренинг коммуникативных навыков рассматривается в качестве самостоятельного средства оптимизации содержания подструктур ценностно-потребностной сферы личности (ЦПСЛ) в старшем подростковом возрасте. Поскольку подростковый возраст характеризуется высокой степенью личностной нестабильности, а содержание родовой подструктуры ценностно-потребностной сферы личности не подвержено изменениям через воздействие различных общественных институтов, то единственный способ гармонизации ценностно-потребностных подструктур – коррекция содержания общественной подструктуры ЦПСЛ.

Выбор тренинга в качестве инструмента воздействия обусловлен рядом факторов. Во-первых, влияние общественных институтов в процессе социализации имеет опосредованный характер; в качестве посредников выступают различные малые группы, устойчивые и временные, а также отдельные референтные для подростка личности. Во-вторых, формат социально-психологического тренинга создает два условия, крайне важных для старшего подростка: наличие группы сверстников и наличие потенциального наставника, в качестве которого выступает тренер. В старшем подростковом возрасте родители зачастую не выполняют роль наставника, однако потребность в общении с референтным лицом старшего возраста в процессе социально-психологической адаптации не менее важна, чем взаимодействие в среде ровесников. Помимо того, что снижение конфликтности родовой и общественной подструктуры ценностно-потребностной сферы личности подростка можно непосредственно измерить соотношением выраженности ценностно-потребностных зон, появляется также возможность оценки психологической эффективности тренинга коммуникативных навыков у старших подростков. Для этого проведено сплошное исследование подростков профучилища г. Абакана Республики Хакасия, состоящее из 5 этапов. На предтренинговом (первом) этапе продиагностирован 91 подросток, вычислен индекс социально-психологической адаптации подростков. Затем, после реализации тренинга (второй этап), состоящего из 18 занятий, проведено три уровня ретеста: непосредственно по завершению тренинговой программы, через полгода и через 1 год. Таким образом, отслежена динамика психологической эффективности тренинга коммуникативных навыков у старших подростков. Результаты исследования могут быть использованы в процессе реализации системного подхода к социально-психологическому сопровождению старших подростков в условиях обучения в профессиональных училищах. Тренинг коммуникативных навыков может сформировать такие коммуникативные аттитюды, которые, с одной стороны, будут способствовать бесконфликтному общению, а с другой – не будут противоречить потребностям родовой подструктуры ценностно-потребностной сферы личности старшего подростка.

Communicative skills training is an independent tool for optimizing the substructures of the personality's value-need sphere in older teenagers. Teenagers are characterized by a high degree of personal instability. However, the genetic substructure of the personality's value-need sphere is not subject to change through external influence, the only way to harmonize the substructures in this area is influencing the public substructure by using communicative training.

The choice of training as a tool of influence can be explained by several factors. Firstly, the impact of public institutions in the socialization process is not direct but mediated. The mediators are a variety of small groups as well as certain people who are personally important for the teenagers. Secondly, the format of socio-psychological training satisfies the two conditions that are important for an older teenager: there being a group of peers and a potential mentor (the coach).

Reducing conflicts between the genetic and social substructures of the value-need sphere of the teenager's personality can be directly measured by the ratio of value zones expression.

In addition, it is also possible to examine the psychological effectiveness of communicative skills training. For this purpose, continuous research was conducted with the teenagers at a vocational school in Abakan, Khakassia. It consisted of 5 stages. In the first phase 91 adolescents were examined, and their index of socio-psychological adaptation was calculated.

Then, after the implementation of the 18-class training (second phase), three levels of retest were conducted: immediately upon completion of the training programme, six months later and 1 year later. Thus, the dynamics of the psychological effectiveness of training communicative skills in teenagers was tracked. The results of the study can be used for a systematic approach to socio-psychological support for older adolescents in learning environments in vocational schools. Training of communicative skills can form the communicative attitudes that will contribute to conflict-free communication, but will not contradict the requirements of the generic substructure of the value-need sphere of the older teenager's personality.

**Ключевые слова:** подросток, общественная подструктура ценностно-потребностной сферы личности, тренинг коммуникативных навыков, коммуникативная компетентность, социально-психологическая адаптация, эффективность тренинга.

**Keywords:** teenager, public substructure of the personality's value-need sphere, training of communicative skills, communicative competence, socio-psychological adaptation, effectiveness of training.

Посредниками и факторами развития и социализации личности в старшем подростковом возрасте, как и в более раннем, выступают общественные институты. Их воздействие на подростка имеет опосредованный характер, чаще всего осуществляется через малые группы, в которые входит подросток как наряду с ровесниками, так и со старшими членами групп. Как правило, подросток одновременно состоит в нескольких малых группах: семье, учебной группе, спортивной секции, клубе по интересам. Взаимоотношения внутри данных групп, а также с отдельными референтными для подростка лицами, во многом обуславливают те социальные установки, которые подросток интериоризирует, реализуя впоследствии в собственном коммуникативном и в целом в жизненном багаже.

Социально-психологическая адаптация, и в частности формирование коммуникативной компетентности, нуждаются в условиях, при которых взаимоотношения находятся в положительной динамике, в которых создается и действует двухсторонняя система поддержки, доверия, искренности. Взаимоотношения, пронизанные формализмом, напротив, создают условия не только для коммуникативных барьеров, но и социально-психологической дезадаптации подростка.

В исследовании проанализирована динамика показателей эффективности тренинга коммуникативных навыков у подростков на протяжении 12,5 месяцев. Повышенное внимание к подросткам, обучающимся в профессиональном училище, обусловлено рядом факторов.

Необходимость моделирования социализационной траектории подростка с использованием в качестве фактора внешней среды интерактивных обучающих занятий – тренинга по развитию коммуникативных навыков. В общем смысле траектория социализации подразумевает организованное целенаправленное движение в определенном направлении, развернутое во времени [1]. Поэтому добровольное участие подростка в тренинге навыков предполагает положительную динамику, соответствующую задачам тренинга. Предполагается также, что эта динамика сохранится и после завершения программы тренинга.

Главной целью реализованного тренинга было выявление динамики в общественной подструктуре ценностно-потребностной сферы личности, а также проверка гипотезы о неизменности потребностного содержания родовой подструктуры; как дополнительная ставилась задача проверки психологической эффективности тренинга коммуникативных навыков у старших подростков.

Исследования структуры ценностно-потребностной сферы личности оставляют открытым вопрос о конкретных причинах возникновения конфликтов в отдельных зонах общественной и родовой подструк-

тур ЦПСЛ подростка и о путях гармонизации потребностного содержания этих подструктур [2; 3]. ТКН можно рассматривать как один из возможных ответов на эти вопросы, потому что результаты исследования показали существенное снижение в процессе тренинга внутренней конфликтности общественной и родовой подструктур ценностно-потребностной сферы личности за счет усвоения подростками оптимальной социализационной траектории, которая реализовалась в системе аттитудов, составляющих содержание общественной подструктуры ЦПСЛ.

С этой точки зрения социально-психологический тренинг позиционируется как метод каузальной, а не симптоматической коррекции, воздействующий на источник, причину социальных отклонений [1]. Традиционный тренинг, как правило, предполагает кратковременное воздействие с целью снятия острых симптомов; каузальная коррекция более длительна по времени, требует значительных усилий, но она и более эффективна по сравнению с симптоматической, так как одни и те же симптомы отклонений могут иметь различную природу, причины и психологическую структуру.

В психологическом тренинге коммуникативных навыков работа велась в сфере четырех основных компонентов:

- самопознание и самооценка;
- познание других людей;
- умение управлять своим поведением, эмоциями;
- формирование структуры направленного общения.

Специфика новообразований подросткового возраста в этих сферах во многом определяет эффективность данного метода психокоррекции.

В подростковом возрасте последовательно появляются две особые формы самосознания: чувство взрослости и «Я-концепция». Подросток начинает осознавать свою новую позицию по отношению к взрослым, стремится быть с ними на равных, декларируя данное стремление особенностями коммуникации, вербальной и невербальной. Появляется сильная, иногда преувеличенная потребность в самостоятельности, независимости от взрослых, в установлении более близких отношений со сверстниками.

Самопознание и самоопределение подростка во многом складывается из его отношений с друзьями. Последние часто определяют содержание ценностей и приоритетов, формируемых у подростка. В этом возрасте формируется мораль и правила в дружеских отношениях, основанные на отстранении от взрослых, стремлении уйти от их опеки. Гармоничное представление о самом себе складывается у подростка только в случае, если он чувствует искреннюю заинтересо-

ванность в его персоне других, прежде всего, сверстников.

Подростковый возраст в целом характеризуется нестабильностью поведения, эмоциональной лабильностью. За периодом активного общения с друзьями может последовать внезапно проявляющаяся замкнутость.

Для того чтобы этот период завершился конструктивно, важно, чтобы у подростка развивалась саморегуляция, основанная на настойчивости, терпении, здоровой критичности по отношению к референтным группам, а также разумной долей самокритичности. Однако, перестройка как физиологического, так и нравственного склада провоцируют нестабильность личности подростка. По данным Л. Колберга [4], у подростка развивается конвенциональная мораль, еще далекая от истинной нравственности; нормы морали остаются для него чем-то внешним. Ориентация на оправдание ожиданий, одобрение или на авторитет определяет неустойчивость поведения подростков, их зависимость от внешних влияний.

Описанные особенности подросткового возраста позволяют предположить эффективность именно групповой формы психокоррекции для подростков, в ситуации которой создается референтная для подростка группа, формируется новое содержание общественных ценностей, определяются приоритеты. Нестабильностью в высокой степени также характеризуется и ценностно-потребностная сфера личности подростка. Зачастую именно в старшем подростковом возрасте наблюдается выраженный общественно-родовой конфликт: рассогласованность содержания ценностей общественной и родовой подструктур в ценностно-потребностной сфере личности. Так как родовая подструктура ценностно-потребностной сферы личности «достаётся» подростку от родителей по праву наследования и фактически остаётся неизменной в течение жизни, единственным способом снижения конфликтности подструктур является изменение содержания общественной подструктуры ценностно-потребностной сферы личности. Чем «ближе» к родовой подструктуре окажется общественная, тем в меньшей степени ценностно-потребностный профиль подростка будет конфликтогенным. Следовательно, оптимизация подструктур внутри ценностно-потребностной сферы личности подростка должна отразиться непосредственно на содержании общественной подструктуры ценностно-потребностной сферы личности: в изменении социальных установок в сторону повышения коммуникативной компетентности и в целом повышения уровня социально-психологической адаптации, в перераспределении в иерархии ценностных зон.

В силу этих причин подростковый возраст благоприятен для коррекции общественной подструктуры ценностно-потребностной сферы личности в процессе социально-психологического тренинга через развитие коммуникативной компетентности.

Тренинг – особая разновидность обучения, осуществляемая через непосредственное проживание и осознание возникающего в межличностном взаимодействии опыта. Тренинг является таким форматом

работы, который нацелен на приобретение нужных изменений у его участников в заранее намеченной сфере в относительно короткий срок. Поэтому работа в тренинге ведётся, в первую очередь, с такими психологическими образованиями, которые можно перепрограммировать, скорректировать, оптимизировать в достаточно сжатые сроки. Чаще всего это поведенческие проявления, непосредственно поддающиеся внешней регистрации, а также способы интерпретации собственного поведения и поведения других, реализующиеся через соответствующие установки.

Тренинг коммуникативных навыков, помимо очевидности развития и приобретения в его процессе навыков общения, эффективной коммуникации, может существенным образом повысить уровень социально-психологической адаптации в целом у его участников.

Программа тренинга ориентирована на развитие коммуникативных навыков у старших подростков. Мера эффективности тренинга – не коммуникативная компетентность, а интегративный показатель – уровень социально-психологической адаптации.

В исследовании проведен анализ эффективности тренинга с точки зрения процесса социально-психологической адаптации. Исследование проведено в 2009 – 2011 гг. на базе профессионального училища г. Абакана. В нём участвовали старшие подростки мужского пола. Базовый уровень социально-психологической адаптации определялся с помощью специальных диагностических средств у всех учащихся-подростков. Всего был обследован 91 подросток, средний возраст – 15,2 лет.

Для диагностики интегративного показателя социально-психологической адаптации использовались следующие методики:

- тест-опросник определения самооценки Дембо-Рубинштейн;
- цветовой тест эмоциональных состояний М. Люшера в адаптации Л. А. Ясюковой;
- методика «Диагностика доминирующей стратегии психологической защиты в общении» В. В. Бойко;
- тест-опросник для измерения мотивации аффилиации, модификация теста-опросника А. Мехрабиана (М. Ш. Магомед-Эминов).

Интегративный показатель вычислялся суммированием шкал методик, непосредственно относящихся к эффективной социально-психологической адаптации: чем выше суммарный балл, тем выше уровень адаптации.

После диагностического этапа исследования из всей совокупности случайным образом были сформированы 3 группы подростков по 16 в каждой для участия в формирующем этапе эксперимента. С подростками, вошедшими в рандомизированные тренинговые группы, было заключено предварительное устное соглашение о добровольном участии в тренинге. Подростки (43 учащихся), не вошедшие в тренинговые группы, составили три контрольные выборки, эквивалентные по показателю базового уровня социально-психологической адаптации экспериментальным группам на первом этапе исследования. Группы внут-

при экспериментальной и контрольной совокупностей также были проверены на эквивалентность.

Тренинги проводились в трёх экспериментальных группах подростков в течение 2,5 месяцев. В целом было реализовано 54 тренинговых занятия по коррекции и формированию коммуникативных навыков – по 18 в каждой группе.

Диагностика уровня социально-психологической адаптации проводилась как среди экспериментальных групп (подростков, посещающих тренинг), так и среди контрольных (остальных учащихся). Таким образом, проведенное исследование можно считать сплошным: все подростки, не вошедшие в экспериментальные группы, стали участниками контрольных.

Можно выделить 5 этапов исследования:

1) первичная диагностика уровня социально-психологической адаптации старших подростков до начала проведения тренинга (сплошное исследование,  $N = 91$ );

2) формирующий этап, представленный 18-ю тренинговыми занятиями по оптимизации коммуникативных навыков;

3) ретест уровня социально-психологической адаптации I (сплошное исследование,  $N = 91$ ), осуществленный непосредственно после реализации тренинговой программы;

4) ретест уровня социально-психологической адаптации II (сплошное исследование,  $N = 91$ ), проведенный через полгода после окончания тренинга;

5) ретест уровня социально-психологической адаптации III ( $N = 83$ ) – сплошной диагностический срез подростков через 1 год после окончания тренинга.

По естественным причинам (перевод в другое учебное учреждение) в диагностическом срезе через год после завершения тренинга 8 подростков из первоначально обследованной группы участия не принимало; при этом пропорция контрольной и экспериментальной выборок сохранилась. Статистическое сопоставление показателей социально-психологической адаптации проводилось при помощи  $t$ -критерия Стьюдента.

Результаты диагностики представлены в таблице. Они свидетельствуют о различной динамике показателей социально-психологической адаптации подростков, участвовавших и не участвовавших в тренинге.

Контрольные группы подростков по интегративному показателю социально-психологической адаптации статистически достоверно не отличаются как между собой, так и по результатам ретестирования внутри каждой контрольной группы.

Среди подростков трёх экспериментальных групп выявлена позитивная динамика суммарного индекса социально-психологической адаптации, свидетельствующая о повышении ее уровня. В среднем по всем трём группам этот показатель повысился на 5,4 балла ( $p \leq 0,01$ ).

В контрольных группах подростков значения суммарного индекса социально-психологической

адаптации выросли в среднем на 0,9 балла, что не достигает уровня статистической значимости.

На протяжении 1 года после завершения тренинга проведено три диагностических среза, которые показали сохранность результата по интегративному показателю – индексу социально-психологической адаптации подростков экспериментальных групп.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что ТКН способствует позитивной динамике коммуникативных аттитудов; его результаты, развившиеся в формировании у подростков адаптационных социальных установок, имеют устойчивый характер. Содержание ценностно-потребностной сферы личности подростка можно гармонизировать за счёт воздействия на её общественную подструктуру в процессе социально-психологического тренинга.

Кроме того, важно отметить дополнительные факторы, которые, вероятно, могли повлиять на динамику показателей социально-психологической адаптации:

- при проведении психологического тренинга большое внимание уделялось организации взаимодействия учащихся профессионального училища с преподавателями;

- по просьбе самих подростков проводилась дополнительная индивидуальная работа с учащимися, вошедшими в экспериментальные группы;

- в процессе тренинга, кроме работы, непосредственно нацеленной на психокоррекцию социально-психологических адаптационных механизмов подростков, проводились также занятия по формированию эффективных взаимоотношений как внутри тренинговой группы, так и с внешним окружением.

Вероятно, эти дополнительные мероприятия в значительной степени усилили эффект и обеспечили устойчивость результатов психокоррекционной работы, что позволило создать дополнительный ресурс для дальнейшего развития полученных на тренинге социальных навыков. По-видимому, такое воплощение системного подхода к социально-психологическому сопровождению подростков наиболее эффективно.

Вместе с тем, несмотря на отсутствие статистически достоверных различий как внутри контрольных, так и внутри экспериментальных групп на посттренинговом этапе исследования: ретесты I – III, на уровне тенденции отмечена следующая закономерность: во всех экспериментальных группах, прошедших тренинг, наблюдается незначительное снижение суммарного индекса социально-психологической адаптации во времени (по данным ретестов II – III), в среднем на 0,2 балла за период, в то время как во всех контрольных группах происходит обратный эффект – незначительное повышение этого показателя (таблица).



Динамика показателя индекса социально-психологической адаптации у подростков (средний балл)

Группа	N	Тест	Ретест I	Ретест II	N	Ретест III
Экспериментальная I	16	26,3	32,2	32,0	15	31,6
Экспериментальная II	16	28,0	33,2	33,0	14	32,6
Экспериментальная III	16	27,3	32,4	32,2	16	31,9
Контрольная I	15	27,8	27,9	28,1	14	28,3
Контрольная II	14	28,0	27,9	28,2	12	28,3
Контрольная III	14	26,1	27,0	27,2	12	27,5

Возможно, этот эффект обусловлен привыканием подростков, участвовавших и не участвовавших в тренинге, к условиям профессионального училища. Можно предположить, что данная тенденция будет в дальнейшем прогрессировать, поэтому для лучшего закрепления эффекта позитивной динамики индекса социально-психологической адаптации на посттренинговом этапе, системной социально-психологической работой должны быть охвачены все подростки – учащиеся профессионального училища.

Таким образом, исследование психологической эффективности тренинга коммуникативных навыков у

старших подростков показало, что проведение системной работы по социально-психологическому сопровождению способствует оптимизации их социально-психологической адаптации и может сохраняться достаточно длительное время по завершению тренинга.

Вопрос о взаимовлиянии подростков – участников тренинга и их ближайшего окружения, как факторе закрепления либо постепенного нивелирования позитивных изменений, приобретённых в ходе тренинга, требует специального исследования.

#### Литература

1. Богданова В. В. Траектории социализации как социологический феномен // Знание. Понимание. Умение. 2009. № 1. С. 70 – 74.
2. Морогин В. Г. Ценностно-потребностная сфера личности. Томск: ТГПУ, 2003. 357 с.
3. Морогин В. Г., Гусева Т. Б. Структура ценностно-потребностной сферы личности молодежи: этнические ценности русских и хакасов. LAP LAMBERT Academic Publishing. Абакан, 2012. 158 с.
4. Кольберг Л. Подход Лоуренса Кольберга к нравственному воспитанию // Психологический журнал. 1992. Т. 13. № 3.

#### Информация об авторе:

**Мантикова Анна Владимировна** – аспирант IV курса ЗФО, старший преподаватель кафедры психологии Медико-психолого-социального института ХГУ им. Н. Ф. Катанова, [psychologistmantika@gmail.com](mailto:psychologistmantika@gmail.com).

**Anna V. Mantikova** – post-graduate student; Senior Lecturer at the Department of Psychology, Katanov Khakass State University.

**(Научный руководитель: Морогин Владимир Григорьевич)** – доктор психологических наук, профессор, член-корреспондент Международной академии психологических наук, профессор кафедры психологии Медико-психолого-социального института ХГУ им. Н. Ф. Катанова.

**Vladimir G. Morogin** – Professor, doctor of psychological Sciences, corresponding member of International Academy of psychological Sciences, Professor of psychology Department of Khakass state University them. N. F. Katanov).

Статья поступила в редколлегию 23.10.2014 г.

УДК 159.9.075

# АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО КЛИМАТА ТРУДОВОГО КОЛЛЕКТИВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Е. В. Мороденко, Е. А. Медовикова*

## THE ANALYSIS OF THE SOCIO-PSYCHOLOGICAL CLIMATE IN THE WORKING STAFF OF COAL INDUSTRY ENTERPRISES OF KEMEROVO REGION

*E. V. Morodenko, E. A. Medovikova*

В статье раскрыты особенности социально-психологического климата. Представлен анализ структурных характеристик психологического климата. Раскрыты факторы формирования социально-психологического климата трудового коллектива. Представлен перечень методических приемов исследования данного структурного образования. Описаны результаты оригинальных социально-психологических исследований, раскрывающих динамику психологического климата.

The paper reveals the peculiarities of the socio-psychological climate. The authors present an analysis of the structural characteristics of psychological climate. The factors of the socio-psychological climate in the working staff are revealed. The list of methodical ways of studying these structural formations are presented. The results of the original socio-psychological research are described, revealing the dynamics of psychological climate.

**Ключевые слова:** психологический климат, личностная тревожность, реактивная тревожность, стиль управления, трудовой коллектив.

**Keywords:** psychological climate, personal anxiety, reactive anxiety, management style, working staff.

Социальная психология рассматривает коллектив как особое качество группы, связанное с общей деятельностью. Это особое качество представляет собой продукт развития производственных групп, существующих внутри определенной социальной системы. При этом коллектив представляет собой объединение людей во имя достижения определенной цели, которая является социально одобряемой [1; 3; 7].

Межличностные отношения, формирующиеся внутри производственных групп, представляют собой базу для формирования социально-психологического климата.

На сегодняшний день существует множество определений социально-психологического климата. Среди них наибольшую известность приобрело понятие социально-психологического климата, предложенного В. Д. Парыгиным. Автор предлагает следующее определение: «Климат коллектива представляет собой преобладающий и относительно устойчивый психологический настрой коллектива, который находит многообразные формы проявления во всей его жизнедеятельности» [5].

Один из видных исследователей социально-психологических проблем, возникающих в трудовом коллективе, является В. М. Шепель, определивший психологический климат как эмоциональную окраску психологических связей, возникающих на основе близости, симпатии, совпадения характеров, интересов, склонностей [6]. Автор выделяет три климатические сферы: социальный климат определяется тем, насколько на предприятии гарантировано соблюдение конституционных прав и обязанностей работников; моральный климат характеризуется моральными ценностями, общепринятыми в коллективе; психологический климат подразумевает ту атмосферу, которая складывается между работниками, находящимися в непосредственном контакте друг с другом [7].

Несмотря на различие в подходах и определениях социально-психологического климата, многие авторы сходятся на том, что относительно устойчивый психологический настрой является в известной степени целостной характеристикой коллектива, проявляется в межличностных отношениях, в отношениях к трудовой ситуации, влияет на результаты производственной деятельности, самочувствие, активность личности [4].

Условия, в которых происходит взаимодействие членов рабочей группы, влияют на успешность их совместной деятельности, на удовлетворенность процессом и результатами труда.

По результатам исследования выявлен ряд факторов, определяющих социально-психологический климат в коллективе, среди которых необходимо обозначить: глобальную макросреду (обстановка в обществе, совокупность экономических, культурных, политических и др. условий); локальную макросреду, т. е. организацию, в структуру которой входит трудовой коллектив; физический микроклимат и санитарно-гигиенические условия труда; удовлетворенность работой; характер выполняемой деятельности; организация совместной деятельности; психологическая совместимость; сработанность; характер коммуникаций; стиль руководства [2].

**Цель** нашего исследования состояла в изучении социально-психологического климата в рамках трудового коллектива на предприятии угольной промышленности.

В исследовании социально-психологического климата использовался комплекс диагностических методов и методик:

- методика определения стиля руководства трудовым коллективом В. П. Захарова и А. Л. Журавлева;
- методика диагностики психологического климата в малой производственной группе (В. В. Шпалинский, Э. Г. Шелест);

- шкала оценки уровня реактивной и личностной тревожности (Ч. Д. Спилберг, Ю. Л. Ханин);
- анкетирование.

Общую выборку в исследовании составили респонденты шахтоуправления «Талдинское-Западное» ОАО «СУЭК-Кузбасс» в возрасте от 26 до 40 лет в количестве 155 человек.

#### Изложение и обсуждение результатов исследования

По результатам методики «Определение стиля руководства трудовым коллективом» (В. П. Захаров, А. Л. Журавлев) получены следующие данные: 63 % работников данного коллектива считают, что бригадир (непосредственный руководитель) проявляет *коллегальный* (демократический) стиль в управлении

коллективом; 25 % сотрудников предприятия отмечают преобладание *директивного* (авторитарного) компонента в управлении рабочим коллективом; 12 % работников предприятия, участвующих в исследовании отмечают наличие *попустительского* компонента (пассивного невмешательства) в управлении коллективом (бригадой).

В процессе изучения психологического климата выявлены его уровневые характеристики. Результаты представлены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что в рабочем коллективе уровень социально-психологического климата высокий (77 %), что определяет устойчивый характер психологического климата с преобладанием благоприятной обстановки взаимоотношений ее членов.

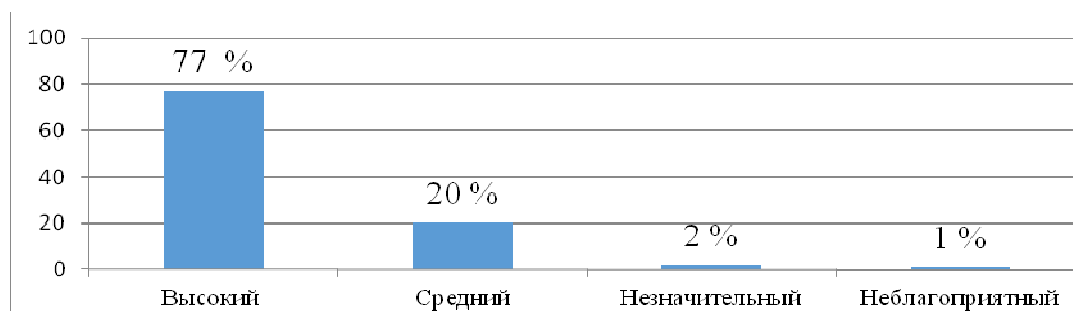


Рис. 1. Уровневые характеристики психологического климата коллектива

Данный уровень сохраняет необходимый резерв сил для дальнейшего совершенствования условий и организации труда, при этом не происходит работы на износ. Четкая организация труда и управления в коллективе в сочетании с необходимым резервом сил и удовлетворенностью от трудовой деятельности открывают перспективу дальнейшего развертывания социально-психологического потенциала коллектива.

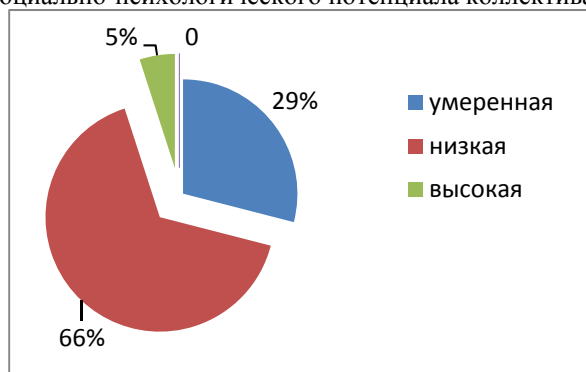


Рис. 2. Уровень реактивной (ситуативной) тревожности коллектива

Для оценки уровня реактивной и личностной тревожности была применена методика Ч. Д. Спилберга, Ю. Л. Ханина. Полученные результаты в процентном соотношении представлены на рис. 2 и 3.

Согласно полученным данным, 66 % работников предприятия, участвующих в исследовании, проявляют *низкий* уровень реактивной (ситуативной) тревожности в коллективе. Данный уровень характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: низким на-

пряжением, отсутствием беспокойства и озабоченности как реакции на стрессовые ситуации, возникающие на рабочем месте.

Согласно данным, представленным на рис. 3, 45 % работников угольной сферы проявляют *умеренный* уровень личностной тревожности. Личности, демонстрирующие умеренно-тревожный уровень, не склонны воспринимать угрозу своей жизнедеятельности в обширном диапазоне ситуаций и реагировать весьма выраженным состоянием тревожности. Это дает основание предполагать, что сотрудники коллектива (рабочие) не склонны воспринимать рабочие ситуации, возникающие в процессе трудовой деятельности, как угрозу своей личности и безопасности жизнедеятельности.

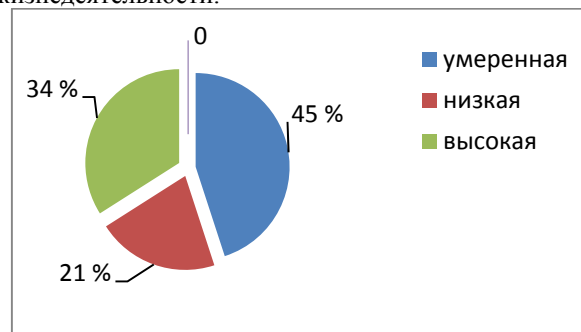


Рис. 3. Уровень личностной тревожности коллектива

По результатам анкетирования, проведенного на ШУ «Талдинская-Западная», можно сделать следующие выводы:

– большинство опрошенных (57 %) оценивают атмосферу в трудовом коллективе как дружескую, 23 % отмечают взаимное доверие в коллективе, однако 20 % отражают такие явления в трудовом коллективе, как напряжённость и непонимание;

– отношения работников с непосредственными начальниками можно охарактеризовать как положительные, об этом свидетельствуют результаты опроса: 86 % работников угольной сферы довольны отношением со своим непосредственным руководителем и лишь 14 % высказывают недовольство.

– 83 % работников угольного предприятия удовлетворены стилем работы руководителя и его методами руководства;

– 94 % сотрудников предприятия всегда придерживаются правил техники безопасности для повышения производительности труда.

По результатам проведенного исследования на ШУ «Талдинское-Западное» ОАО «СУЭК-Кузбасс» выявлено:

– непосредственный руководитель (бригадир) проявляет коллегиальный (демократический) стиль в управлении коллективом, при котором требовательность и контроль сочетаются с инициативным и творческим подходом к выполняемой работе и сознательным соблюдением дисциплины;

– значимость исследования социально-психологического климата в трудовом коллективе заключается в том, что при создании благоприятных условий

совместного труда и межличностных отношений повышается уровень производительности труда, уменьшается количество конфликтов, разрешение которых отнимает много сил и времени и препятствует адаптации новых сотрудников;

– работники предприятия не склонны воспринимать угрозу своей жизнедеятельности в обширном диапазоне ситуаций и реагировать весьма выраженным состоянием тревожности. Данный уровень характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: низким напряжением, отсутствием беспокойства и озабоченности как реакции на стрессовые ситуации, возникающие на рабочем месте;

– большинство респондентов придерживаются правил техники безопасности для повышения производительности труда;

– респонденты в данном исследовании отметили одну из наиболее важных (положительных) сторон исследуемого предприятия – «высокую заработную плату»;

– при этом следует отметить, что для формирования положительного морально-психологического климата в коллективе материального стимулирования не всегда достаточно, возможно, поэтому для выполнения правил техники безопасности на предприятии необходимо большое внимание уделить моральному стимулированию сотрудников (грамоты, благодарственные письма, дипломы, доски почёта и пр.).

### Литература

1. Андреева Г. М. Психология социального познания: учебное пособие. М.: Аспект Пресс, 2010. 302 с.
2. Жданов О. И. Социально-психологический климат в коллективе // Элитариум 2.0. Режим доступа: [http://www.elitarium.ru/2007/11/14/klimat\\_v\\_kollektive.html](http://www.elitarium.ru/2007/11/14/klimat_v_kollektive.html)
3. Лютова С. Н. Социальная психология личности (теория и практика): курс лекций. М.: МГИМО, 2009. 175 с.
4. Морозова И. С., Белогай К. Н., Будич Н. Ю. Практические аспекты личностного самоопределения: учебное пособие. Кемерово, 2007. 94 с.
5. Парыгин Б. Д. Социально-психологический климат коллектива. Л.: Наука, 1981. 192 с.
6. Шепель В. М. Управленческая психология: учебник. Новосибирск, 1993. 432 с.
7. Толковый словарь живого великорусского языка В. Даля. Режим доступа: <http://v-dal.ru/>

### Информация об авторах:

**Мороденко Евгения Васильевна** – кандидат психологических наук, зав. кафедрой социально-гуманитарных дисциплин филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева в г. Прокопьевске, 8-923-610-84-40, [morodenko@yandex.ru](mailto:morodenko@yandex.ru).

**Evgenia V. Morodenko** – Candidate of Psychology, Head of the Department of Social and Humanitarian Disciplines, Prokopyevsk branch of Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev.

**Медовикова Евгения Александровна** – аспирант кафедры общей психологии и психологии развития КемГУ, преподаватель филиала Кузбасского государственного технического университета им. Т. Ф. Горбачева в г. Прокопьевске, 8-923-636-73-75, [e-medovikova@yandex.ru](mailto:e-medovikova@yandex.ru).

**Evgenia A. Medovikova** – post-graduate student at the Department of General Psychology and Psychology of Development, Kemerovo State University; lecturer at Prokopyevsk branch of Kuzbass State Technical University named after T. F. Gorbachev.

**(Научный руководитель: Морозова Ирина Станиславовна** – доктор психологических наук, профессор, заведующая кафедрой общей психологии и психологии развития КемГУ, чл.-корр. САН ВШ, [ishmorozova@yandex.ru](mailto:ishmorozova@yandex.ru).

**Irina S. Morozova** – Doctor of Psychology, Professor, Head of the Department of General Psychology and Psychology of Development, Kemerovo State University).

Статья поступила в редколлегию 26.01.2015 г.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ У ПОДРОСТКОВ  
С НАРУШЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТА***А. А. Ярышева, Е. М. Ланина***PROFESSIONAL IDENTITY FORMATION IN TEENAGERS WITH INTELLECTUAL DISABILITY***A. A. Yarysheva, E. M. Lanina*

Авторы анализируют особенности формирования и структуру профессиональной идентичности подростков с нарушением интеллекта. В статье эмпирически и теоретически подтверждена актуальность разработки психолого-педагогической программы формирования профессиональной идентичности. Представлена модель программы работы с подростками, страдающими нарушениями интеллекта, способствующая осознанию себя в будущей профессиональной деятельности.

The authors analyze the formation of specifics and structure of professional identity in teenagers with intellectual disability. The paper empirically and theoretically confirmed the relevance of the development of the psychopedagogical programme of professional identity formation. The model of the programme of working with teenagers with intellectual disabilities, promoting self-awareness in future professional activity, is presented.

**Ключевые слова:** идентичность, профессиональная идентичность, самоопределение, подростки с нарушением интеллекта.

**Keywords:** identity, professional identity, self-determination, teenagers with intellectual disability.

Психолого-педагогические исследования по проблеме профессиональной идентичности подростков с нарушением интеллекта немногочисленны, при этом в большинстве случаев не рассматривается влияние профессионального самоопределения личности на ее реализацию и развитие.

Важное место в процессе онтогенетического развития личности занимает подростковый возраст. Л. С. Выготский, А. Н. Леонтьев, Д. Б. Эльконин в своих работах подчеркивали важность направленности деятельности подростка на усвоение норм поведения, трудового самоопределения, успешной социализации в обществе. В подростковом возрасте отчетливо проявляется потребность «быть личностью». Подросток в процессе общения и взаимодействия со сверстниками стремится к самоутверждению, пытается понять себя, свои положительные и отрицательные качества, определиться с выбором профессионального и дальнейшего жизненного пути. Увеличение числа подростков, помещенных в ограниченные от социума группы, такие как коррекционные учреждения VIII вида, ограничивает возможность наблюдения дифференцирующих моделей поведения, социальных и трудовых ролей, навыков общения в группах, отсюда вытекают трудности развития и формирования профессиональной идентичности подростка с нарушением интеллекта. Процесс становления личности подростка с нарушением интеллекта практически не связывают с развитием его самосознания, осознанием им собственной идентичности, самоактуализации посредством доступных видов деятельности.

Идентичность – это твердо усвоенный и личностно принимаемый образ себя во всем богатстве отношений личности к окружающему миру, чувство адекватности и стабильного владения личностью собственного «Я» независимо от изменений «Я» и ситуации [13, с. 12].

Идентичность является сложным структурным образованием, состоящим из большого количества идентификаций: гендерная идентичность, националь-

ная, профессиональная и т. д. Некоторые виды идентичности даруются молодому человеку изначально, практически с рождения; другие начинают осознаваться только в подростковом возрасте. Чем разнообразнее структура идентичности, тем легче молодому человеку адаптироваться под постоянно изменяющиеся условия жизни.

У подростков с нарушением интеллекта структура идентичности более бедная по содержанию. В силу имеющегося интеллектуального дефекта и вследствие замедленного психического развития формирование многих идентификаций у умственно отсталых подростков запаздывает, а некоторые могут не формироваться вообще. Н. В. Антонова, вслед за Г. Брейкуэлл, анализируя структуру идентичности, пишет, что простая структура идентичности формируется на основе ограниченного социального опыта [1, с. 141]. Процесс взросления у подростков с нормативным развитием часто проходит с различными осложнениями, которые выражаются в трудностях в социальном, психологическом, педагогическом аспектах, становлением психологических и психофизиологических механизмов саморегуляции [3]. У подростков с нарушением интеллекта эти проблемы наступают позже, но проявляются гораздо острее. Необходима своевременная психолого-педагогическая помощь таким подросткам, в частности помощь в формировании профессионального аспекта идентичности.

Профессиональная идентичность является одним из наиболее важных аспектов личностной идентичности. Это осознание себя как представителя определенной профессии, как человека, обладающего определенными знаниями, умениями, навыками. Это результат процесса формирования социальной идентичности, отождествления себя с другими. С другой стороны, профессиональная идентичность определяет содержательные характеристики собственного «Я» [6].

Л. Б. Шнейдер пишет, что профессиональная идентичность – это процесс долговременный. Окончатель-

но формируется на поздних этапах профессионализма, берёт начало в период профессионального обучения [12, с. 14]. Профессиональная идентичность формируется на основе соотношения образа профессии с теми знаниями, которые имеются у человека о самом себе [12, с. 142].

Для выявления особенностей профессиональной идентичности подростков с нарушением интеллекта нами было проведено эмпирическое исследование, в котором приняли участие учащиеся школ VIII вида г. Новосибирска и г. Кемерово, всего 50 человек. Это юноши и девушки 16 – 17 лет, имеющие диагнозы: лёгкая умственная отсталость и ЗПР. Нами было использовано полуструктурированное интервью (Identity Status Interview – ISI) Дж. Марсиа, модификация В. Р. Орестовой, О. А. Карабановой [4], и опросник двадцати утверждений М. Куна, Т. Макпартленда «Кто я?» [7].

Полуструктурированное интервью предназначено для определения статуса идентичности. В нем охвачены наиболее важные сферы самоопределения личности: профессия, религия, политика, любовь, дружба, семья. Каждая область оценивается согласно двум критериям: наличия кризиса (периода исследования возможностей выбора) и выбора (принятие решения и соответствующих сделанному выбору обязательств). В итоге определяются четыре статуса идентичности: достигнутая идентичность (выбор есть, поиск есть); мораторий (выбора нет, поиск есть); предрешение (выбор есть, поиска нет); диффузная идентичность (выбора нет, поиска нет) [5].

Мы выделили наиболее важную для нас сферу самоопределения – профессия – и решили выяснить, какой статус идентичности у наших испытуемых преобладает в данной сфере. Анализ эмпирических данных показал, что у подростков с нарушением интеллекта преобладает статус диффузии профессиональной идентичности (72,52 %), у них нет ни выбора, ни поиска профессии. Профессиональный статус им малоинтересен, о будущем они не задумываются. Затем идёт предрешённая идентичность (21,33 %), т. е. выбор был сделан с ориентацией на взгляды и точку зрения родителей, семьи. Это объясняется отсутствием умения принимать решения самостоятельно, практически всё за них решают родители. Кризис идентичности (мораторий) в сфере профессии переживают всего 4,04 %, уровень достигнутой идентичности в данной сфере показали 2,11 %.

Анализ данных, полученных с помощью опросника двадцати утверждений «Кто Я?», позволил нам выделить структуру идентификационных характеристик, уровень дифференцированности идентичности у подростков с нарушением интеллекта. В нашем исследовании мы использовали шкалу анализа идентификационных характеристик по следующим категориям: социальное «Я», коммуникативное «Я», материальное «Я», физическое «Я», деятельное «Я», перспективное «Я», рефлексивное «Я». Для анализа в данной статье нами были выбраны шкалы «перспективное Я», «деятельное Я» как отражающие особенности профессиональной идентичности.

В процессе проведения методики мы выявили, что у подростков с нарушением интеллекта узок диапазон

профессиональных интересов, практически полностью отсутствуют знания о профессиях и своих возможностях. Категории ответов распределились следующим образом: нет профессионального самоописания у 52 % испытуемых, менеджерами себя видят 28 %, бизнесменами – 20 %.

При оценке уровня дифференцированности идентичности мы обнаружили очень низкое количество самоописаний (в среднем 4,7). Это говорит о несформированности структуры идентичности, размытости образа «Я», что в свою очередь затрудняет формирование профессиональной идентичности.

Представленные результаты исследования дали основание для разработки модели психолого-педагогической программы формирования профессиональной идентичности подростков с нарушением интеллекта.

Основанием для разработки психолого-педагогической модели, кроме нормативных документов, явились положения приоритетного национального проекта «Образование» и программа обучения в специальной (коррекционной) школе VIII вида. Основными ориентирами для разработки психолого-педагогической модели послужили труды ряда авторов в области педагогической, возрастной и специальной психологии, выводы по исследованиям Л. И. Божович, Г. М. Дульнева, А. И. Захарова, В. П. Кащенко, А. Р. Малера, С. Л. Мирского, А. М. Прихожан и других о том, что практическая психолого-педагогическая помощь учащимся с нарушением интеллекта имеет эффективный результат, если включает в себя психологическую и социально-педагогическую диагностику, коррекцию, профилактику, медицинскую реабилитацию [4].

При разработке модели мы учитывали результаты проведенного эмпирического исследования, а также рекомендации к организации обучения и воспитания подростков с нарушением интеллекта с учетом структуры дефекта и условий воспитания. Программа состоит из нескольких компонентов: организационного, диагностического, социально-психологического и педагогического. Опираясь на работы Н. А. Сироты и др. [8], мы данную программу рассматриваем как личностно центрированную – воздействие на определенные характеристики личности: развитие представлений о самом себе, формирование коммуникативных умений, повышение самооценки, развитие самосознания, самоопределения и т. д.

В организационный компонент модели нами были включены следующие направления деятельности: разработка индивидуального образовательного маршрута с учетом данных эксперимента; организация психолого-педагогической работы с учетом программы коррекционного образовательного учреждения; организация взаимодействия интернатного учреждения с медицинскими и образовательными учреждениями в рамках определения профессионально-трудового маршрута; организация работы психолого-медико-педагогического консилиума; организация условий профессионально-трудовой подготовки учащихся в рамках доступной профессии.

В диагностический компонент: определение психологических особенностей (психолого-педагогический)



ческая диагностика); социально-педагогическая диагностика; диагностика усвоения ЗУН (текущая, периодическая, итоговая), необходимых для определения профессионально-трудового маршрута; диагностика структуры интеллектуального дефекта, изучение физического состояния и противопоказаний к профессии (медицинская диагностика); анкетирование педагогов (определение степени готовности к профессиональной деятельности).

Социально-психологический компонент программы включает в себя: развитие представлений о самом себе, обучение эффективной коммуникации, это реализуется через специально разработанные игровые занятия с элементами тренинга. Помощь в самоопределении включает в себя профориентацию и организацию основ самоуправления в образовательном учреждении.

Наиболее эффективной формой, способствующей развитию представлений о собственном «Я», формированию коммуникативных умений, повышению самооценки является групповая форма работы, содержащая в себе игры и элементы тренинга. Групповая форма работы предусматривает проведение ролевых игр, связанных с различными профессиями, обучение умению разрешать жизненные проблемы, упражнений, направленных на развитие более разнообразной и позитивной «Я-концепции».

Позиция педагога-психолога, ведущего данные занятия, должна заключаться в следующем: это ненавязчивое взаимодействие с подростками, доверительный контакт с группой, трансляция постоянного интереса, расположения к каждому подростку, установление безоценочных отношений с подростками, включенность педагога-психолога в игровые моменты на тренинге (игровая позиция).

Ожидаемые результаты: у подростков с нарушением интеллекта должно сформироваться ясное представление о себе, адекватная самооценка, сформироваться способность к планированию своего поведения, выработаться позитивные жизненные цели, повыситься ответственность за свое поведение.

Педагогический компонент: организация учебных и воспитательных занятий (в урочное и неурочное время); психолого-педагогическая работа в рамках программы «Поиск работы», просветительская работа с родителями (подростков, воспитывающихся в семье); индивидуальное и групповое консультирование педагогов, ознакомление с диагностическим материалом. В этот компонент также включены следующие формы работы: организация самоуправления в учебном заведении, профориентация. Педагогический компонент мы связали с понятием «педагогическая поддержка».

Под педагогической поддержкой мы понимаем любое сотрудничество или взаимодействие педагога с ребенком, характеризующееся позитивным отношением к ученику, готовность помочь в его начинаниях, самореализации и решении индивидуальных проблем школьников, связанных с физическим и психическим здоровьем, успешным продвижением в обучении, с жизненным, профессиональным, этическим выбором. Суть ее состоит в том, чтобы помочь учащимся преодолевать препятствия, трудности, ориентируясь на

имеющиеся у него реальные и потенциальные возможности, развивая способность в успешности самостоятельных действий, в поиске личностного смысла [14].

Следующая форма работы – помощь в самоопределении подростков с нарушением интеллекта – включает в себя идею выбора, предоставление старшеклассникам возможности смены и выбора социальных ролей в образовательном учреждении. В этом плане большое значение имеет организация основ самоуправления в учебном заведении, помощь в профориентации школьникам с нарушением интеллекта. Проблема самоопределения связана с формированием профессиональной идентичности. Огромное значение в плане самоопределения подростков с нарушением интеллекта является позитивное представление о самом себе. Как отмечал Т. Шибутани [11, с. 172], то, что делает человек, в значительной мере определяется мнением человека о самом себе. Старшеклассник в жизненном самоопределении становится перед множеством социальных выборов. Р. Бернс пишет, что в этот момент происходит процесс выбора «социального гардероба» и подгонки его «по фигуре» [2, с. 194]. Те же самые процессы происходят и у подростков с нарушением интеллекта с тем отличием, что количество социальных выборов у них уже.

Организацию самоуправления в коррекционном учебном заведении можно рассматривать как путь активной позиции в поиске профессиональной идентичности. Самоопределение подростка с нарушением интеллекта начинается с выбора роли, наиболее подходящей ему в общении. Опираясь на учение Г. Мида, мы понимаем роль как способность соразмерить свои поступки с действиями других. По Р. Мертону роль способствует раскрытию спонтанных свободных действий человека, обусловленное его индивидуальными свойствами [9]. Поскольку молодой человек, как правило, находится в поиске собственной идентичности, в возможности эффективного профессионального самоопределения, он должен реализоваться в различных ролях.

Общение должно быть полноценным в учебном заведении, и в целях воспитания должны быть реализованы все его функции. Только в комфортных условиях возможна ситуация выбора. Еще Мария Монтессори утверждала, что в «выборе» должна быть свобода, но свобода ограничивается интересами других детей: «Можно все, что не мешает остальным. Нельзя ничего не делать. Только так можно научиться быть «мастером самого себя». В ее системе свобода означает: свободу передвижения ребенка в дидактически подготовленной окружающей среде, свободу выбора места для деятельности, свободу в определении продолжительности своей деятельности, свободу коммуникаций [10, с. 375]. Для успешного формирования профессиональной идентичности у подростка с нарушением интеллекта должна быть возможность в смене и выборе ролей в коррекционном образовательном учреждении. Для этого мы считаем целесообразным участие подростка в разных советах школы (президентов, чистоты и порядка, спорта, труда, учебы и т. д.). Главное, чтобы каждый подросток с нарушением интеллекта мог попробовать себя в разных формах дея-



тельности в разных советах. Это необходимо для развития самостоятельности, дисциплинированности, активности.

Выбор профессии – один из главных жизненных выборов, совершаемых молодым человеком перед окончанием школы. Характерные для этого периода жизни становление нового уровня развития самосознания, выработка собственного мировоззрения, определение позиции в жизни активизируют процессы личностного самоопределения, проектирования себя в профессии [6]. Наряду с этим, для данного возраста свойственно практически полное отсутствие опыта профессиональной деятельности в какой бы то ни было области. Поэтому подросток должен делать выбор только на основании осознания своих интересов и получения исчерпывающей информации об особенностях и требованиях той или иной профессии. Для этого необходимо проведение классных часов «Человек и профессия», оформление классных уголков о различных доступных профессиях, проведение дней

профориентации, организации экскурсий в учебные заведения, в которые могут поступить выпускники школ VIII вида, индивидуальные, семейные, групповые консультации.

Итак, мы считаем, что профессиональная идентичность у подростков с нарушением интеллекта является необходимым компонентом самосознания и выражается в выборе трудового маршрута, понимании важности поиска места работы, осознании необходимости осуществления профессионально-трудовой деятельности и, как следствие, успешной адаптации в обществе.

Психолого-педагогическая программа формирования профессиональной идентичности у подростков с нарушением интеллекта должна быть направлена на формирование следующих компонентов: самоопределение, позитивное представление о самом себе, расширение ролевого репертуара, определение целей жизни, эффективные коммуникации.

### Литература

1. Антонова Н. В. Проблема личностной идентичности в интерпретации современного психоанализа, интеракционизма и когнитивной психологии // Вопросы психологии. 1996. № 1. С. 131 – 143.
2. Бернс Р. Развитие Я-концепции и воспитание. М.: Прогресс, 1986. 357 с.
3. Казин Э. М., Айдаркин Е. К., Красношлыкова О. Г., Литвинова Н. А., Блинова Н. Г., Федоров А. И., Яницкий М. С. Психологические и психофизиологические механизмы саморегуляции и дезадаптации личности (сообщение 2) // Валеология. 2012. № 3. С. 81 – 91.
4. Ланина Е. М. Психолого-педагогическая работа по формированию мотивации трудовой деятельности как условие осознанного выбора профессии подростками с нарушением интеллекта // Современные проблемы науки и образования. № 5. 2012. С. 359. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/105-6940>
5. Орестова В. Р., Карабанова О. А. Методы исследования идентичности в концепции статусов идентичности Дж. Марсиа // Психология и школа. 2005. № 1. С. 39 – 90.
6. Пряжников Н. Н. Профессиональное и личностное самоопределение. М.; Воронеж: МОДЭК, 1996. 256 с.
7. Румянцева Т. В. Психологическое консультирование: диагностика отношений в паре. СПб.: Речь, 2006. 176 с.
8. Сирота Н. А., Ялтонский В. М. Теоретические основы копинг-профилактики наркоманий как база для разработки практических превентивных программ // Вопросы психологии. 1996. № 4. С. 59 – 67.
9. Смелзер Н. Социология. М.: Феникс, 1998. 688 с.
10. Специальная педагогика / под ред. Н. М. Назаровой. М.: 2000. 400 с.
11. Шибутани Т. Социальная психология / пер. с англ. Ростов н/Д.: Феникс, 2008. 544 с.
12. Шнейдер Л. Б. Профессиональная идентичность: монография. М.: МОСУ, 2001. 272 с.
13. Эриксон Э. Идентичность: юность и кризис / пер. с англ. М.: Флинта, 2006. 342 с.
14. Ярышева А. А. Взаимосвязь несформированной идентичности и склонности к аддитивному поведению старшеклассников: монография. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2013. 131 с.

### Информация об авторах:

**Ярышева Алиса Аркадьевна** – кандидат психологических наук, доцент кафедры психологии личности и специальной психологии ФП НГПУ, Новосибирск, [ya.alisse@gmail.com](mailto:ya.alisse@gmail.com).

**Alisa A. Yarysheva** – Candidate of Psychology, Assistant Professor at the Department of Personality Psychology, Novosibirsk State Pedagogical University.

**Ланина Екатерина Михайловна** – кандидат психологических наук, ассистент кафедры социальной психологии и психосоциальных технологий КемГУ, [ekaterina-lanin@mail.ru](mailto:ekaterina-lanin@mail.ru).

**Ekaterina M. Lanina** – Candidate of Psychology, Assistant Lecturer at the Department of Psychology and Psycho-Social Technologies, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 29.12.2014 г.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Для публикации в журнале «Вестник КемГУ» принимаются статьи, в которых отражаются результаты актуальных фундаментальных и прикладных научных исследований, передовых наукоемких технологий, научных и научно-методических работ, посвященных проблемам высшего образования и развитию науки в высшей школе, соответствующие тематике журнала, и ранее не опубликованные ни в каких других изданиях. Представленный к публикации материал может иметь разнообразный характер: от постановки проблемных теоретических вопросов, предложений разработки новых направлений в науке до анализа результатов конкретных исследований.

Предоставляя статью для публикации в журнале «Вестник КемГУ», автор тем самым выражает свое согласие на передачу права на воспроизведение, распространение и доведение до всеобщего сведения любым способом.

Статьи принимаются в соответствии с перечнем научных направлений ВАК:

01.00.00	Физико-математические науки	10.00.00	Филологические науки
02.00.00	Химические науки	12.00.00	Юридические науки
03.00.00	Биологические науки	13.00.00	Педагогические науки
05.00.00	Технические науки	19.00.00	Психологические науки
07.00.00	Исторические науки и археология	22.00.00	Социологические науки
08.00.00	Экономические науки	23.00.00	Политология
09.00.00	Философские науки	25.00.00	Науки о земле

### ПОРЯДОК ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА В РЕДАКЦИЮ

1. Текст статьи представляется в редакцию на русском языке, на электронном носителе, проверенном на отсутствие вирусов, в виде файла с расширением .doc, построенного средствами Microsoft Word 97-2007, и одного печатного экземпляра на стандартных листах формата 210×297 мм. Иногородние авторы могут представлять указанные материалы по электронной почте [vestnik@kemsu.ru](mailto:vestnik@kemsu.ru). Электронная версия должна быть идентична распечатанному тексту, в случае расхождения, за основу берется печатный вариант.

2. Рекомендуемый объем статьи, включая аннотацию и список литературы, 16 – 25 тыс. знаков без пробелов.

3. Авторам материалов естественнонаучного направления необходимо дополнительно предоставить экспертное заключение<sup>1</sup> о возможности опубликования в открытой печати.

4. Все статьи, поступившие в редакцию, проходят рецензирование, где анализируются актуальность темы, научная новизна и оригинальность решений, доказательная база, строгость и однозначность выводов, оснащенность научным аппаратом, качество иллюстративного материала, и публикуются по решению редакционной коллегии журнала.

5. Редакция имеет право проводить сокращения и редакционные изменения текста рукописей.

6. Работы общественно-публицистического характера к рассмотрению и публикации не принимаются.

7. Представленные статьи могут быть возвращены автору на доработку или отклонены из-за несоответствия профилю журнала, неприемлемого объема, отрицательного итога экспертизы или несоблюдения правил оформления. Рукописи, не принятые к публикации, авторам не высылаются. Гонорар за опубликованные статьи не выплачивается.

8. Не допускается свыше двух статей одного автора в одном номере журнала.

9. Статьи аспирантов печатаются в журнале бесплатно при наличии справки из отдела аспирантуры и рекомендации научного руководителя.

10. Статьи включаются в выпуск только после положительного решения редколлегии и предоставления копии платежного документа в редакцию журнала.

11. Представление оригинальной статьи к публикации в «Вестнике КемГУ» означает согласие авторов на передачу права автора на воспроизведение, распространение и доведение до всеобщего сведения любым способом.

### СТРУКТУРА СТАТЬИ

1. Индекс универсальной десятичной классификации (УДК).
2. Название статьи.
3. Инициалы и фамилия автора (авторов).
4. Аннотация/реферат.
5. Ключевые слова.
6. Текст статьи с таблицами, рисунками, формулами.

<sup>1</sup> Форма экспертного заключения в формате .pdf представлена на [сайте издания](#)

7. Список литературы.

8. Публикуемые сведения об авторе (авторах): фамилия, имя, отчество; ученая степень, ученое звание; должность, место работы; служебные телефоны, адрес электронной почты (e-mail).

### ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

1. Текст набирается без форматирования и нумерации страниц, с учетом абзацев и особых указаний в требованиях к оформлению статей.

2. Последовательность элементов оформления – в соответствии со структурой статьи.

3. Заголовок статьи (не более 3 строк) необходимо предоставить на русском и английском языках.

4. Инициалы и фамилия автора (авторов) – через запятую.

5. Статья должна быть снабжена аннотацией<sup>2</sup> на русском и английском языках. **Аннотация к статье должна быть:** информативной (не содержать общих слов); оригинальной; содержательной (отражать основное содержание статьи и результаты исследований); структурированной (следовать логике описания результатов в статье); компактной (укладываться в объем от 120 до 250 слов). **Аннотация должна включать следующие аспекты содержания статьи:** предмет, цель работы; метод или методологию проведения работы; результаты работы; область применения результатов; выводы.

6. Статья должна быть снабжена ключевыми словами на русском и английском языках (рекомендуемое количество ключевых слов – 5–7).

7. При вставке формул использовать только Microsoft Equation 3.0 (встроенный редактор формул Microsoft Office), расположение формул на странице – по центру. Нумеровать рекомендуется лишь формулы, на которые имеются ссылки.

Например:

$$J_q^+ : q = \begin{cases} \operatorname{Re}(z_1 / z_2)i + \operatorname{Im}(z_1 / z_2)j + \\ + \frac{|z_1|^2 - |z_2|^2}{|z_1|^2 + |z_2|^2} k \mid z_2 \neq 0, \\ k \mid z_2 = 0. \end{cases} \quad (12)$$

8. Рисунки и подписи к ним располагаются непосредственно в тексте. Рисунки должны иметь формат .jpg, допускать перемещение в тексте и возможность уменьшения размеров, в черно-белой палитре.

9. Объекты, созданные средствами Microsoft Office, должны допускать возможность редактирования.

10. Таблицы нумеруются, если их число более одной.

11. Ссылки на цитированную литературу приводятся в квадратных скобках в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «СИБИД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Например:

Ссылка на полный текст документа [6].

Ссылка на фрагмент текста документа или статью в периодическом издании [6, с. 24–28].

12. Список литературы располагается после текста статьи, нумеруется (начиная с первого номера) в алфавитном порядке, предваряется словом «Литература» и оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Под одним номером допустимо указывать только один источник.

13. Сокращения в тексте – по ГОСТ 7.0.12-2011 «СИБИД. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила». Допускается использование аббревиатур.

14. Примечания и сноски оформляются непосредственно в **тексте** в круглых скобках курсивом.

Например: текст (*Прим. автора: текст примечания*).

15. Внедренные шрифты, используемые в тексте статьи, предоставляются отдельными файлами.

16. На последней странице статьи указываются публикуемые сведения об авторах **на русском и английском языках**: полное название учреждения, где выполнено исследование; фамилии, имена и отчества авторов полностью; ученая степень, звание, должность, место работы, номера контактных телефонов, адрес электронной почты всех авторов.

17. На последней странице статьи должны быть подписи всех авторов.

### РЕКВИЗИТЫ РЕДАКЦИИ

Адрес: 650043, Кемерово, ул. Красная, 6, оф. 2125  
Телефон: (3842) 58-13-01  
Факс: (3842) 58-38-85  
Электронный адрес: [vestnik@kemsu.ru](mailto:vestnik@kemsu.ru)  
Адрес в Интернет: <http://vestnik.kemsu.ru>

<sup>2</sup> Рекомендации по составлению аннотации (реферата) к статье размещены на [сайте издания](#).

## ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Периодичность выхода журнала – 4 выпуска в год.

Минимальный период подписки – 3 месяца (1 выпуск).

Подписка проводится через отделения связи по каталогу «Пресса России» – подписной индекс 42150

Стоимость подписки указана в каталоге.

Редакция журнала  
приглашает авторов к сотрудничеству

Подробная информация на сайте издателя:

<http://vestnik.kemsu.ru>

Редакторы выпуска:

Н. С. Якимова, Л. С. Старикова, В. П. Долгих

Компьютерная верстка – В. А. Шерина

---

Подписано к печати 16.03.2015 г. Формат А 4.

Дата выхода в свет 30.03.2015 г.

Печать офсетная. Бумага Sveto Copy. Усл. печ. л. – 18,13. Уч.- изд. л. – 14,14.

Тираж 500 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Цена свободная.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет».

650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6, <http://kemsu.ru>.

Отпечатано ООО "Рекламная Группа "ВСЁ про ВСЁ", 650099, г. Кемерово,  
ул. Ноградская, 3