

ISSN 2223-2966



**СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ**

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**№ 12 2016 (ДЕКАБРЬ)**

Учредитель журнала

Общество с ограниченной ответственностью

**«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»**

**Редакционный совет**

*А.В. Царегородцев* — д.т.н., профессор, Московский государственный лингвистический университет

*Ю.Б. Миндлин* - к.э.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологий им. К.И. Скрябина

*М.М. Безрукова* — д.б.н., профессор, директор Института возрастной физиологии РАО

*Н.Н. Грачев* — профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет), доктор высшей ступени в области технических наук (Doctor Habilitatus),

*А.И. Гусева* — д.т.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

*А.Я. Качанов* — д.воен.н., профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ)

*И. Квасов* — д.т.н., профессор, академик Казахской Национальной Академии естественных наук, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

*С.М. Надежкин* — д.б.н., профессор Всероссийского НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

*Б.А. Прудковский* — д.т.н., профессор, эксперт по высшему образованию группы компаний «ИНТЕРСЕРТИФИКА»

*С.Э. Саркисов* — д.м.н., профессор Научного центра акушерства, гинекологии и перинатологии

*В. Сергеевский* — д.х.н., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

*А.П. Симоненков* — д.м.н., профессор Института хирургии им. Вишневского РАН

*Издатель:*

Общество с ограниченной ответственностью

**«Научные технологии»**

*Адрес редакции и издателя:*

109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10

Тел./факс: 8(495) 755-1913

E-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru)

<http://www.nauteh-journal.ru>

<http://www.vipstd.ru/nauteh>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

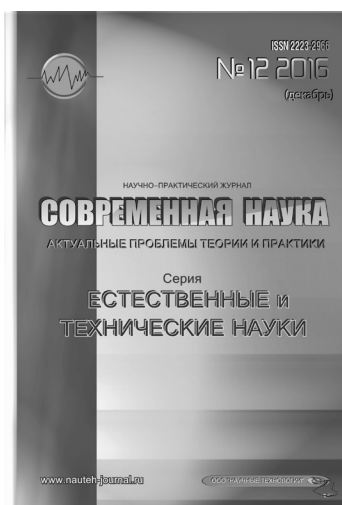
Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

**Scientific and practical journal**

(БАК - 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



**В НОМЕРЕ:**

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,  
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ,  
РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА,  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И УПРАВЛЕНИЕ, КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Журнал издается с 2011 года

*Редакция:*

**Главный редактор**

А.В. Царегородцев

**Выпускающий редактор**

Ю.Б. Миндлин

**Верстка**

А.В. Романов

Подписной индекс издания  
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016

В течение года можно произвести  
подписку на журнал непосредственно в редакции.

Авторы статей несут полную ответственность  
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал  
«Современная наука:

Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии

ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296

Подписано в печать 28.12.2016 г. Формат 84x108 1/16

Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Балинова Н.В., Хомякова И.А., Джаубермезов М.А., Литвинов С.С., Хуснутдинова Э.К., Спицын В.А., Спицына Н.Х.** — Гаплогруппы Y-хромосомы сарт-калмаков Киргизии в сравнительном антропологическом аспекте  
*Balinova N., Khomyakova I., Dzhaubermezov M., Litvinov S., Khusnutdinova E., Spitsyn V., Spitsyna N.* — Y Chromosome Haplogroups in Sart Kalmyks of Kyrgyzstan in a Comparative Anthropological Aspect ..... 3
- Каменец А.Ф.** — Влияние ионов марганца (II) на репродуктивную активность, смертность и трофическую активность *Daphnia magna*  
*Kamenets A.* — Studying of influence of ions of manganese (II) on reproductive activity, mortality and trophic activity of *Daphnia magna* ..... 8

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

- Барулина М.А., Панкратов В.М.** — Учет силы инерции Кориолиса при конечно-элементном моделировании балочными элементами в рамках теории Тимошенко  
*Barulina M., Pankratov V.* — Coriolis forces of inertia in finite element modeling with Timoshenko beam elements ..... 13
- Куцов М.С.** — Место систем поддержки принятия решения при проведении СЛР с учетом существующих стандартов оказания скорой помощи  
*Kutsov M.* — Place of decision support systems during the cardiopulmonary resuscitation according to present standards of emergency medical care ..... 18
- Куцов М.С., Костелей Я.В.** — Программно-аппаратный комплекс для контроля проведения сердечно-легочной реанимации человека  
*Kutsov M., Kostelei Ya.* — Hardware and software complex for cardiopulmonary resuscitation procedure control ..... 22

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- Надточий В.Н., Аврамов А.В., Болдинов А.И.** — Обоснование необходимости создания многоспектральной информационно-вычислительной системы разведывательно-ударного беспилотного летательного аппарата для применения в современной войне  
*Nadtochiy V., Avramov A., Boldinov A.* — The rationale for the creation of multispectral data-processing system shock reconnaissance unmanned aerial vehicle for use in modern warfare ..... 25

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Жолондиевский Э.Р.** — Введение понятий нейронных связанных сетей Nvc в зависимости от датчиков  
*Zholondiyevsky E.* — The introduction of concepts related neural networks Nvc in depending on the sensors ..... 31
- Королева Е.Г., Рахимбек С.К.** — Пространственный анализ и интегральная оценка риска распространения природноочаговых болезней в Республике Казахстан  
*Koroleva E., Rachimbek S.* — Spatial analysis and integral medical-geographical risk assessment in Kazakhstan Republic ..... 38

- Ромашевская Я.А., Степановская И.А.** — Концепция экологического аудита на основе технологий виртуальной реальности  
*Romashevskaya Ya., Stepanovskaya I.* — Environmental audit concept based on virtual reality technology ..... 43
- Сабуров С.В.** — Автоматическая стабилизация курса земснаряда  
*Saburov S.* — Automatic stabilisation dredger ..... 52
- Сачков В.Е., Гильмутдинова Е.Ф., Матяш Е.Д., Акимов Д.А.** — Обработка и компьютерный анализ текста на естественных языках  
*Sachkov V., Gilmutdinova E., Matyas E., Akimov D.* — Processing and computer analysis of natural language texts ..... 57
- Яковлев А.Д.** — Тегирование контента как основа базы данных стримингового сервиса  
*Yakovlev A.* — Content tagging in data base of streaming service ..... 65

## КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

- Виндерлих М.Е.** — К вопросу об эффективности экспресс-диагностики плоскостопия при массовых осмотрах  
*Vinderlih M.* — On efficiency of express-diagnostics of flatfoot in mass ..... 70
- Гребнева С.В., Колесникова М.Б.** — Медико-биологические факторы риска рождения доношенных новорожденных с низкой массой  
*Grebneva S., Kolesnicova M.* — Medical and biological risk factors for mature infants with low birth weight ..... 73
- Ибрагимова Х.И.** — Функциональное состояние эндотелия у больных эссенциальной артериальной гипертензией в зависимости от пола  
*Ibragimova Kh.* — Endothelial function in patients with essential hypertension according to gender ..... 76
- Кулаков С.А., Байриков И.М., Сирант Л.Б.** — Вибропневмостимуляция в системе лечения и реабилитации больных ортодонтического профиля со скученным положением зубов  
*Kulakov S., Bayrikov I., Sirant L.* — Vibrating pneumatic stimulation system for the treatment and rehabilitation of patients orthodontic profile with crowding position of the teeth ..... 80
- Лазарев С.А., Чуйкин С.В., Чемикосова Т.С.** — Изучение содержания микроэлементов в ротовой жидкости и сыворотке крови у пациентов получивших различные виды зубных протезов  
*Lazarev S., Chuykin S., Chemikosova T.* — Study of trace elements in oral fluid and serum in patients obtain different dentures ..... 84
- Овсянникова О.А.** — Эритроциты как модель для изучения состояния системы эритрона в условиях экспериментального воздействия серосодержащего газа на разных этапах постнатального онтогенеза  
*Ovsyannikova O.* — Erythrocytes as a model for studying the state erythron system under influence of experimental sour gas at different stages postnatal ontogenesis ..... 88
- Шамитова Е.Н., Матков К.Г.** — Возможная роль витамина Д в развитии аутоиммунных заболеваний (обзор литературы)  
*Shamitova E., Mat'kov K.* — The possible role of vitamin D in the development of autoimmune diseases ..... 92

## ИНФОРМАЦИЯ

- Наши авторы / Our Authors ..... 97

# ГАПЛОГРУППЫ Y-ХРОМОСОМЫ САРТ-КАЛМАКОВ КИРГИЗИИ В СРАВНИТЕЛЬНОМ АНТРОПОЛОГИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ

## Y CHROMOSOME HAPLOGROUPS IN SART KALMYKS OF KYRGYZSTAN IN A COMPARATIVE ANTHROPOLOGICAL ASPECT

**N. Balinova**  
**I. Khomyakova**  
**M. Dzhaubermezov**  
**S. Litvinov**  
**E. Khusnutdinova**  
**V. Spitsyn**  
**N. Spitsyna**

*Summary.* The article offers a preliminary assessment of the material collected during the 2013 expedition. In the course of the expedition, an ethnic group of Sart Kalmyks was comprehensively researched. The anthropometric programme involved measurements of 84 females and 119 males; 830 photographs were made for composite portraits and forms were filled in for the race programme; 197 blood samples were collected for genetic analysis. The haplogroup analysis included 61 Sart Kalmyk males whose ancestors were Sart Kalmyks. High frequency of the R haplogroup — 55.7%. Some haplogroups found are rare within the Mongoloid populations under study: J — 14.8%, I (M170) — 4.9%, D (M174) — 1.64%.

*Keywords:* Sart Kalmyks, Y-chromosome haplogroups.

**Балинова Наталья Валерьевна**

К.б.н., ФБГУН Калмыцкий институт гуманитарных исследований РАН, Элиста  
balinovs@mail.ru

**Хомякова Ирина Анатольевна**

К.б.н., в.н.с., НИИ и Музей антропологии МГУ, Москва  
irina-khomyakova@yandex.ru

**Джаубермезов Мурат Алиевич**

Аспирант, Башкирский государственный университет, Уфа  
murat-kbr@mail.ru

**Литвинов Сергей Сергеевич**

К.б.н., н.с., Институт биохимии и генетики УНЦ, Уфа  
seregtg@gmail.com

**Хуснутдинова Эльза Камильевна**

Д.б.н., профессор, Институт биохимии и генетики УНЦ, Уфа  
elzakh@mail.ru

**Спицын Виктор Алексеевич**

Д.б.н., профессор, Медико-генетического научного центра, Москва  
ecolab@med-gen.ru

**Спицына Наиля Хаджиевна**

Д.б.н., в.н.с., Институт этнологии и антропологии РАН, Москва  
ecolab@med-gen.ru

*Аннотация.* В статье дается предварительная оценка материала, собранного в ходе экспедиции 2013 г. В ходе экспедиции было проведено комплексное исследование этнической группы сарт-калмаков. По антропометрической программе измерены 84 женщины, 119 мужчин; сделаны 830 фотоснимков для обобщенных портретов и заполнены бланки по расовой программе; собрано 197 образцов крови для генетического анализа. В анализ гаплогрупп вошли 61 человек мужского пола сарт-калмаков, предки которых были сарт-калмаки. Большая частота встречаемости гаплогруппы R — 55,7%. Встречаются редкие для изучаемых монголоидных популяций гаплогруппы J — 14,8%, I (M170) — 4,9%, D (M174) — 1,64%.

*Ключевые слова:* сарт-калмаки, гаплогруппы Y-хромосомы

**С**арт-калмаки — монголоязычная этническая группа, потомки древних ойратов, проживающий в Иссык-кульской области Кыргызстана. Их историческое самоназвание *кара-калмак*, хотя на новой родине они получили название *сарт-калмак*. До распада ойратского союза, причиной которого послужила внутренняя и внешняя политика крупных феодалов, кочевали в районе г. Токмака в устье р. Чу. Покинув родные кочевья в Джунгарии, они начали продвигаться к озеру Иссык-Куль, где были приняты в русское подданство.

Всего на территорию России прикочевало чуть более 1000 калмыков [Жуковская, 1980: 157]. Придя к озеру Иссык-Куль, заселив территорию близ нынешнего города Каракол, образовали села Бери-Баш и Челпек, которые являются территориальным ядром этой этнической общности.

Сарт-калмаки неоднократно становились объектом исследования этнографов и лингвистов начиная с 30-х гг. XX в. и по настоящее время. Более подробно на истории

Таблица 1. Распределение по гаплогруппам Y-хромосомы в числовом и процентном соотношении

выборка / гаплогруппа	сарт-калмаки		калмыки дербеты		калмыки торгуды		калмыки бузавы		калмыки хошуды	
	60		70		49		55		28	
C	7	11,67	41	58,57	29	59,18	37	67,27	15	53,57
R	33	55,00	18	25,71	5	10,20	11	20,00	0	0,00
O	1	1,67	4	5,71	11	22,45	1	1,82	4	14,29
J	12	20,00	4	5,71	2	4,08	6	10,91	0	0,00
D	1	1,67	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Q	0	0,00	0	0,00	1	2,04	0	0,00	0	0,00
N	3	5,00	1	1,43	1	2,04	0	0,00	9	32,14
I	3	5,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
E	0	0,00	2	2,86	0	0,00	0	0,00	0	0,00

изучения данного вопроса, мы останавливались ранее [Балинова, Хонинов, 2014: 100–105]

Исследованием сарт-калмаков занимались и антропологи. В 50-х гг. XX в. в ходе Киргизской археолого-этнографической экспедиции известным антропологом Н.Н. Миклашевской было проведено соматологическое исследование иссык-кульских калмаков. Полученные данные послужили ценным материалом в работе Д.О. Ашиловой по сравнительно-сопоставительному анализу этнической антропологии волжских калмыков. На основании проведенного анализа автор приходит к выводу, что этническая группа сарт-калмаков в составе киргизов, в прошлом связанная с западно-монгольским этносом (общностью происхождения, языка и культуры), в настоящее время отличается по своему физическому типу от народов, принадлежащих к центрально-азиатскому антропологическому типу (калмыков, монголов и бурят) и обнаруживает наибольшую близость с киргизами [Ашилова, 1976: 188].

В рамках решения вопросов о происхождении и развитии данной этнической группы в 2013 году были собраны антропометрические данные в популяции сарт-калмаков. Предварительные результаты также ранее нами опубликованы [Балинова, Хомякова, 2015]. В данной работе мы планируем провести сопоставительный анализ сарт-калмаков с субэтническими группами калмыков Калмыкии.

Летом 2013 г. нами была совершена экспедиция в районы проживания сарт-калмаков, собрано 197 образцов крови для генетического анализа. По этнической составляющей наблюдается следующее распределение: 111 человек заявили, что оба родителя являлись сарт-калмаками, из этого количество примерно половина знают родовую принадлежность родителей (51 чел.). Метисами между сарт-калмаками и киргизами являются 40 человек, у 29 человек оба родителя киргизы, 8 чело-

век — метисы с казахами, уйгурами, татарами, башкирами.

В данный анализ вошли 60 челонок мужского пола, предки до третьего поколения которых являются сарт-калмаками (Таблица 1). Самая большая встречаемость гаплогруппы R она занимает 55,7% выборки, в частности гаплогруппы R1a1a1b2 (Z95) — 19 человек, R1a1a1b1a2b (M558) — 3 человека, R1b1a1a1 (M478) — 6 человек, R1b1a (z2105) — 1 человек.

Гаплогруппа J занимает второе место по распространенности 14,8%, в частности J2a (M410) — 8 человек, а J1e (PAGE08) — 1 человек. Полагаем это следствия влияния киргизского окружения.

В сравнении с исследуемыми популяциями калмыков и ойратов Монголии, где лидирующее положение занимает гаплогруппа C, сарт-калмаки занимают интересное положение. Например гаплогруппа I (M170) — 4,9% встречается только в этой популяции, распространена она в Европе (Австрия, Дания, Белоруссия) и встречается в Поволжье (мордва, коми). Гаплогруппа D только у сарт-калмаков 1,64% и синьзянских монголов, хотя встречается в Непале, Китае и Японии [Karmin, 2015]. Хотелось бы отметить, что это только предварительные результаты и за ними последует еще более глубокое исследование и анализ уже внутри гаплогрупп.

Не смотря на такую большую разницу в распределении гаплогрупп, по морфологическим параметрам сарт-калмаки оказались очень близки к калмыкам. На дендрограммах (рис. 1, 2), иллюстрирующих результаты кластерного анализа, видно, что сарт-калмаки объединяются с калмыками-торгутами и дербетами, затем на несколько большем расстоянии с калмыками бузавы и некоторыми другими группами Сибири образуют единый кластер, что может свидетельствовать о близости

Этнические группы Центральной Азии и Калмыкии. Мужчины

Метод средних (Weighted pair-group average)

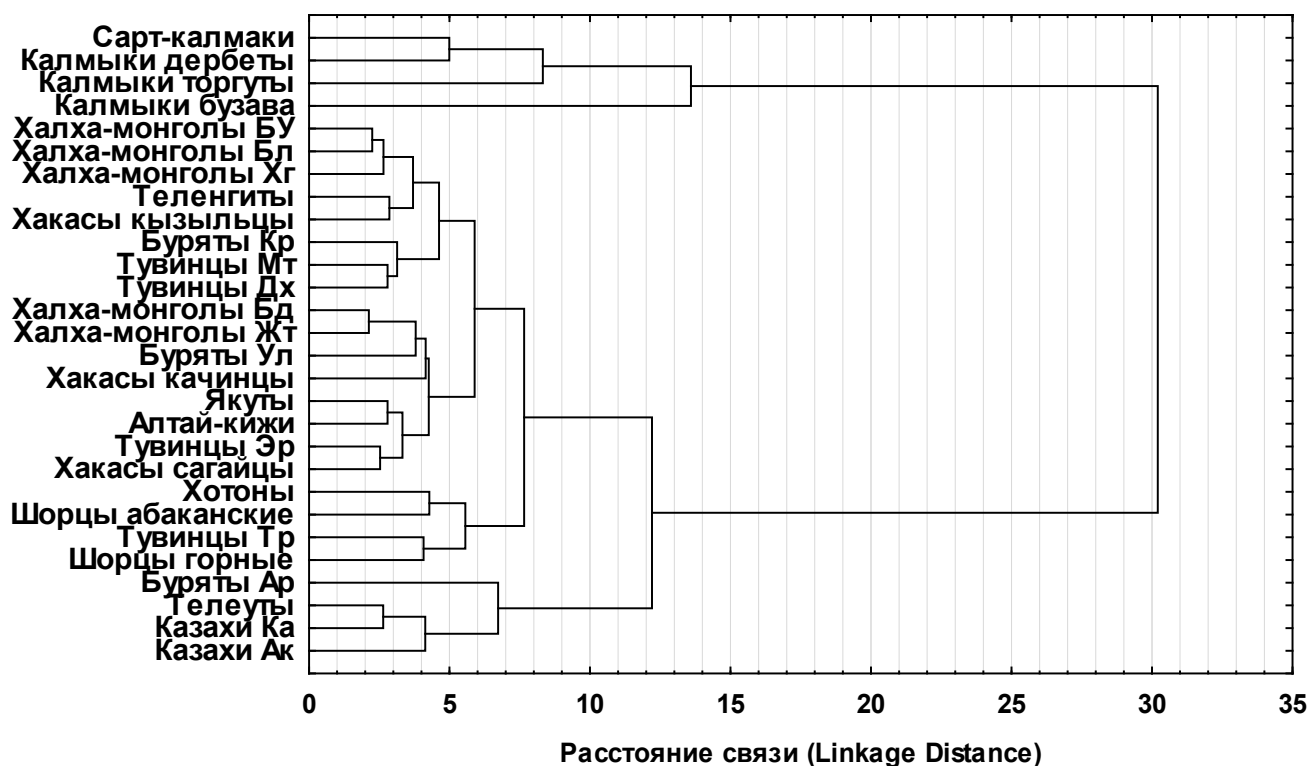


Рисунок 1. Результаты кластерного анализа по всем морфологическим признакам. Мужчины.

Этнические группы Центральной Азии и калмыкии. Женщины

Метод средних (Weighted pair-group average)

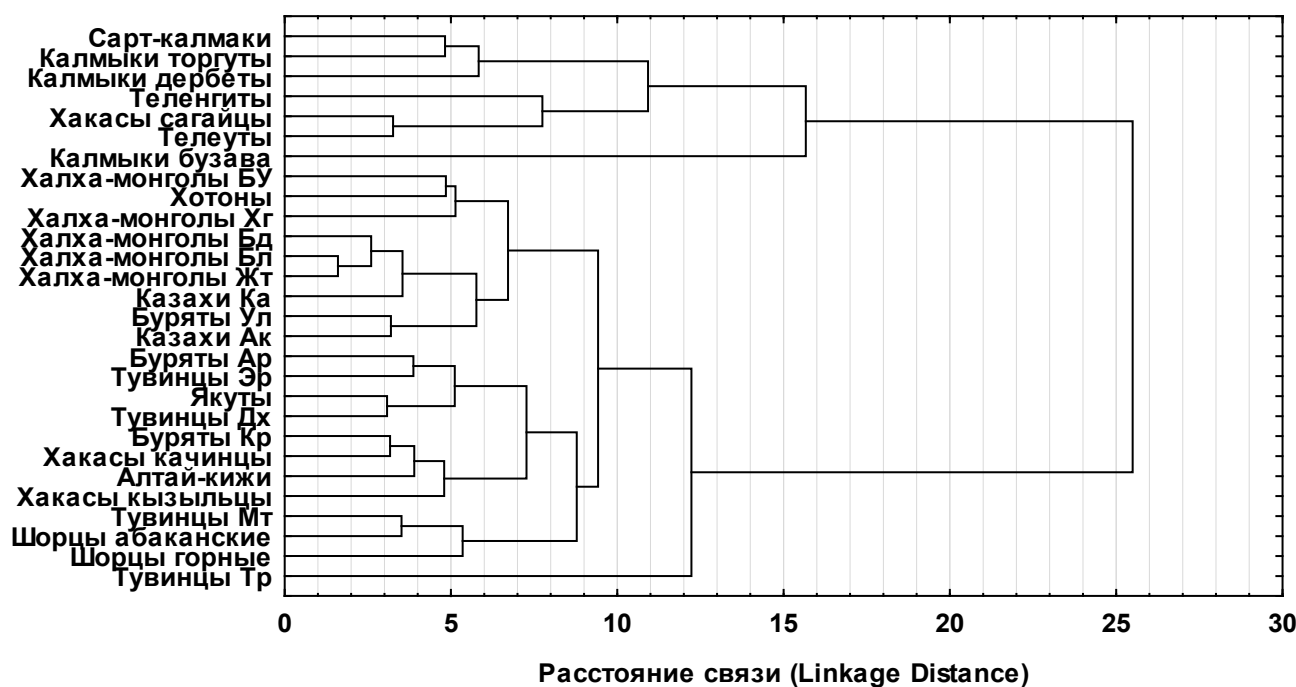


Рисунок 2. Результаты кластерного анализа по всем морфологическим признакам. Женщины.

**Этнические группы Центральной Азии и Калмыкии. Мужчины**  
 Метод средних (Weighted pair-group average)

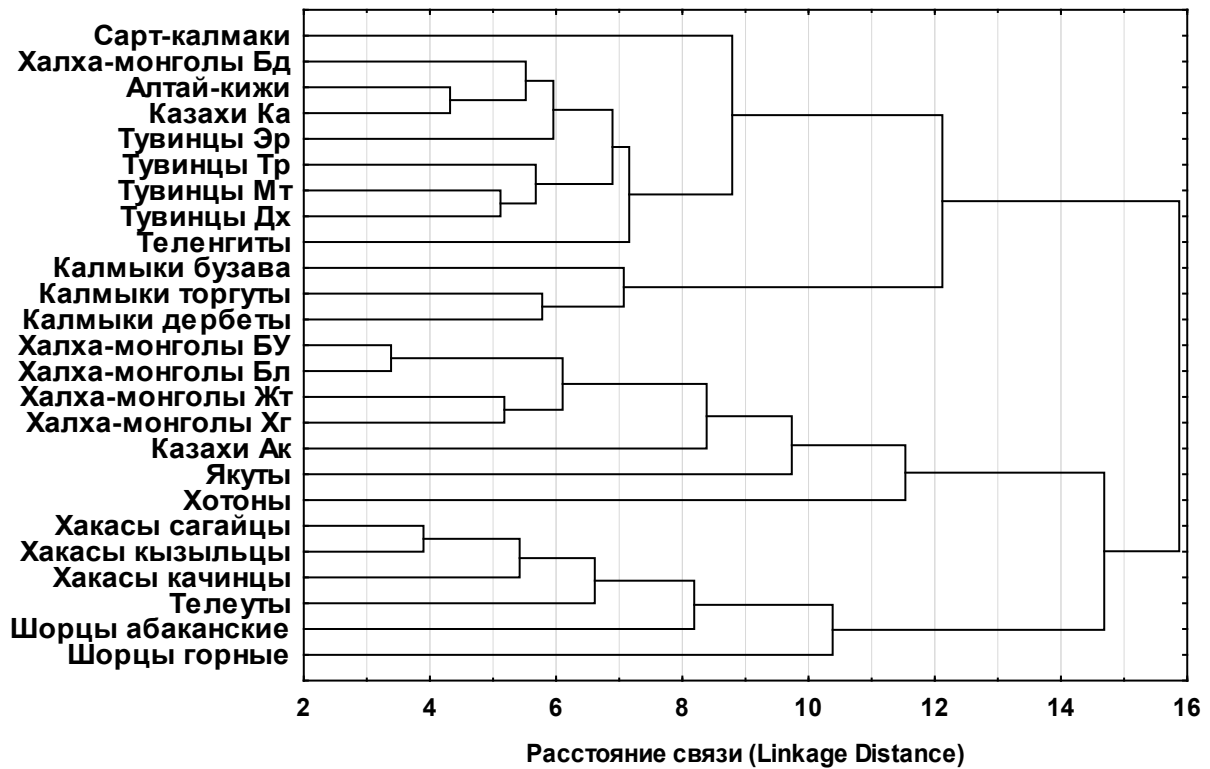


Рисунок 3. Результаты кластерного анализа по признакам головы и лица. Мужчины.

**Этнические группы Центральной Азии и Калмыкии. Женщины**  
 Метод средних (Weighted pair-group average)

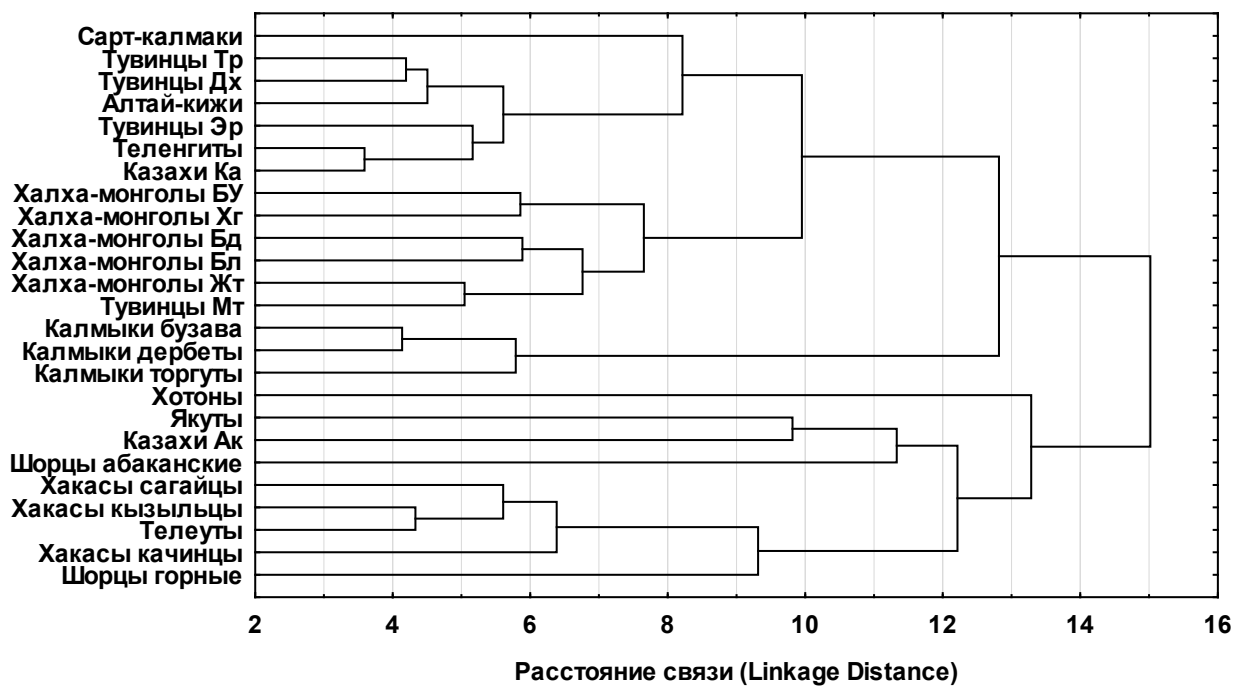


Рисунок 4. Результаты кластерного анализа по признакам головы и лица. Женщины.

происхождения, по крайней мере, калмыцких групп и сарт-калмаков.

Размеры головы и лица, в меньшей степени подверженные влиянию социально-экономических, экологических и культурных факторов по сравнению с размерами тела, представляются более значимыми для проведения классификации. В данном случае субэтнические группы калмыков образуют единый кластер. Выборка сарт-калмаков заняла особое положение в структуре дендрограммы и попала в кластер с тюрко-язычными группами

Центральной Азии, хотя объединения осуществилось на значительном расстоянии.

Для иерархического агломеративного кластерного анализа были использованы собственные данные по калмыкам и сарт-калмакам, а также литературные данные по антропологическому составу современных групп Центральной Азии [Антропоэкология Центральной Азии, 2005: 45–105]. В анализ были включено 28 выборок мужчин и женщин с определенным набором морфологических признаков, характеризующим основные размеры тела, головы и лица.

#### ЛИТЕРАТУРА

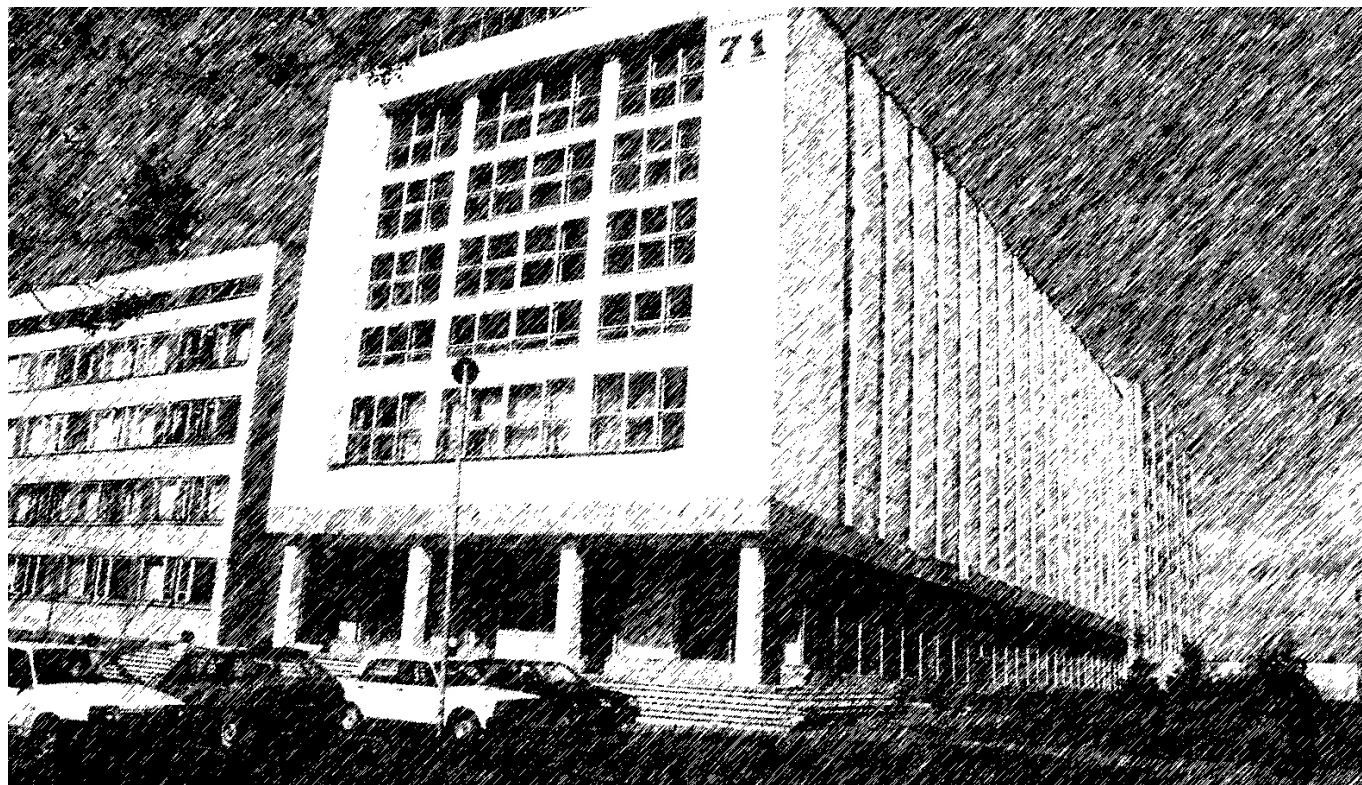
1. Karmin M. et al. A recent bottleneck of Y chromosome diversity coincides with a global change in culture // *Genome research*. — 2015. 215.
2. Антропоэкология Центральной Азии / Т. И. Алексеева, В. А. Бацевич, М. Б. Медникова, О. М. Павловский, Г. С. Самойлова, В. А. Спицын, Н. Х. Спицына, Т. П. Чижилова, О. В. Ясина. М.: Научный мир, 2005. С. 45–105.
3. Ашилова Д. О. Этническая антропология калмыков. Элиста: Калм. кн. изд-во, 1976. 215 с.
4. Балинова Н. В., Хонинов В. Н. К вопросу об изучении этнической группы исык-кульских калмыков // *Вестник Калмыцкого института гуманитарных исследований РАН. КИГИ РАН. Элиста*. 2014. 3. С. 100–105.
5. Балинова Н. В., Хомякова И. А. Антропология сарт-калмаков Киргизии // *Вестник КИГИ РАН*. № 1. 2015. С. 60–66
6. Балинова Н. В., Хомякова И. А. Антропометрическое исследование субэтнических групп калмыков // *Вестник КИГИ РАН*. № 3. 2015. С. 93–101.
7. Жуковская Н. Л. Исык-Кульские калмыки (сарт-калмыки) // *Этнические процессы у национальных групп Средней Азии и Казахстана*. М.: Наука, 1980. С. 157–166.

© Балинова Наталья Валерьевна (balinovs@mail.ru), Хомякова Ирина Анатольевна (irina-khomyakova@yandex.ru),

Джаубермезов Мурат Алиевич (murat-kbr@mail.ru), Литвинов Сергей Сергеевич (seregtg@gmail.com),

Хуснутдинова Эльза Камильевна (elzakh@mail.ru), Спицын Виктор Алексеевич (ecolab@med-gen.ru), Спицына Наиля Хаджиевна (ecolab@med-gen.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МАРГАНЦА (II) НА РЕПРОДУКТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ, СМЕРТНОСТЬ И ТРОФИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ DAPHNIA MAGNA

## STUDYING OF INFLUENCE OF IONS OF MANGANESE (II) ON REPRODUCTIVE ACTIVITY, MORTALITY AND TROPHIC ACTIVITY OF DAPHNIA MAGNA

A. Kamenets

*Summary.* It is shown that ions of manganese (II) in concentration to 10 mg/l inclusive don't cause acute toxicity of water, and chronic toxicity begins with its concentration in 0,05 mg/l. Fertility and filtrational activity of *Daphnia magna* decrease in process of increase in concentration of Mn<sup>2+</sup>. Chloride of manganese (II) exerts greater negative influence on fertility of *D. magna* in comparison with sulfate.

*Key words:* influence, *Daphnia magna*, concentration, manganese, toxicity, trophic activity, reproductive activity, mortality.

**Каменец Алексей Федорович**

Аспирант, Саратовский государственный  
технический университет им. Гагарина Ю. А.  
kamenetsaf@yandex.ru

*Аннотация.* Показано, что ионы марганца (II) в концентрации до 10 мг/л включительно не вызывают острой токсичности воды, а хроническая токсичность начинается с его концентрации в 0,05 мг/л. Плодовитость и фильтрационная активность *Daphnia magna* снижаются по мере увеличения концентрации Mn<sup>2+</sup>. Хлорид марганца (II) оказывает большее отрицательное влияние на плодовитость *D. magna* по сравнению с сульфатом.

*Ключевые слова:* воздействие, *Daphnia magna*, концентрация, марганец, токсичность, трофическая активность, репродуктивная активность, смертность.

## Введение

**В** природные водоемы поступает огромное количество различных химических веществ, значительная часть которых относится к соединениям тяжелых металлов, к каковым относятся соединения марганца.

Марганец поступает в природные воды в результате природных процессов: выщелачивания железомарганцевых руд, горизонтов почвогрунтов и разложения растительных остатков, из техногенных источников — с выбросами предприятий черной и цветной металлургии, при нефтедобыче и нефтепереработке, добыче железной руды, в результате использования минеральных удобрений в сельском хозяйстве [1,2].

В водной среде содержание марганца определяется соотношением между поверхностным и подземным стоком, интенсивностью потребления марганца при фотосинтезе, разложением фитопланктона, микроорганизмов и высшей водной растительности, а также процессами осаждения его на дно водных объектов. Как правило, 98% марганца находится во взвешенной форме. Концентрация водорастворимых соединений марганца увеличивается при низких окислительно-восстановительных потенциалах и малых значениях pH водной среды [3].

Марганец является эссенциальным микроэлементом для живых организмов. Известно более 35 ферментов, активируемых марганцем, большинство из них являются

катализаторами реакций окисления-восстановления, декарбоксилирования, гидролиза. Марганцевозависимые ферменты участвуют в биосинтезе ароматических аминокислот, лигнина, флавоноидов, каротиноидов и стеролов, в процессе фотосинтеза. Ионы марганца активно влияют на структуру и функции хроматина, они необходимы для репликации и функционирования ДНК- и РНК-полимераз, т.е. участвуют в процессах деления клеток и размножении [4].

С другой стороны, повышение содержания марганца приводит к угнетению и даже гибели живых организмов.

Поэтому изучение влияния соединений марганца на живые организмы представляет большой интерес.

Малоизвестно, в каких концентрациях марганец может представлять опасность для зоопланктона — важнейшего звена в пищевой цепи водоема, вызывать функциональные изменения, не приводя к немедленной гибели. Типичным представителем планктона стоячих и слабопроточных пресноводных водоемов, широко распространенных на территории России, являются низшие ракообразные *Daphnia magna*, которые относятся к отряду ветвистоусых. По характеру питания дафнии являются фильтраторами. Пища поступает с потоком воды, направленным грудными конечностями, через выросты в брюшной желоб вдоль основания конечностей и ко рту рачка. Пропуская через свой организм воду, они задерживают находящиеся в ней бактерии, одноклеточные водоросли,



детрит, растворенные органические вещества. Именно характер питания делает дафнии высокочувствительными к присутствию в водной среде токсичных веществ [5].

Цель данной работы: изучить влияние ионов марганца (II) на репродуктивную активность, смертность и трофическую активность *Daphnia magna*.

## Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были взяты *Daphnia magna* Straus и *Scenedesmus quadricauda*.

**Методика культивирования *S. quadricauda* (Turp.).** Культуру водорослей выращивали на среде Прата в климатостате, в котором обеспечивалось искусственное освещение интенсивностью 3000–10000 лк в течение 24-часового периода. Культуру водорослей встряхивали 1–2 раза в течение суток (ФР.1.39.2007.03223).

**Методика культивирования *D. magna* Str.** Культуру рачков дафний выращивали в помещении, не содержащем токсических паров или газов, в климатостате P2, в котором обеспечивалось искусственное освещение интенсивностью 1000–1500 люкс в течение 12-часового дневного периода с температурой  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ . Кормление дафний производили суспензией водорослей *S. quadricauda* ежедневно (ПНД Ф Т 14.1:2:4.12–06; ФР.1.39.2007.03222).

**Приготовление модельных растворов.** Для моделирования загрязнения водной среды соединениями марганца использовали водные растворы хлорида ( $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ ) и сульфата ( $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ ) марганца(II) с концентрацией ионов металла 0,001; 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 3; 5; 10 мг/л, приготовленных на отстоянной водопроводной воде методом последовательного разведения.

**Методика оценки жизнеспособности *D. magna* Str.** Определение токсичности вышеперечисленных растворов проводили в течение 96 часов и 24 суток по аттестованной методике биотестирования водной среды (ПНД Ф Т 14.1:2:4.12–06; 16.1:2:3:3.9–06; ФР.1.39.2007.03222), рекомендованной в экологических исследованиях [6].

В колбы вносили по 100 мл исследуемых растворов и контрольной пробы (отстоянной воды, pH 7,0–7,5). В каждую колбу сачком помещали 10 дафний и колбы выдерживали в климатостате в течение 96 часов и 24 суток при температуре  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  и освещении интенсивностью 1000–1500 люкс с 12-часовым дневным периодом. Ежедневно в колбы вносили в качестве корма 1 мл концентрированной суспензии микроводорослей *S.*

*quadricauda*. Ежедневно с помощью трибинокулярного микроскопа Биомед-6 (x40) контролировали выживаемость рачков, время наступления половозрелости, время рождения первого помета, общее количество родившейся молодежи, абортных яиц, мертворожденной и уродливой молодежи.

**Методика определения трофической активности *D. magna* Str.** Трофическую активность дафний определяли по степени снижения концентрации корма в среде с рачками [7]. Количество съеденного корма, суспензии водоросли измеряли по интенсивности нулевого уровня флуоресценции хлорофилла водоросли. Оценку трофической активности рачков проводили по методике, описанной в работах (Маторин и др., 2007; Маторин, Венедиктов, 2009).

В каждую колбу объемом 100 мл помещали 50 мл модельного раствора и 10 дафний в возрасте 6–24 ч. Рачков выдерживали в среде в течение суток при температуре  $20^\circ\text{C}$  и 12-часовом световом дне. Через сутки в пробы помещали водоросли *S. quadricauda*. На спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» измеряли интенсивность флуоресценции сред сразу после добавления водорослей и через 1 ч. Расчет трофической активности *D. magna* (F) проводили по формуле:

$$F = \frac{(I_t/I_0 - I_{\phi})V}{nt}$$

где  $V$  — общий объем пробы, мл;  $n$  — количество дафний в пробе, шт.;  $t$  — время опыта, час;  $I_t/I_0$  — коэффициент, соответствующий интенсивности флуоресценции в конечный ( $I_t$ ) и начальный ( $I_0$ ) момент опыта;  $I_{\phi}$  — коэффициент, соответствующий фоновой интенсивности флуоресценции;  $F$  — объем воды, профильтрованный дафнией в единицу времени, мл/даф.·час.

Математическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Рассчитывали среднее арифметическое, доверительный интервал, стандартное отклонение. Статистическая достоверность всех представленных результатов оценивалась с использованием  $t$ -критерия Стьюдента и составляла 95%.

## Обсуждение результатов

Для оценки жизнеспособности дафний в при воздействии ионов марганца (II) в различных концентрациях нами определялись показатели смертности, плодовитости и фильтрационной активности. Острую токсичность исследуемых водных образцов определяли по формуле:

$$A = \frac{X_k - X_0}{X_k} \cdot 100\%$$

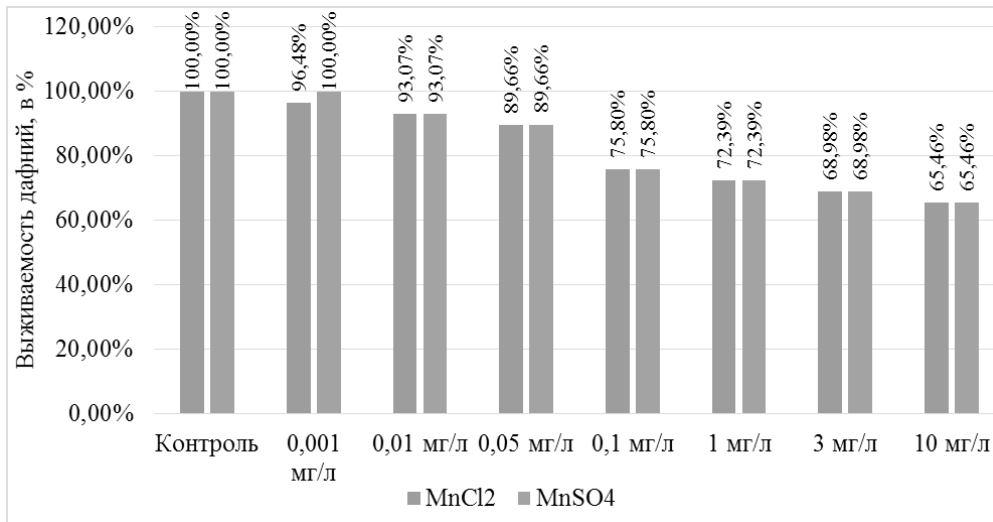


Рисунок 1. Влияние хлорида и сульфата марганца (II) на выживаемость *D. magna* (на 24 сутки эксперимента) в процентах

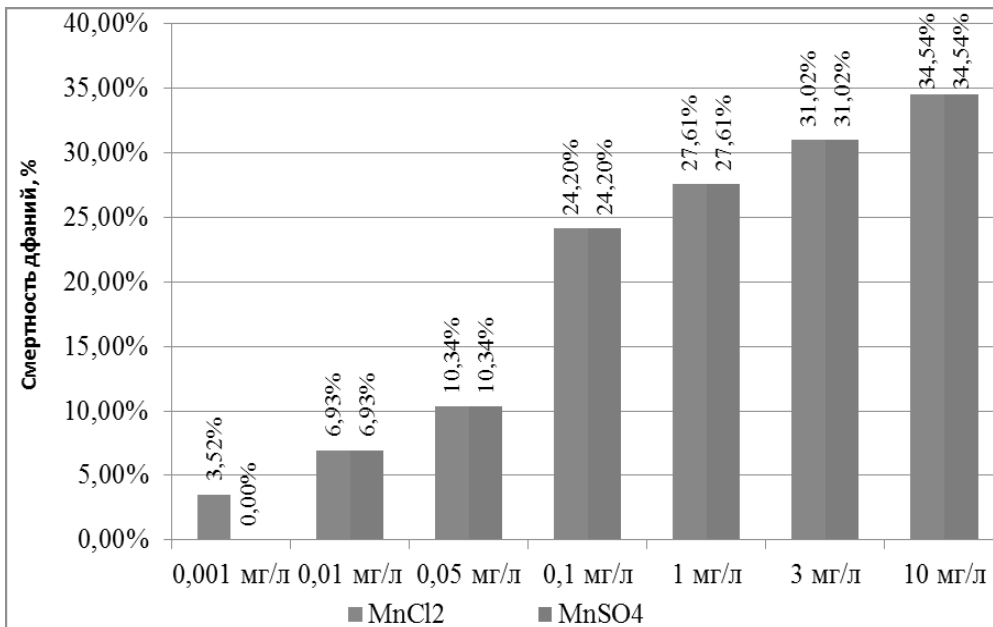


Рисунок 2. Влияние хлорида и сульфата марганца (II) на смертность *D. magna* (на 24 сутки эксперимента) в процентах

где  $x_k$  — количество выживших дафний в контроле,  $x_0$  — количество выживших дафний в исследуемом в образце.

Расчет относительного изменения процента гибели дафний не выявил острой токсичности ни в одном образце, хроническая токсичность проявилась в образцах с концентрациями ионов  $Mn^{2+}$  0,1; 1, 3, 10 мг/л. И с  $MnCl_2$ , и с  $MnSO_4$  относительная гибель составила, соответственно, 24,20%; 27,61%; 31,02%; 34,54%. В образце с концентрацией ионов  $Mn^{2+}$  0,005 мг/л отмечена довольно высокая гибель *D. magna* (10,34% с  $MnCl_2$

и  $MnSO_4$ ), поэтому её следует признать потенциально опасной. В образцах с концентрациями ионов марганца (II) 0,001 и 0,01 мг/л не выявлено даже хронического токсического воздействия (гибель дафний составила, соответственно, 3,52% и 6,93% с  $MnCl_2$  и 0% и 6,93% с  $MnSO_4$ ).

Данные по выживаемости рачков в растворах солей  $Mn^{2+}$  различных концентраций представлены на рис. 1 и 2.

С повышением концентрации ионов марганца  $Mn^{2+}$  в испытуемых образцах наблюдается сниже-

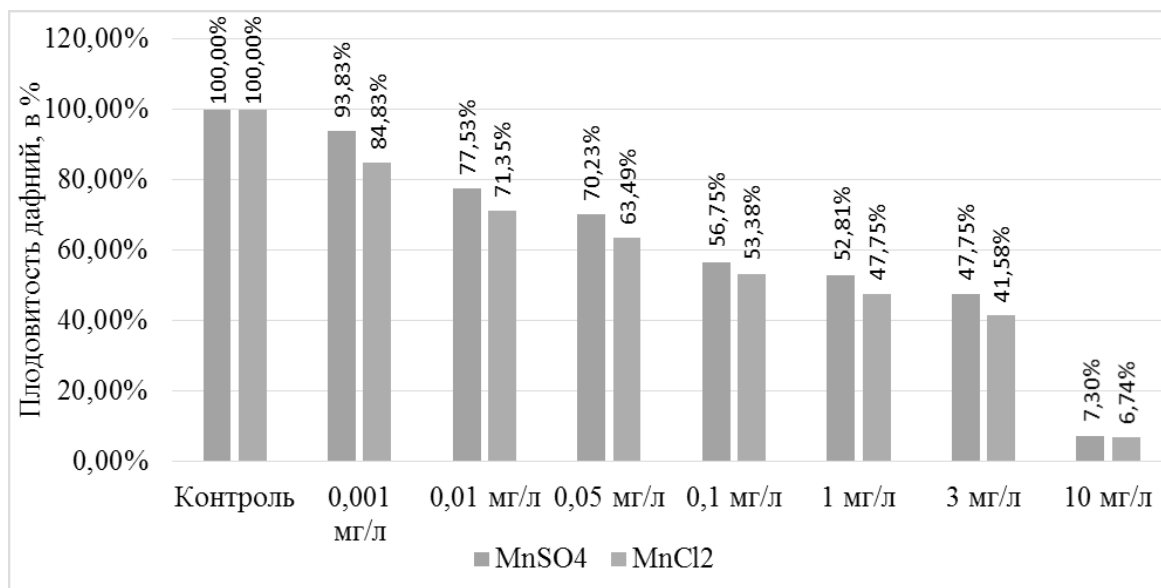


Рисунок 3. Влияние ионов металлов на рождаемость *D. magna* (на 24 сутки эксперимента) в процентах

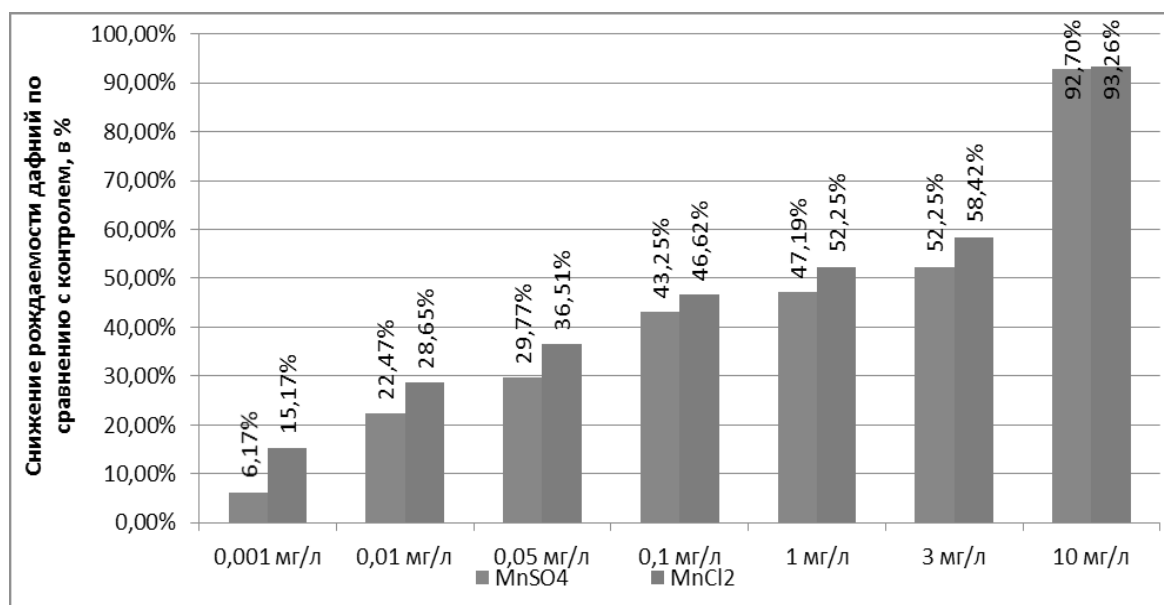


Рисунок 4. Влияние ионов металлов на снижение рождаемости *D. magna* (на 24 сутки эксперимента) в процентах по сравнению с контролем

ние плодовитости *D. magna*. При концентрациях ионов  $Mn^{2+}$  0,001 и 0,01 мг/л снижение рождаемости составило, соответственно, 15,17% и 28,65% с  $MnCl_2$  и 6,17% и 22,47% с  $MnSO_4$ . Плодовитость существенно снижается при концентрациях 0,05; 0,1; 1 мг/л: снижение рождаемости составляет, соответственно, уже 36,51%; 46,62% и 52,25% с  $MnCl_2$  и 29,77%; 43,25% и 47,19% с  $MnSO_4$ . В концентрациях ионов марганца (II) в 3 и 10 мг/л плодовитость дафний падает более чем в 2 раза: снижение их рождаемости по сравнению с контролем составляет уже 58,42% и 93,26% с  $MnCl_2$  и 52,25% и 92,70% с  $MnSO_4$ .

Данные по плодовитости рачков в растворах солей  $Mn^{2+}$  различных концентраций представлены на рис. 3 и 4.

Фильтрационная активность *D. magna* с повышением концентрации ионов марганца  $Mn^{2+}$  также снижается в испытуемых образцах. При концентрации марганца 0,001 мг/л она составила 2,56 и 2,63 мл/даф.·час для  $MnSO_4$  и  $MnCl_2$  соответственно, при концентрации марганца 0,01 мг/л в случае с обеими солями — 2,51 мл/даф.·час. При дальнейшем повышении концентрации марганца (выше предельно допустимого значения) получены следующие значения фильтрационной актив-

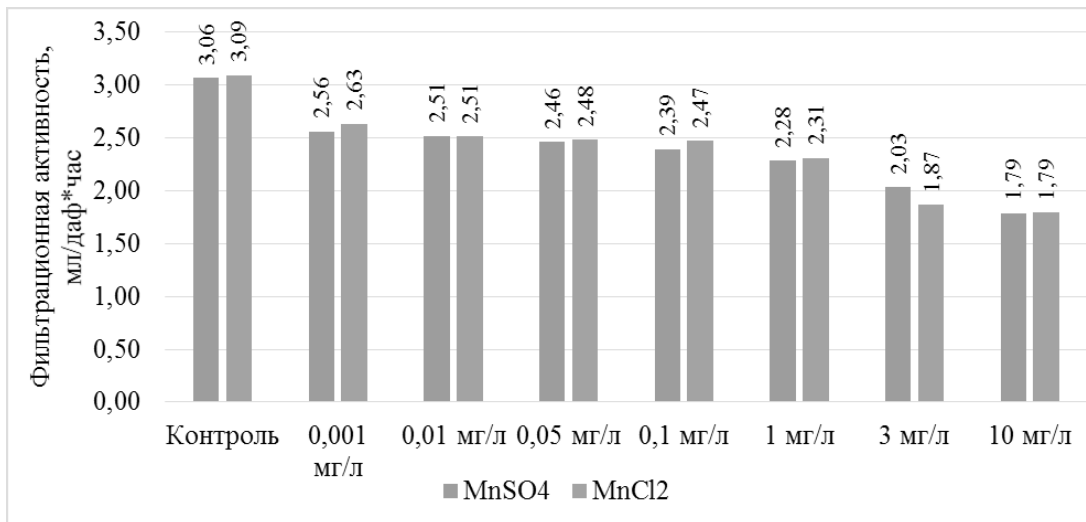


Рисунок 5. Зависимость фильтрационной активности *Daphnia magna* от концентрации ионов  $Mn^{2+}$

ности — для  $MnSO_4$  и  $MnCl_2$  соответственно: 0,05 мг/л — 2,46 и 2,48 мл/даф.·час; 0,1 мг/л — 2,39 и 2,47 мл/даф.·час; 1 мг/л — 2,28 и 2,31 мл/даф.·час; 3 мг/л — 2,03 и 1,87 мл/даф.·час; 10 мг/л — 1,79 мл/даф.·час (для обеих солей).

Данные по трофической активности рачков в растворах солей  $Mn^{2+}$  различных концентраций представлены на рис. 5.

### Заключение

Результаты исследований позволяют сделать следующие заключения.

Ионы марганца (II) не оказывают острой токсичности ни в одном образце, а хроническая токсичность проявляется в образцах с концентрациями более 0,05 мг/л. Концентрация 0,05 мг/л вызывает довольно высокую гибель *D. magna*, поэтому её следует признать потенци-

ально опасной, но и она не является чрезмерно токсичной. Сульфат и хлорид марганца (II) проявляют одинаковое отрицательное токсическое воздействие.

С повышением концентрации ионов марганца  $Mn^{2+}$  в испытуемых образцах наблюдается снижение плодовитости *D. magna*. При концентрациях 0,001 и 0,01 мг/л она падает незначительно. Плодовитость существенно снижается при концентрациях 0,1 и 1 мг/л, а в концентрациях 3 и 10 мг/л она падает более чем в 2 раза. Эксперимент также показывает, что хлорид марганца (II) проявляет большее отрицательное воздействие на рождаемость *D. magna*, чем сульфат марганца (II).

Фильтрационная активность *D. magna* снижается с повышением концентрации ионов марганца  $Mn^{2+}$ . Результаты эксперимента показали, что отрицательное воздействие хлорида и сульфата марганца (II) на фильтрационную активность *D. magna* является сопоставимым.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочарян А. Г., Лебедева И. П. Техногенные источники тяжелых металлов и формы их поступления в водные объекты. Институт водных проблем РАН, г. Москва [iplebed@gmail.com](mailto:iplebed@gmail.com)
2. Орлов Д. С. Связь металлических катионов, включая тяжелые металлы, с компонентами почвенного гумуса / Д. С. Орлов // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2002. — Т. 1. — С. 147–153.
3. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. // Л.: Гидрометеиздат. — 1986—241с.
4. Битюцкий, Н. П. Микроэлементы и растение. // Учебное пособие. — СПб.: Издательство Санкт-петербургского университета. — 1999. — 232с.
5. Родина, А. Г. Опыты по питанию *Daphnia magna* // Зоологический журнал. 1946. Т. 25. № 3. С. 237–343.
6. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4:5—2000 Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний. — М., 2000. 32 с.
7. Маторин, Д. Н. Биотестирование токсичности вод по скорости поглощения дафниями микроводорослей, регистрируемых с помощью флуоресценции хлорофилла / Д. Н. Маторин, П. С. Венедиктов // Вестник Московского университета. Сер. 16, Биология. 2009. № 3. С. 28–33.
8. Мур, Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж. В. Мур, С. Рамамурти — М.: Мир, 1987. 286 с.

# УЧЕТ СИЛЫ ИНЕРЦИИ КОРИОЛИСА ПРИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ БАЛОЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В РАМКАХ ТЕОРИИ ТИМОШЕНКО<sup>1</sup>

## CORIOLIS FORCES OF INERTIA IN FINITE ELEMENT MODELING WITH TIMOSHENKO BEAM ELEMENTS

**M. Barulina  
V. Pankratov**

*Summary.* Analytical expressions of component of the Coriolis matrix of finite element as three-dimensional Timoshenko beam were found fully taking into account the Timoshenko theory. The use of such element allows to carry out the numerical simulation of different types of sensors and there components taking into account both the Timoshenko theory and the Coriolis inertia forces.

*Keywords:* finite element modeling, Timoshenko theory, the force of inertia, Timoshenko beam.

**Барулина Марина Александровна**

*К.т.н., с.н.с., Институт проблем точной механики  
и управления РАН, г. Саратов  
marina@barulina.ru*

**Панкратов Владимир Михайлович**

*Д.т.н., профессор, Институт проблем точной  
механики и управления РАН, г. Саратов  
vmpank@mail.ru*

*Аннотация.* В работе найдены аналитические соотношения для компонент матрицы Кориолиса полностью учитывающего теорию изгиба Тимошенко трехмерного балочного конечного элемента. Использование такого элемента позволяет проводить численное моделирование, например, компонентов микромеханических датчиков инерциальной информации, с учетом возникающих при их эксплуатации сил инерции.

*Ключевые слова:* конечно-элементное моделирование, теория Тимошенко, сила инерции, балка Тимошенко.

## Введение

С развитием науки и техники возросли требования к точности моделирования различных процессов, проходящих в различных приборах, датчиках и их компонентах при различных условиях эксплуатации. Более того принцип действия некоторых типов датчиков, например микромеханических гироскопов, основан на возникновении сил Кориолиса и на возбуждении вынужденных колебаний на частотах, близких к резонансным [1]. Поэтому при численном моделировании таких датчиков важно, во-первых, учитывать влияние на их динамику сил инерции Кориолиса и, во-вторых, использовать конечные элементы, в полной мере реализующие неклассическую теорию изгиба Тимошенко, которая, в отличие от теории Эйлера-Бернулли, может использоваться для балок, совершающих колебания на частотах, близких к резонансным [2].

## Постановка задачи

Для построения матрицы Кориолиса рассмотрим балочный конечный элемент (КЭ) постоянного поперечного сечения и длины  $L$  (рис. 1). Определим два узла — в центре левого и правого торца соответственно.

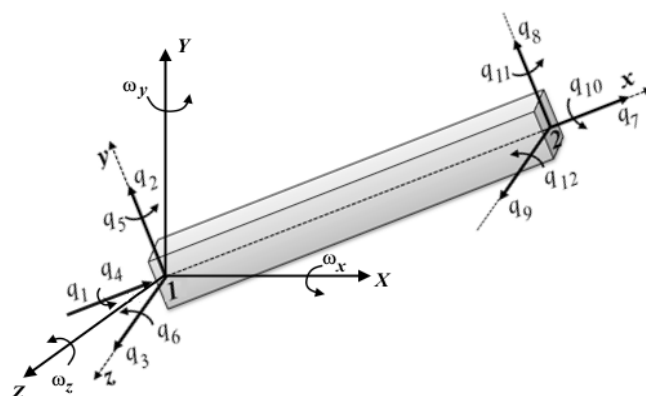


Рис. 1. Трехмерный элемент и узловые перемещения

Введем локальную систему координат  $(xyz)$ , начало которой поместим в первом узле. Ось  $x$  направим по оси КЭ, оси  $y$  и  $z$  — по главным осям инерции поперечного сечения. КЭ будет иметь 12 степеней свободы —  $q_1, q_7$  — продольное перемещение 1 и 2 узла вдоль оси  $x$ ;  $q_2, q_8$  и  $q_3, q_9$  — поперечное перемещение узлов в направлении оси  $y$  и  $z$  соответственно;  $q_4, q_{10}$  — углы кручения вокруг оси  $x$ ;  $q_5, q_{11}$  и  $q_6, q_{12}$  — углы изгиба в плоскости  $(xz)$  и  $(xy)$  соответственно (рис. 1). Также введем в рас-

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 16–19–10290

смотрение инерциальную систему координат  $(XYZ)$ , в которой с угловой скоростью

$$\omega = [\omega_x \ \omega_y \ \omega_z]^T$$

вращается КЭ.

Уравнение движения, учитывающее вращение КЭ, записанное в подвижной системе координат  $(xyz)$  известно и имеет вид [3,4]:

$$M^{(e)}\ddot{q} + C^{(e)}\dot{q} + (K^{(e)} - S^{(e)})q = F^{(e)} \quad (1)$$

где  $M^{(e)}$  — матрица масс КЭ;  $C^{(e)}$  — матрица Кориолиса, отражающая влияние гироскопических сил (матрица Кориолиса);  $K^{(e)}$  — матрица жесткости;  $S^{(e)}$  — центробежная матрица, выражающая влияние центробежных сил на динамику КЭ;  $q$  — вектор узловых перемещений КЭ.

### Построение матрицы Кориолиса

Для построения матрицы Кориолиса рассмотрим КЭ как механическую систему, состоящую из деформируемого твердого тела, находящегося под воздействием внешней нагрузки и гироскопических сил. Тогда, принимая узловые перемещения конечного элемента за обобщенные координаты и не учитывая демпфирование, уравнения Лагранжа 2го рода для КЭ запишутся в виде [5]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = Q_i, \quad i = \overline{1, N} \quad (2)$$

где  $Q_i$  — обобщенные силы,  $N = 12$  — число степеней свободы КЭ,  $\mathcal{L} = T - \Pi$  — лагранжиан,  $T$  и  $\Pi$  — кинетическая и потенциальная энергии соответственно.

Известно [3], что потенциальную энергию  $\Pi$  системы без демпфирования, можно представить в виде квадратичной формы по обобщенным координатам:

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_{i,j} \kappa_{i,j} q_i q_j \quad (3)$$

Кинетическая энергия рассматриваемой системы во вращающейся системе координат записывается в виде интеграла по объему  $V$  балки [6]:

$$T = \frac{\rho}{2} \int_V \left[ (\dot{U}_x^*)^2 + (\dot{U}_y^*)^2 + (\dot{U}_z^*)^2 \right] dV \quad (5)$$

Кинетическую энергию (8) также можно представить в виде разложения по обобщенным скоростям и координатам, как было показано в [7]:

$$T^{(0)} = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N m_{i,j} \dot{q}_i \dot{q}_j; \quad T^{(1)} = \sum_{i,j=1}^N \tilde{c}_{i,j} \dot{q}_i q_j; \\ T^{(2)} = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^N s_{i,j} q_i q_j \quad (6)$$

Тогда, в соответствии с (3) и (5) с учетом выражения (2), получим следующую систему уравнений:

$$\sum_{j=1}^N m_{i,j} \ddot{q}_j + \sum_{j=1}^N (\tilde{c}_{i,j} - \tilde{c}_{j,i}) \dot{q}_j + \sum_{j=1}^N (\kappa_{i,j} - s_{i,j}) q_j = Q_i, \\ i = \overline{1, N} \quad (7)$$

Записывая систему уравнений (7) в матричном виде и сравнивая с матричным уравнением (1), получаем, что компоненты матриц  $M^{(e)}$ ,  $C^{(e)}$ ,  $K^{(e)}$ ,  $S^{(e)}$  находятся приведением соответствующих выражений для кинетической и потенциальной энергий к разложению по узловым перемещениям и/или скоростям.

Так, для определения компонентов матрицы Кориолиса  $C^{(e)}$ , необходимо привести вид  $T^{(1)}$  к виду (6), и вычислить её компоненты по формуле:

$$c_{ij} = \tilde{c}_{ij} - \tilde{c}_{ji} \quad (8)$$

где  $c_{ij}$  — будут компонентами матрицы Кориолиса,  $\tilde{c}_{ij}$  — коэффициенты в разложении  $T^{(1)}$  по узловым координатам и скоростям.

Отметим, что матрица Кориолиса  $C^{(e)}$  будет кососимметрической, так как ее компоненты определяются в соответствии с (8).

Матрица Кориолиса будет иметь следующий вид (стр. 15), где компоненты определяются следующими соотношениями:

$$\hat{c}_{1,2} = \hat{c}_{7,8} = -\frac{\omega_z (\mu_z + 20)}{30}; \\ \hat{c}_{1,3} = \hat{c}_{7,9} = -\frac{\omega_y (\mu_y + 20)}{30}; \\ \hat{c}_{1,5} = -\hat{c}_{7,11} = -\frac{L\omega_y (\mu_y + 5)}{60}; \\ \hat{c}_{1,6} = -\hat{c}_{7,12} = -\frac{L\omega_z (\mu_z + 5)}{60};$$

$$C^{(e)} = \rho LA \begin{bmatrix} 0 & \hat{c}_{1,2} & -\hat{c}_{1,3} & 0 & \hat{c}_{1,5} & \hat{c}_{1,6} & 0 & \hat{c}_{1,8} & \hat{c}_{1,9} & 0 & \hat{c}_{1,11} & \hat{c}_{1,12} \\ -\hat{c}_{1,2} & 0 & -\hat{c}_{2,3} & \hat{c}_{2,4} & \hat{c}_{2,5} & 0 & \hat{c}_{2,7} & 0 & \hat{c}_{2,9} & \hat{c}_{2,10} & \hat{c}_{2,11} & 0 \\ -\hat{c}_{1,3} & -\hat{c}_{2,3} & 0 & \hat{c}_{3,4} & 0 & \hat{c}_{3,6} & \hat{c}_{3,7} & \hat{c}_{3,8} & 0 & \hat{c}_{3,10} & 0 & \hat{c}_{3,12} \\ 0 & -\hat{c}_{2,4} & -\hat{c}_{3,4} & 0 & \hat{c}_{4,5} & \hat{c}_{4,6} & 0 & \hat{c}_{4,8} & \hat{c}_{4,9} & 0 & \hat{c}_{4,11} & \hat{c}_{4,12} \\ -\hat{c}_{1,5} & -\hat{c}_{2,5} & 0 & -\hat{c}_{4,5} & 0 & \hat{c}_{5,6} & \hat{c}_{5,7} & \hat{c}_{5,8} & 0 & \hat{c}_{5,10} & 0 & \hat{c}_{5,12} \\ -\hat{c}_{1,6} & 0 & -\hat{c}_{3,6} & -\hat{c}_{4,6} & -\hat{c}_{5,6} & 0 & \hat{c}_{6,7} & 0 & \hat{c}_{6,9} & \hat{c}_{6,10} & \hat{c}_{6,11} & 0 \\ 0 & -\hat{c}_{2,7} & -\hat{c}_{3,7} & 0 & -\hat{c}_{5,7} & -\hat{c}_{6,7} & 0 & \hat{c}_{7,8} & \hat{c}_{7,9} & \hat{c}_{7,10} & \hat{c}_{7,11} & \hat{c}_{7,12} \\ -\hat{c}_{1,8} & 0 & -\hat{c}_{3,8} & -\hat{c}_{4,8} & -\hat{c}_{5,8} & 0 & -\hat{c}_{7,8} & 0 & \hat{c}_{8,9} & \hat{c}_{8,10} & \hat{c}_{8,11} & 0 \\ -\hat{c}_{1,9} & -\hat{c}_{2,9} & 0 & -\hat{c}_{4,9} & 0 & -\hat{c}_{6,9} & -\hat{c}_{7,9} & -\hat{c}_{8,9} & 0 & \hat{c}_{9,10} & 0 & \hat{c}_{9,12} \\ 0 & -\hat{c}_{2,10} & -\hat{c}_{3,10} & 0 & -\hat{c}_{5,10} & -\hat{c}_{6,10} & -\hat{c}_{7,10} & -\hat{c}_{8,10} & -\hat{c}_{9,10} & 0 & \hat{c}_{10,11} & \hat{c}_{10,12} \\ -\hat{c}_{1,11} & -\hat{c}_{2,11} & 0 & -\hat{c}_{4,11} & 0 & -\hat{c}_{6,11} & -\hat{c}_{7,11} & -\hat{c}_{8,11} & 0 & -\hat{c}_{10,11} & 0 & \hat{c}_{11,12} \\ -\hat{c}_{1,12} & 0 & -\hat{c}_{3,12} & -\hat{c}_{4,12} & -\hat{c}_{5,12} & 0 & -\hat{c}_{7,12} & 0 & -\hat{c}_{9,12} & -\hat{c}_{10,12} & -\hat{c}_{11,12} & 0 \end{bmatrix}$$

Матрица Кориолиса

$$\hat{c}_{1,8} = -\hat{c}_{2,7} = \frac{\omega_z(\mu_z - 10)}{30}; \quad \hat{c}_{1,9} = -\hat{c}_{3,7} = -\frac{\omega_y(\mu_y - 10)}{30};$$

$$\hat{c}_{1,11} = \hat{c}_{5,7} = -\frac{L\omega_y(\mu_y - 5)}{60}; \quad \hat{c}_{1,12} = \hat{c}_{6,7} = -\frac{L\omega_z(\mu_z - 5)}{60};$$

$$\hat{c}_{2,3} = \hat{c}_{8,9} = -\frac{\omega_x(7\mu_z + 7\mu_y + 2\mu_y\mu_z + 140)}{210}; \quad \hat{c}_{2,4} = \hat{c}_{2,10} = \hat{c}_{4,8} = -\hat{c}_{8,10} = \frac{p_z^2\omega_y\mu_z}{L};$$

$$\hat{c}_{3,4} = \hat{c}_{3,10} = \hat{c}_{4,9} = -\hat{c}_{9,10} = \frac{p_y^2\omega_z\mu_y}{L}; \quad \hat{c}_{2,5} = -\hat{c}_{8,11} = \frac{L\omega_x(7\mu_y + 2\mu_y\mu_z + 35)}{420};$$

$$\hat{c}_{2,9} = -\hat{c}_{3,8} = \frac{\omega_x(7\mu_y + 7\mu_z + 2\mu_y\mu_z - 70)}{210}; \quad \hat{c}_{2,11} = \hat{c}_{5,8} = \frac{L\omega_x(7\mu_y + 2\mu_y\mu_z - 35)}{420};$$

$$\hat{c}_{3,6} = -\hat{c}_{9,12} = \frac{L\omega_x(7\mu_z + 2\mu_y\mu_z + 35)}{420}; \quad \hat{c}_{4,6} = \hat{c}_{10,12} = -\frac{p_z^2\omega_y(3\mu_z - 4)}{6};$$

$$\hat{c}_{4,11} = -\hat{c}_{5,10} = \frac{p_y^2\omega_z(3\mu_y - 2)}{6}; \quad \hat{c}_{3,12} = \hat{c}_{6,9} = \frac{L\omega_x(7\mu_z + 2\mu_y\mu_z - 35)}{420};$$

$$\hat{c}_{4,5} = \hat{c}_{10,11} = \frac{p_y^2\omega_z(3\mu_y - 4)}{6}; \quad \hat{c}_{4,12} = -\hat{c}_{6,10} = -\frac{p_z^2\omega_y(3\mu_z - 2)}{6};$$

$$\hat{c}_{5,6} = \hat{c}_{11,12} = -\frac{L^2\omega_x(\mu_z\mu_y + 7)}{420}; \quad \hat{c}_{5,12} = -\hat{c}_{6,11} = -\frac{L^2\omega_x(\mu_z\mu_y - 7)}{420};$$

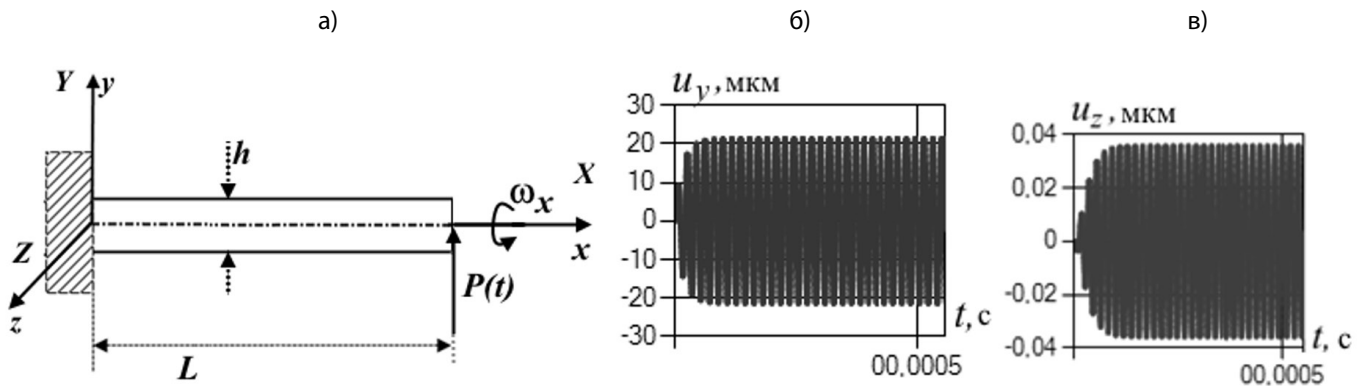


Рис. 2. Схема простейшего вибрационного гироскопа (а); первичные колебания (б) и вторичные колебания (в) при  $\omega_x = 100$  рад/с

где  $p_y^2 = I_y/A$ ,  $p_z^2 = I_z/A$  — квадраты радиусов инерции поперечного сечения;

$$\xi = x/L; \mu_z = 1/(1 + Y_z); \mu_y = 1/(1 + Y_y);$$

$$Y_z = 12EI_z/kAGL^2; Y_y = 12EI_y/kAGL^2;$$

$E$  — модуль Юнга;  $G$  — модуль сдвига;  $A$  — площадь поперечного сечения;  $k$  — коэффициент сдвига, вводимый в теории Тимошенко и учитывающий нелинейность распределения нормальных продольных и поперечных напряжений в поперечном сечении;  $I_z, I_y$  — осевые моменты инерции поперечного сечения;  $L$  — длина элемента.

### Моделирование

Проверка полученных выражений для компонент матрицы Кориолиса была проведена с помощью специализированного программного обеспечения [9] и сравнением результатов с данными, полученными при расчете в программе ANSYS.

Рассматривался простейший вибрационный гироскоп, моделью которого может служить консольная балка (рис. 2а) постоянного квадратного сечения с параметрами [8]  $E = 190$  ГПа,  $\nu = 0.226$ ,  $L = 164$  мкм,  $h = 1$  мкм.

Первая собственная частота такой балки составит 54913 Гц, согласно расчетам, проведенным как с помощью разработанного математического и программного аппарата, так и в ANSYS.

К незакрепленному торцу балки приложена сила  $P(t)$  в направлении оси  $y$ , изменяющаяся по гармоническому закону с амплитудой  $A_p = 80$  нН и частотой вынужденных колебаний, равной первой собственной частоте:  $f_p = 54914$  Гц. Предположим, что рассматриваемый гироскоп вращается с переносной угловой скоростью

$\omega_x = 100$  рад/с. Демпфирование задавалось путем ввода в уравнение (1) матрицы демпфирования, представляющей собой линейную комбинацию матрицы масс и матрицы жесткости, при этом коэффициенты этой комбинации подбирались так, чтобы амплитуда первичных колебаний составляла 20 мкм

Коэффициент сдвига при численных расчетах вычислялся по формуле [2]:

$$k = \frac{3}{2} - \frac{3}{10(1+\nu)} - \frac{3\nu}{4(1+\nu)}$$

где  $\nu$  — коэффициент Пуассона.

На рис. 2б, в приведены результаты моделирования с шагом  $2 \cdot 10^{-7}$  с с помощью специализированного программного обеспечения [10]. На рис. 2б показаны возникающие под действием вынуждающей силы  $P(t)$  колебания в плоскости  $(xy)$ . На рис. 2в приведен график колебаний, возникающий в плоскости  $(zx)$  при наличии угловой скорости вращения  $\omega_x = 100$  рад/с.

Максимальное значение прогиба  $u_y$  в плоскости  $(xy)$  составило 21.339 мкм, максимальное значение прогиба  $u_z$  в плоскости  $(xz)$  равно 0.0357 мкм.

Соответствующие значения, полученные при гармоническом анализе в ANSYS с аналогичными параметрами, равны 20.898 мкм и 0.0339 мкм. Таким образом, отличие значений, полученных с помощью разработанного в данной работе математической модели и специализированного программного обеспечения [9], и значений, полученных в результате моделирования в ANSYS, составляет менее 5%, что позволяет говорить о правильности полученных соотношений для матрицы Кориолиса.



## Заключение

Разработанная матрица Кориолиса, совместно с разработанными в работе [7], представляет собой основу математической модели на основе теории Тимошенко трехмерного конечного элемента с двенадцатью степенями свободы. Этот элемент может быть использован для решения широкого круга задач статики и динамики, в том числе и при воз-

никающем гироскопическом эффекте, например, в области разработки и исследования микромеханических датчиков инерциальной информации и создания специализированных программных комплексов, обеспечивающих, в отличие от универсальных программных комплексов с закрытым программным кодом типа ANSYS, прозрачность реализации алгоритмов, полный контроль над ходом вычислений и существенно более низкую стоимость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Распопов В. Я. Микромеханические приборы. — Машиностроение, 2007. 400с.
2. Григолюк, Э. И. Неклассические теории колебаний стержней, пластин и оболочек / Э. И. Григолюк, И. Т. Селезов // Итоги науки и техники. Сер.: Мех. тверд. деформ. тел. М.: ВИНТИ, 1973. Т. 5. 272 с.
3. Образцов И. Ф., Савельев Л. М., Хазанов Х. С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. — М.: Высш.шк., 1985. 392 с., ил.
4. Барулина М. А. Построение матрицы масс трехмерного конечного элемента для моделирования динамики микромеханических датчиков инерциальной информации и их узлов // Мехатроника. Автоматизация. Управление. 2015. Т. 16, № 5. С. 352–360.
5. Бердичевский В. Л. Вариационные принципы механики сплошной среды. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. 448с.
6. Лурье А. И. Аналитическая механика. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. 824 с.
7. Барулина М. А. Математическое обеспечение конечно-элементного моделирования микромеханических датчиков инерциальной информации в рамках неклассической теории изгиба // Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. Т. 16. № 11. С. 764–770
8. Джашитов В.Э., Панкратов В. М., Барулина М. А. Теоретические основы разработки и создания суперминиатюрного микромеханического многофункционального датчика инерциальной информации // Нано- и микросистемная техника. 2010. № 5(118). С. 46–54.
9. Барулина М.А., Панкратов В. М. Специализированное алгоритмическое и программное обеспечение для моделирования динамических процессов в микромеханических датчиках инерциальной информации//Проблемы управления, обработки и передачи информации. Сборник трудов IV Международной научной конференции: в 2 томах. Саратов. 2015. С 37–45.

© Барулина Марина Александровна ( marina@barulina.ru ), Панкратов Владимир Михайлович ( vmpank@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## МЕСТО СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЛР С УЧЕТОМ СУЩЕСТВУЮЩИХ СТАНДАРТОВ ОКАЗАНИЯ СКОРОЙ ПОМОЩИ

### PLACE OF DECISION SUPPORT SYSTEMS DURING THE CARDIOPULMONARY RESUSCITATION ACCORDING TO PRESENT STANDARDS OF EMERGENCY MEDICAL CARE

*M. Kutsov*

*Summary.* The article is devoted to the problem of automated control over the efficiency of cardiopulmonary resuscitation. It reviews the primary methods of control over the accuracy of resuscitation procedures and devices used to perform this task. The authors have revealed the key requirements to create a portable device to control resuscitation procedures.

*Keywords:* Cardiopulmonary resuscitation, resuscitation procedures control, emergency medical care.

**Куцов Михаил Сергеевич**

Аспирант, ФГАОУ ВО «Национальный  
исследовательский Томский государственный  
университет»  
mihail-kucov@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматривается проблема автоматизированного контроля эффективности проведения сердечно-легочной реанимации. Проведен обзор основных методов контроля правильности проведения реанимационных мероприятий и устройств их реализующих. Выявлены основные требования для создания портативного прибора, обеспечивающего контроль проведения реанимационных мероприятий.

*Ключевые слова:* сердечно-легочная реанимация, контроль реанимационных мероприятий, неотложная помощь.

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных стратегических задач системы здравоохранения Российской Федерации является снижение смертности населения [1]. Достижение этой наиважнейшей цели немислимо без повышения оснащенности служб ургентной медицины высокотехнологичным оборудованием для повышения эффективности сердечно-легочной реанимации (Далее — СЛР), проводимой, к примеру, бригадами скорой медицинской помощи. Внедрение экспертных систем для СЛР является одним из перспективных решений повышения качества оказания экстренной помощи на догоспитальном этапе.

### ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

Статистика свидетельствует, что до 90% пациентов, пришедших в состоянии клинической смерти, могли бы остаться в живых, если бы адекватная помощь им была оказана в течение первых 5 минут с момента остановки сердца. К сожалению, даже в больших медицинских учреждениях врачи зачастую не могут осуществить процедуру СЛР согласно рекомендациям.

Положительное влияние правильно выполненной СЛР на выживаемость подробно описано. К примеру,

исследование, проведенное в 2005 г. под руководством доктора Лэнса Б. Беккера в клинике Университета Чикаго показало, что некоторые параметры СЛР отличаются нестабильным качеством и не соответствуют опубликованным нормам даже в том случае, когда процедура выполняется квалифицированными медицинскими работниками. В частности, частота компрессии грудной клетки во многих случаях оказалась ниже рекомендованных 100 движений в мин, глубина компрессии часто была меньше минимального значения 38 мм, частота вентиляции была больше рекомендованных 12–16/мин, а период времени без циркуляции крови оказывался дольше, нежели мог быть при четком соблюдении рекомендаций [2].

По данным Общероссийской общественной организации «Российский Красный Крест», процент граждан, прошедших специальные курсы по оказанию доврачебной (первой) помощи, ничтожно мал. Для примера — в течение 2013 года на территории Томской области правилам оказания первой помощи обучено всего 392 человека (при населении 1070128 человек). В этой ситуации чрезвычайно актуальным становится создание устройства, способного рекомендовать реанимирующему порядок действий и автоматически оценивать адекватность проводимых реанимационных мероприятий, контролируя и координируя ход проведения СЛР.

Один из вариантов решения проблемы — повышение качества мониторинга состояния пациента и оценка правильности действий реаниматора для снижения человеческих ошибок при проведении процедуры СЛР за счет создания устройств, способных измерять характеристики СЛР и подавать звуковые сигналы, извещающие о неправильной частоте или недостаточной интенсивности компрессии грудной клетки и/или вентиляции.

Согласно приказам Минздрава РФ № 388н от 20 июня 2013 г. «Об утверждении Порядка оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи» и № 549н от 7 августа 2013 г. «Об утверждении требований к комплектации лекарственными препаратами и медицинскими изделиями упаковок и наборов для оказания скорой медицинской помощи», станции скорой помощи, отделения скорой помощи поликлиник и больниц должны иметь как минимум одно «устройство контроля качества непрямого массажа сердца с голосовыми подсказками». Этот же прибор должен находиться и в реанимационном наборе для оказания скорой помощи.

На сегодняшний день корректировка компрессии грудной клетки в процессе проведения процедуры СЛР является одним из ведущих направлений научных исследований, а также стратегии обучения и тренировок медицинского персонала. Факторами эффективности кровообращения, вызванного компрессиями грудной клетки, выступают: частота (не менее 100 в минуту), глубина (не менее 5 см у взрослых), отношение времени компрессии (искусственная систола) ко времени релаксации (искусственная диастола) — от 30 до 50%, а соотношение числа компрессий и частоты искусственных вдохов 30:2.

## МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РЕАНИМАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Поскольку при клинической смерти происходит централизация кровообращения, направленная на снабжение кислородом в головного мозга, легких и сердца. Потому при СЛР для контроля качества и корректировки проведения процедуры сердечно-легочной реанимации достаточно осуществлять контроль:

- ◆ наличия шумов кровотока в местах бифуркаций сонных артерий;
- ◆ динамики дыхательных шумов при прохождении воздуха по трахее реанимируемого.

Разработанное авторским коллективом Устройство на основе анализа функций внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы реанимируемого позволит значительно повысить качество проведения процедуры СЛР даже неспециалистами за счет реализации функций

контроля проведения реанимационных мероприятий и состояния реанимируемого пациента.

Использование реанимационными бригадами подобного устройства:

- ◆ обеспечить контроль качества проведения сердечно-легочной реанимации.
- ◆ увеличить количество успешно проведенных СЛР путем повышения качества оказанной помощи.
- ◆ оценить состояние пациента во время проведения сердечно-легочной реанимации.
- ◆ позволит лицам без навыков оказания СЛР корректно произвести первичную (доврачебную) помощь.

## АНАЛОГИ

В настоящее время известно о ряде устройств контроля проведения сердечно-легочной реанимации:

- ◆ CPRmeter (Laerdal Medical, Норвегия).
- ◆ CPREzy (Health Affairs Ltd, Австралия).
- ◆ PocketCPR (BIO-DETEK Inc, США).
- ◆ ПР-01 (Помощник Реаниматора), Россия.
- ◆ ZOLL Autopulse (ZOLL, США).
- ◆ LUCAS (Jolife AB, Швеция).

Устройства CPRmeter, CPREzy, PocketCPR, ПР-01 представляют собой компактные приборы, располагаемые в области грудины реанимируемого и отслеживающие физические параметры компрессионных движений — силу, глубину, частоту. Устройства ZOLL Autopulse и LUCAS представляют собой приборы для автоматического осуществления компрессионных движений с заданной частотой и глубиной. Основным недостатком всех вышеперечисленных устройств является тот факт, что оценка правильности проводимых реанимационных мероприятий осуществляется лишь по косвенным признакам. При этом Устройствами не оценивается и не контролируется состояние реанимируемого.

В результате проведенного обзора аналогов на рынке медицинской техники отсутствуют устройства, позволяющие вести непрерывную оценку адекватности и корректировку реанимационных мероприятий непосредственно в ходе их оказания. Редкие и сложные модели устройств иностранного производства, призванных помочь в оказании реанимационного пособия, оценивают правильность проводимых реанимационных мероприятий лишь по косвенным признакам — оценивается степень компрессии грудной клетки по силе нажатия на нее. В то время как, аналогичными приборами не оценивается и не контролируется состояние реанимируемого человека. Также в устройствах-аналогах не происходит контроль правильности проведения ис-

кусственной вентиляции легких, что, несомненно, сказывается на качестве проведения сердечно-легочной реанимации.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА

Разработанное авторским коллективом Устройство будет контролировать ряд параметров жизнедеятельности пациента координировать работу реанимационной бригады в двух режимах: один, либо два реаниматора, что устанавливается отдельным переключателем на лицевой панели Устройства. С помощью световых и звуковых сигналов Устройство будет управлять ходом проведения СЛР, определять правильность смены действий реанимационной бригады, вести протокол реанимационных процедур. Устройство будет самостоятельно оценивать выход контролируемых параметров за допустимые пределы. Электропитание устройства будет осуществляться за счет сменных миниатюрных аккумуляторов.

В ходе проведения СЛР устройством будет производиться запись файла протокола на внутреннюю запись устройства, который в последствии по средством интерфейса USB может быть открыт в разработанном приложении на персональном компьютере для оценки правильности проведения реанимационных действий.

При необходимости, устройство может выполнять роль простейшего монитора контроля за состоянием пациента. Способность организации беспроводной компьютерной сети подобных устройств позволит при массовом поступлении пострадавших вести наблюдение за их состоянием на пункте медицинской сортировки во время ожидания оказания квалифицированной медицинской помощи, при транспортировке и в других случаях, когда использование полноценных прикроватных терапевтических мониторов невозможно или нецелесообразно.

Устройство будет ориентировано на использование в полевых условиях, что предопределяет его влаго- и пылезащищенность, ударопрочность и возможность работы в различных температурных режимах. В комплект Устройства будет входить универсальный модуль заряда аккумуляторных батарей, способный работать от сети переменного тока, бортовой сети транспортного средства (автомобиля, самолета, корабля).

Использование Устройства будет ориентировано на бригады скорой помощи, бригады пассажирских поездов, экипажи пассажирских самолетов, медицинские подразделения МЧС, спасательные и горноспасательные службы, медпункты производственных предпри-

ятий, аэропортов, ж/д вокзалов, школ и дошкольных учреждений и так далее. Простота обращения с устройством контроля проведения процедуры СЛР позволит использовать его и людям, не имеющим специальной медподготовки, но оказавшимся в изоляции и экстремальной ситуации: автомобилистам, туристам, геологам, топографам, работникам транспортной сферы, любителям экстремальных видов спорта, рыбакам, охотникам, туристам и другим группам населения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав наиболее распространенные методики проведения реанимационных мероприятий, а так же достоинства и недостатки существующих приборов для контроля проведения процедуры СЛР, авторский коллектив разработал концепцию прибора, позволяющего повысить эффективность реанимационных мероприятий.

Новизна решений предлагаемого к разработке Устройства заключается в следующем:

- ◆ впервые контроль эффективности проводимых реанимационных процедур у мобильных устройств будет производиться прямым методом путем регистрации и оценки параметров жизненно важных функций организма реанимируемого;
- ◆ в данном устройстве будет применен принцип объективного контроля эффективности реанимационных мероприятий, поскольку планируется непосредственно контролировать факторы, отражающие физиологические процессы, в полной мере характеризующие качество проведения процедуры СЛР и состояние реанимируемого во время ее проведения.
- ◆ в составе разрабатываемого экспериментального образца Устройства будут реализованы специализированные алгоритмы предварительной обработки и анализа биологических сигналов, позволяющие в режиме реального времени оценить состояние реанимируемого и корректность проведения процедуры СЛР. Кроме этого, данные алгоритмы позволят скорректировать последовательность и частоту проведения реанимационных мероприятий (НМС и ИВЛ) путем анализа получаемых биологических сигналов;
- ◆ разрабатываемое Устройство будет реализовывать функцию обратной связи с реаниматором, обеспечивая максимально корректное проведение реанимационных мероприятий при проведении процедуры СЛР. Обратная связь будет осуществляться путем звуковой и визуальной сигнализации, информирующей о последовательности, частоте и продолжительности выполнения отдельных элементов (НМС и ИВЛ) процедуры СЛР.

Разработка Устройства проводилась в рамках Соглашения о предоставлении субсидии от «28» ноября 2014 г. № 14.578.21.0078 (уникальный идентификатор

RFMEFI57814X0078) ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы».

ЛИТЕРАТУРА

1. Улумбекова Г. Э. Здравоохранение России. Что надо делать. Научное обоснование «Стратегии развития здравоохранения РФ до 2020 года. Краткая версия — М: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 96с.
2. Benjamin S. Abella, MD, MPhil; Jason P. Alvarado, BA; Helge Myklebust, BEng; Dana P. Edelson, MD; Anne Barry, RN, MBA; Nicholas O’Hearn, RN, MSN; Terry L. Vandenberg, MD; Lance B. Becker, MD. Quality of Cardiopulmonary Resuscitation During In-Hospital Cardiac Arrest. // JAMA. 2005;293(3):305–310.
3. Семиголовский Н. Ю., Гайденко Г. В., Малашенко А. В. Новые алгоритмы реанимации и летальность острых коронарных больных // Актуальные вопросы клинической патоморфологии: Сб. трудов научн. конф. — Санкт-Петербург: МАПО, 2000. С. 168.;
4. Семиголовский Н. Ю., Иванова Е. В., Верцинский Е. К. и др. Алгоритм сердечно-легочной реанимации в стационаре кардиологического профиля // Анестезиология и реаниматология. 2001, № 4. С. 47–49.

© Куцов Михаил Сергеевич (mihail-kucov@mail.ru). Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ ЧЕЛОВЕКА

### HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR CARDIOPULMONARY RESUSCITATION PROCEDURE CONTROL

*M. Kutsov  
Ya. Kostelevi*

*Summary.* The article is devoted to the problem of automated control over the efficiency of cardiopulmonary resuscitation. The main principles of work of the device for cardiopulmonary resuscitation control are formulated and described.

*Keywords:* cardiopulmonary resuscitation, resuscitation procedures control, emergency medical care.

**Куцов Михаил Сергеевич**

Аспирант, ФГАОУ ВО «Национальный  
исследовательский Томский государственный  
университет»  
mihail-kucov@mail.ru

**Костелей Яна Валерьевна**

Техник, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский государственный университет»  
yaninabaler@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматривается проблема автоматизированного контроля эффективности проведения сердечно-легочной реанимации. Были сформулированы и описаны основные принципы работы устройства для контроля проведения сердечно-легочной реанимации человека.

*Ключевые слова:* сердечно-легочная реанимация, контроль реанимационных мероприятий, неотложная помощь.

Одной из основных стратегических задач системы здравоохранения Российской Федерации является снижение смертности населения, в том числе в ходе проведения реанимационных мероприятий. При этом процент граждан, обладающих навыками оказания квалифицированной доврачебной (первой) помощи, в том числе реанимационных мероприятий, ничтожно мал. Повысить качество проведения сердечно-легочной реанимации (далее — СЛР) людьми, не обладающими достаточными навыками проведения реанимационных мероприятий, можно за счет создания технических средств, которые позволят проводить оценку качества проведения непрямого массажа сердца (далее — НМС) и искусственной вентиляции легких, а так же координировать действия реаниматора.

На сегодняшний день существует несколько моделей устройств иностранного и отечественного производства, которые оценивают правильность проводимых реанимационных мероприятий лишь по косвенным признакам — по степени компрессии грудной клетки или по силе нажатия на нее, что не является достоверными данными о качестве проведения НМС. Также известными устройствами не проводится оценка состояния пациента во время проведения СЛР и не контролируется возникновение собственного сердцебиения. Это является важным аспектом, так как продолжение НМС после появления самостоятельной сердечной деятельности может привести к возникновению травм сердца и развитию функциональных нарушений сердечной деятельности.

Достоверно оценить качество проведения НМС можно путем определения наличия динамики кровотока в сонных артериях пациента, поскольку ее наличие говорит о том, что выполнение непрямого массажа обеспечивает достаточную компрессию камер сердца для выброса из них крови и поддержания жизнеспособности мозга.

Временной промежуток между наступлением клинической смерти и началом реанимационных мероприятий является одним из наиболее важных факторов, влияющих на выживаемость. В связи с этим чрезвычайно важным параметром технических средств контроля проведения реанимационных мероприятий является оперативность процедуры запуска, включающей расположение датчиков на теле пациента. Простота расположения датчиков является особенно важным при проведении реанимационных мероприятий людьми, не обладающими специальными медицинскими навыками.

Исходя из необходимости оперативного расположения датчиков на теле пациента, наиболее подходящим методом регистрации данных о состоянии кровотока является метод анализа акустических данных. Применение этого метода позволяет избежать использования сложных схем расположения датчиков, а так же токопроводящих и электропроводящих гелей, необходимых для работы методов на основе электрокардиографии и ультразвуковых методах исследования. Также важной отличительной особенностью акустического метода является возможность оценивать наличие шумов кровотока, возникающие в результате проведения НМС. Кроме

этого, использование акустического метода позволяет избежать влияния электрических помех различной природы.

Для выполнения функций оценки качества проведения реанимационных мероприятий и их корректировки были определены требования к составу функций устройства для контроля проведения сердечно-легочной реанимации:

- ◆ определение наличия кровотока в сонных артериях, что позволяет оценить корректность проведения непрямого массажа сердца и определить наличие собственного сердцебиения;
- ◆ координация действий реаниматора в ходе проведения СЛР с помощью световых и звуковых сигналов;
- ◆ оценка текущего состояния реанимируемого и возможного использования в качестве простейшего монитора состояния пациента.

Устройства было решено реализовать в виде портативного прибора, имеющего в своем составе пульт, включающий в себя органы управления и индикации, и воротник с набором акустических датчиков, регистрирующих шумы кровотока в местах бифуркаций сонных артерий реанимируемого (рис. 1).

Общий алгоритм работы аппаратной части устройства можно представить следующим образом. Пьезоакустические преобразователи, расположенные на сонных артериях реанимируемого, улавливают слабые звуковые сигналы и преобразуют их в электрические сигналы. Пройдя через блок буферного усилителя и блок фильтрации, сигналы усиливаются и фильтруются с целью уменьшения влияния помех и посторонних шумов. Пройдя через блок усилителя с регулируемым коэффициентом усиления, сигналы нормируются и попадают на вход аналого-цифрового преобразователя, интегрированного в микроконтроллер. Далее блок микроконтроллера производит преобразование аналогового сигнала в цифровой код, его обработку и анализ при помощи программно-алгоритмического комплекса, в соответствии с результатами работы которого воспроизводится визуальная и звуковая сигнализация о ходе проведения процедуры СЛР. Отображение состояния пациента и режима работы Устройства, а также его управление производится с помощью блока органов управления и индикации. Устройство работает от автономного блока питания, необходимого для формирования и поддержания в нужном диапазоне напряжений питания составных блоков устройства при изменяющемся из-за разряда питающих элементов входном напряжении.

Алгоритмы, входящие в состав разрабатываемого программно-алгоритмического комплекса предназна-



Рис. 1. Устройство на манекене для отработки навыков СЛР

чены для работы в блоке микроконтроллера устройства. Алгоритмы можно разделить на несколько групп:

1) алгоритмы предварительной обработки акустического сигнала сердечно-сосудистой системы человека, обеспечивающие удаление шумовой составляющей сигнала, препятствующей работе алгоритмов определения наличия динамики шумов кровотока и подсчета компрессий при проведении НМС;

2) алгоритмы определения наличия шумов кровотока в местах бифуркаций сонных артерий, с целью контроля проведения НМС и контроля наличия самостоятельной сердечной деятельности пациента;

3) алгоритмы подсчета количества компрессий при проведении НМС.

Для решения задач предварительной обработки акустического сигнала был выбран полиномиальный фильтр Баттерворта. Основным его преимуществом является минимальное искажение сигнала в полосе пропускания. Частотный диапазон шумов кровотока в местах бифуркаций сонных артерий лежит в пределах от 20 до 60 Гц. Выделение из акустического сигнала полезного диапазона частот возможно в результате использования последовательного включения каскадов высоко- и низкочастотного фильтров Баттерворта.

После предварительной обработки сигнал передается на вход алгоритмов определения наличия шумов кровотока, обеспечивающих поиск участков сигнала, соответствующих искомым состояниям кровотока в местах бифуркаций сонных артерий человека, возникающих на различных стадиях проведения СЛР. Примерами искомых состояний является:

- ◆ наличие шумов кровотока, соответствующих собственному сердцебиению;
- ◆ наличие шумов кровотока, соответствующих НМС;
- ◆ отсутствие шумов кровотока.

Каждому состоянию соответствует информационное представление, то есть набор характеристических фрагментов сигнала, обладающих определенными параметрами, такими как:

- ◆ степень вклада некоторой полосы частот в спектр участка сигнала;
- ◆ скорость изменения амплитуды сигнала на участке.

Первым этапом работы алгоритма, является поиск характеристических фрагментов сигнала. Далее происходит определение состояния кровотока. Для этого рассматривается расположение обнаруженных характеристических фрагментов на сигнале — последовательность, длительность фрагментов, а так же длительность интервалов между ними.

После определения наличия сердечных сокращений, запускаются алгоритмы подсчета количества компрессий при проведении НМС. Алгоритм основан на вычислении энергии Шеннона акустического сигнала сердечно-сосудистой системы человека. В ходе работы алгоритмов происходит создание массива значений энергии Шеннона анализируемого сигнала, а так же нормализация, обработка сигнала медианным и пороговым фильтром.

Нормализация и медианная фильтрация массива, содержащего значения энергии Шеннона акустического сигнала, позволяет дополнительно обработать результаты вычисления энергии Шеннона с целью устранения «мусорных» ее значений, анализ которых может привести к возрастанию погрешности. Нормализация входного вектора, в качестве которого выступает вектор значений энергии Шеннона, можно проводить путем деления значения каждого элемента этого вектора

на рассчитанное значение квадрата дисперсии анализируемых данных.

Далее проводится пороговая фильтрация массива значений энергии Шеннона, которая позволяет осуществить первоначальное выделение пиков энергетических выбросов, соответствующих сердечным сокращениям. Опытным путем была определена величина порогового значения, равная 40% от максимального значения анализируемого массива данных. В результате работы данной функции формируется массив данных, содержащий единичные пики, соответствующие энергетическим выбросам акустического сигнала. В некоторых случаях, одному сердечному сокращению может соответствовать группа близкорасположенных пиков, для объединения которых, используется параметр, характеризующий минимальный временной интервал между пиками, соответствующими разным сердечным сокращениям. Значение этого параметра установлено в ходе литературного обзора и составляет 250–300 мс.

Описанные принципы и алгоритмы были использованы в составе Устройства для контроля процедуры сердечно-легочной реанимации человека, разрабатываемого в рамках Соглашения о предоставлении субсидии от «28» ноября 2014 г. № 14.578.21.0078 (уникальный идентификатор RFMEFI57814X0078) ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы».

Разработка Устройства проводилась в рамках Соглашения о предоставлении субсидии от «28» ноября 2014 г. № 14.578.21.0078 (уникальный идентификатор RFMEFI57814X0078) ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Улумбекова Г. Э. Здравоохранение России. Что надо делать. Научное обоснование «Стратегии развития здравоохранения РФ до 2020 года. Краткая версия — М: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 96с.
2. Benjamin S. Abella, MD, MPhil; Jason P. Alvarado, BA; Helge Myklebust, BEng; Dana P. Edelson, MD; Anne Barry, RN, MBA; Nicholas O’Hearn, RN, MSN; Terry L. Vanden Hoek, MD; Lance B. Becker, MD. Quality of Cardiopulmonary Resuscitation During In-Hospital Cardiac Arrest. // JAMA. 2005;293(3):305–310.
3. Семиголовский Н. Ю., Гайденоко Г. В., Малашенко А. В. Новые алгоритмы реанимации и летальность острых коронарных больных // Актуальные вопросы клинической патоморфологии: Сб. трудов научн. конф. — Санкт-Петербург: МАПО, 2000. С. 168.;
4. Семиголовский Н. Ю., Иванова Е. В., Верцинский Е. К. и др. Алгоритм сердечно-легочной реанимации в стационаре кардиологического профиля // Анестезиология и реаниматология. 2001, № 4. С. 47–49.

© Куцов Михаил Сергеевич ( mihail-kucov@mail.ru ), Костелей Яна Валерьевна ( yaninabaler@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО УДАРНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ВОЙНЕ

## THE RATIONALE FOR THE CREATION OF MULTISPECTRAL DATA-PROCESSING SYSTEM SHOCK RECONNAISSANCE UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR USE IN MODERN WARFARE

**V. Nadtochiy  
A. Avramov  
A. Boldinov**

*Summary.* The article carried out analysis of tasks, target load of unmanned aircraft in modern warfare. Presents the concept of the modern world and technology development of integrated information systems, unmanned aerial vehicles. Considered the principle of hierarchical information in the multispectral system and its complex processing.

*Keywords:* unmanned aircraft, target load, data-processing system, integrated modular avionic, multispectral system, complex information processing.

**Надточий Виктор Николаевич**

Адъюнкт, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)  
nadtochiy\_90@mail.ru

**Аврамов Андрей Викторович**

К.т.н., доцент, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф.  
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

**Болдинов Александр Иванович**

К.т.н., доцент, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф.  
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»  
(г. Воронеж)

*Аннотация.* В статье проведен анализ задач, целевой нагрузки беспилотных летательных аппаратов в современных войнах. Представлены современные мировые концепции и технологии развития интегрированных информационных систем беспилотных летательных аппаратов. Рассмотрен иерархический принцип получения информации в многоспектральной системе и ее комплексная обработка.

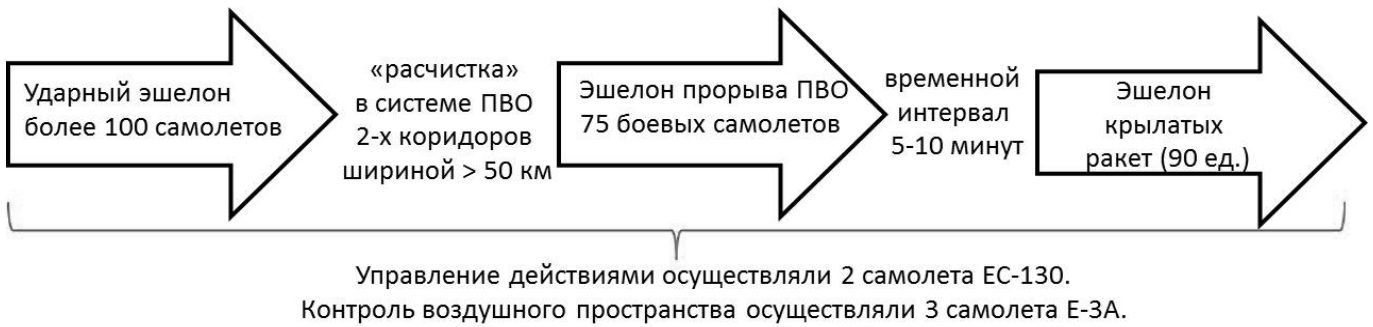
*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, целевая нагрузка, информационно-вычислительная система, интегрированная модульная авионика, многоспектральная система, комплексная обработка информации.

Согласно военной доктрины [1] Российской Федерации появление военных опасностей и угроз обусловлено глобальной конкуренцией, напряженностью межрегионального взаимодействия, неустойчивостью экономического и политического развития, осложнением международных отношений, многими региональными конфликтами. Сохраняются тенденции решения региональных конфликтов силовыми методами, в том числе в регионах граничащих с Российской Федерацией. К основным внешним военным опасностям для РФ относятся: наращивание силового потенциала НАТО у границ РФ, реализация концепции «глобального удара», увеличение группировки численности войск на границах РФ, развертывание систем стратегической противоракетной обороны. Главной военной угрозой является обострение военно-политической обстановки и создание условий требующих применения военной силы. Военная доктрина РФ выделяет следующие характерные особенности современных военных конфликтов: комплексное применение военной силы, массированное применение всех видов оружия и военной техники, воздействие на про-

тивника по всей его территории в едином информационном пространстве [1]. Определение военных опасностей и угроз, а также особенностей современных военных конфликтов позволяет формулировать требования современной войны. Примером таких войн являются боевые действия в Югославии, Афганистане и Ираке.

Военные действия были спланированы в форме воздушной наступательной операции, в каждом из которых было проведено два массированных ракетно-авиационных удара (МАРУ). МАРУ проводились по типовой схеме НАТО [2].

Анализ боевого опыта, полученного НАТО и США в Косово, Афганистане и Персидском заливе показывает, что основной проблемой во всех перечисленных боевых операциях являлось длительное время принятия решения на уничтожение цели от нескольких суток до нескольких часов. При этом необходимым является централизованный сетевой принцип ведения боевых действий [3].



В последние годы в технически развитых государствах мира особое внимание уделяется развитию теории и практики ведения войн в едином информационном пространстве, меняющих взгляды на подготовку и применение вооруженных сил в современных войнах и конфликтах.

Современная война предусматривает следующие фазы ведения БД: достижение информационного превосходства, завоевание превосходства в воздушно-космической сфере, уничтожение средств поражения и окончательное подавление очагов сопротивления противника [4].

Важным аспектом в цепи управления боевыми действиями являются распределение и передача информации для поддержки решений командования и управления вооруженными силами [5].

Таким образом, полная картина зоны боевых действий от различных источников информации позволит уменьшить время с момента выявления цели, до момента ее поражения и оценить ущерб от применения средств поражения.

Анализ современных вооруженных конфликтов показал перераспределение роли вооруженных сил. Решающая роль в вооруженных конфликтах перешла от наземных операций (проводимых сухопутными войсками) к воздушным операциям (проводимых в воздушно-космической сфере). Основным элементом современных войн является централизованное управление и взаимодействие всех видов и родов войск, что обеспечивает постоянное огневое воздействие на противника при массированных ударах по предварительным или динамично распределенным в ходе ведения БД целям [6].

Согласно концепциям применения БЛА [7, 8] к основным задачам разведывательно-ударных БЛА можно отнести:

- ♦ разведывательные задачи (ведение разведки местности противника, доразведка объектов противника с целью обеспечения ударных

средств целеуказанием и корректирование огня с выдачей информации в реальном масштабе времени, длительное воздушное патрулирование представляющих интерес районов);

- ♦ ударные (огневые) задачи (поражение ключевых военно-экономических объектов, поражение систем противовоздушной обороны).

Разведывательные задачи направлены на получение информации о численности и расположении войск противника, поиск наземных объектов подлежащих уничтожению, расширение информации об интересующих объектах, возможность целеуказания и корректирования огня средствами поражения, получение в реальном масштабе времени информации о плотности размещения, маршрутах передвижения и боевых порядках противника [9].

Задачи нанесения ударов с применением средств поражения выполняется по заранее выявленным стационарным или мобильным целям с известными координатами, а также при оперативном выявлении целей по команде оператора [9].

Таким образом, применение разведывательно-ударных БЛА служит для исключения потерь войск, вооружения, перерасхода ресурсов и времени на вскрытие, отслеживание, маневрирование и поражение противника. Это обуславливается техническим развитием датчиков целевой нагрузки, средств поражения и изменением условий и принципов управления БЛА [9].

Для получения информации о фоно-целевой обстановке разведываемой местности в качестве целевой нагрузки БЛА используются следующие средства: станции оптико-электронной разведки, станции радиолокационной разведки, станции радиотехнической разведки.

Станции оптико-электронной разведки, размещаемые на борту БЛА, применяются для обзора подстилающей поверхности, получения детального изображения интересующей местности, вскрытия визуально невидимых объектов. К таким станциям

относятся, например: Type 8040B, Type 8010, Vinten Type 950/955, DSP-1, COH-112, RAV-165-3 HD, PERGAM S130 [10, 11]. Использование таких станций в основном осуществляется в ИК ( $\lambda=0,76\dots 103$  мкм) и ТВ ( $\lambda=0,38\dots 0,76$  мкм) диапазонах. Совместная установка телевизионной и инфракрасной камер увеличивает информативность получаемого изображения, а применение лазерного дальномера-целеуказателя дает возможность точного определения относительных координат цели [12]. Развитие вычислительной техники и цифровых технологий обработки сигналов позволило существенно повысить качество, скорость и объемы обработки изображений, обеспечить их передачу на большие расстояния [13–15]. Недостатком таких станций является малая эффективность их использования в сложных погодных условиях, а также в ночное время.

В качестве станций радиолокационной разведки на современных БЛА используют радиолокаторы с режимом синтезирования апертуры. Такие станции обеспечивают обнаружение неподвижных и движущихся наземных целей, низколетящих воздушных целей (вертолетов), а также позволяют классифицировать объекты по типам [16]. Так, например, в состав БЛА «Reaper» производства США входит радиолокационная станция AN/APY-8 Lynx II, а в БЛА «Heron» Израильского производства — радиолокаторы Elta EL/M-2022U Maritime Patrol Radar или Elta EL/M-2055 SAR/MTI [17, 18]. В настоящее время на БЛА используются станции с сантиметровым диапазоном длин волн (от 4 до 40 ГГц). Существующие станции радиолокационной разведки используют: режим картографирования, для получения радиолокационных изображений земной поверхности; режим селекции наземных целей, для обнаружения, сопровождения и индикации целей; поляризационный режим для повышения эффективности распознавания за счет поляризационных характеристик функции отражения; режим интерферометрической съемки пространства для формирования трехмерного изображения подстилающей поверхности [19]. При всей информативности и всепогодности применения радиолокационных станций главным недостатком является их низкая скрытность работы.

Применение станций радиотехнической разведки направлено на получение координат радиоизлучающих целей, параметров и режимов работы излучающих средств. На современном этапе используются следующие станции: ALR-74, ALR-93, ALR-94. Станции радиотехнической разведки обеспечивают обнаружение импульсного, квазинепрерывного и непрерывного излучения [5]. При этом основным недостатком является грубое определение координат излучающих целей в сложной фоно-целевой обстановке.

На современном этапе применения БЛА оператор наземной станции управления играет важную роль в обеспечении управления БЛА и функционирования его систем, в организации процесса планирования, в оценке результатов и эффективности действий БЛА, связи с потребителями разведывательной информации [20, 21].

Важнейшими проблемами применения существующих БЛА являются:

- ◆ наличие на борту БЛА обособленных, функционально несвязанных друг с другом информационных датчиков, транслирующих полученную информацию оператору БЛА для последующей обработки в целях обнаружения, определения местоположения и распознавания целей;
- ◆ низкая надежность функционирования системы управления БЛА и его целевой нагрузкой в боевых условиях, приводящая к снижению качества формируемых изображений и достоверности оценки характеристик наблюдаемых объектов, срыву наблюдения за пространством, перегрузке каналов обмена данными и т.д.;
- ◆ возрастание психофизической нагрузки на оператора БЛА и его быстрая утомляемость в условиях низкого качества изображений местности и данных об объектах, множественного применения БЛА, сложности и динамичности боевой обстановки. Это приводит к снижению качества оценки обстановки и неправильному принятию решений оператором БЛА при обнаружении целей, их распознавании и опознавании, определении местоположения и т.д. [20, 21]

Для получения более полной информации о разведываемом пространстве используется групповое применение БЛА [22]. Примером является проект ALADDIN (Autonomous Learning Agents for Decentralised Data and Information Networks) [23], разработанный компанией BAE Systems, в котором распределенное сетевое использование группы БЛА расширяет информационную осведомленность этих БЛА за счет использования станций разведки работающих в различных участках спектра электромагнитных волн. Соответственно, использование одиночных БЛА с совместным применением станций разведки может способствовать расширению информационной осведомленности разведываемого пространства. При этом особую сложность вызывает обнаружение и распознавание целей оператором БЛА [24].

Таким образом, развитие технологий информационно-вычислительных систем позволит реализовать на БЛА автоматизированную систему обработки данных и принятия решений на применение средств поражения и другие необходимые системы [25].

Информационно-вычислительная система (ИВС) современного БЛА представляет собой совокупность датчиков информации и вычислителей, а также набор режимов их функционирования, обеспечивающих соответствие целевому назначению [22].

В настоящее время к ИВС БЛА предъявляются следующие требования:

- ◆ всепогодное применение БЛА, а также применение в условиях огневого, радиоэлектронного и информационного противодействия;
- ◆ интеграция информационных датчиков в единую разведывательно-информационную систему;
- ◆ обеспечение рационального сочетания управления БЛА и применения средств поражения для оператора;
- ◆ своевременная комплексная обработка получаемой информации от различного рода датчиков, обеспечивающая обнаружение и распознавание наземных целей [26].

Расширение информационных возможностей является устойчивой тенденцией развития ИВС [27]. Это обуславливается способностью датчиков извлекать больший объем информации из получаемых данных, при этом улучшать достоверность, точность, разрешающую способность, помехозащищенность ИВС. Одним из способов расширения информационных возможностей ИВС является интеграция (комплексирование) данных, поступающих от датчиков различной физической природы, а также одной физической природы работающих в разных частотных диапазонах.

В настоящее время основным результатом работы в области разработки архитектуры и компонентов бортового радиоэлектронного оборудования является концепция интеграции бортовой аппаратуры — концепция IMA (Integrated Modular Avionic), основы которой изложены в стандарте ARINC651. В Российской Федерации данный стандарт носит информационный характер [28].

Многомодульные бортовые вычислительные средства, разрабатываемые по концепции IMA, имеют важные свойства: мультипроцессорность (нет фиксированного числа модулей), динамическую вычислительную подсистему различных конфигураций (управляемая коммутация связей между элементами модулей), идентичность применяемых модулей (при различных физических уровнях модулей). Структура многомодульной системы может быть различной в каждый момент времени. Сетевые коммутаторы могут запоминать несколько динамических конфигураций связи. Установка базовой конфигурации позволяет осуществлять статическое соединение между несколькими потоками

данных. Следовательно, мультипроцессорная структура IMA с программируемой архитектурой допускает динамическое перераспределение вычислительной мощности аппаратуры в зависимости от приоритета решаемых задач [29].

Для БЛА необходимо интегрировать датчики радиочастотного диапазона, датчики оптического диапазона, бортовую вычислительную систему и систему управления. Примером принципов построения бортовой интегрированной вычислительной системы являются перспективные разработки бортовой цифровой вычислительной машины типа «Багет». Взаимодействие датчиков осуществляется на основе четырех мультиплексных каналов информационного обмена, передача данных производится при помощи бортовой вычислительной сети на основе каналов Fiber Channel. Переход к принципу глубокой функциональной интеграции и единому информационному пространству позволил сформировать сетевые технологии обработки информации на борту БЛА [29].

Таким образом, ИВС БЛА должна быть глубоко интегрированной и работать на различных участках спектра электромагнитных волн, а также иметь значительные вычислительные параметры [30].

Совокупность датчиков на уровне функциональной интеграции [31] позволяет обеспечить обнаружение и распознавание объектов на основе всех доступных измерителям признаков разных спектров, обеспечивая высокую достоверность получаемых результатов. Такая структура позволит в полной мере реализовать принцип динамической реконфигурации ресурсов ИВС и модульности аппаратурной реализации, образуя при этом интегрированную многоспектральную (многодатчиковую) информационную среду.

При разработке многодатчиковых интегрированных систем необходимо обращать внимание на такие особенности, как:

- ◆ различная точность измерений получаемых от разных датчиков;
- ◆ различная частота обращения разнородных датчиков к контролируемым объектам;
- ◆ необходимость использования в процессе комплексирования нескольких систем счисления (декартову — для навигационных параметров, полярную — для радиолокационных, оптико-электронных систем и др.) [32].

Интеграция датчиков в единый комплекс и комплексная обработка получаемой от них информации должна обеспечить гарантированное обнаружение и распознавание наземных целей в любых погодных условиях [24].

Таким образом, разработка алгоритмов комплексной обработки информации на борту БЛА, в которых принята информация, поступающая от всех датчиков и систем, будет формировать данные интересующей области пространства для исполнительных устройств и систем, операторов наземных станций наведения и управления,

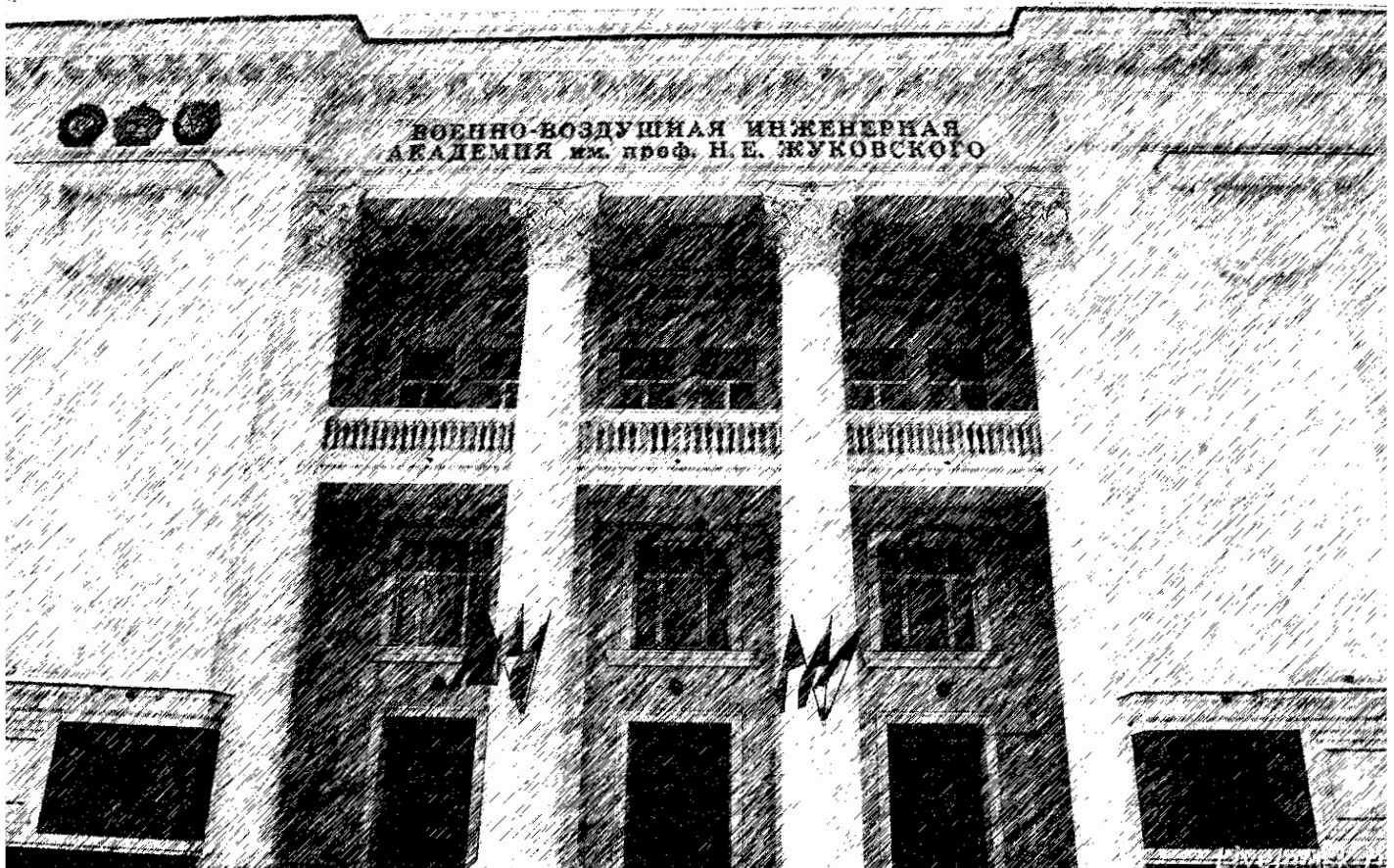
пилотируемых летательных аппаратов и других взаимодействующих систем, позволит достичь разгрузки каналов передачи данных и упростить работу оператора по обнаружению и распознаванию наземных объектов, передавая эти данные по назначению с помощью систем информационного обмена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Военная доктрина Российской Федерации от 25 декабря 2014 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.rg.ru](http://www.rg.ru) (Дата обращения 22.10.2016).
2. Военное искусство в локальных войнах и вооруженных конфликтах [Текст] / Под ред. генерала-полковника А. С. Рукшина. — М.: Военное издательство, 2008. — 765 с.
3. Ашурбейли И.Р. и др. Опыт и уроки боевого применения войск и вооружения ПВО в локальных войнах и вооруженных конфликтах [Текст] / И. Р. Ашурбейли, Б. Ф. Чельцов, А. И. Хюпенен, С. А. Волков. — М., 2012. — 204 с.
4. Рахманов А. А. Сетецентрические системы управления: закономерные тенденции, проблемные вопросы и пути их решения [Текст] / А. А. Рахманов // Военная мысль. — 2011. — № 3. — С. 41–50.
5. Бортовые системы управления боевыми режимами современных и перспективных самолетов. Кн. 1. Аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников [Текст] / Под ред. Е. А. Федосова. — М.: Научно-информационный центр ГосНИИАС, 2009. — 171 с.
6. Надточий В.Н., Аврамов А. В., Болдинов А. И. Анализ требований современной войны по информационному и огневому обеспечению войск [Текст] // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. Новосибирск, 2016, С. 150–158.
7. Казарьян Б. И. Беспилотные аппараты: цели, задачи, условия создания [Текст] / Б. И. Казарьян // Военная мысль. — 2012. — № 2. — С. 17–23.
8. Краснов А., Путилин А. Беспилотные летательные аппараты: от разведки к боевым действиям [Текст] / А. Краснов, А. Путилин // Зарубежное военное обозрение. — 2006. — № 4–5. — С. 41–47.
9. Надточий В.Н., Аврамов А. В., Болдинов А. И. Анализ задач, решаемых разведывательно-ударными беспилотными летательными аппаратами [Текст] // Новая наука: от идеи к результату. Стерлитамак, 2016, Ч. 3, С. 74–76.
10. Jane's Defence Equipment Library, 2001.
11. Бортовые оптико-электронные системы военной авиации зарубежных стран. Аналитический обзор по материалам открытой печати [Текст]. Кн. 1 / Под ред. С. В. Ягольникова. — Тверь: 2 ЦНИИ МО РФ, 2006. — 264 с.
12. Ростопчин В.В., Дмитриев М. Л. Применение цифровых оптических систем для беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] / В. В. Ростопчин, М. Л. Дмитриев. — Режим доступа: [www.uav.ru](http://www.uav.ru) (Дата обращения 22.10.2016).
13. Грузман И.С. и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие [Текст] / И. С. Грузман, В. С. Киричук, В. П. Косых, Г. И. Перетягин, А. А. Спектор. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. — 168 с.
14. Прэтт Э. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. [Текст] / Э. Прэтт. — М.: Мир, 1982. — Кн. 1. — 312 с.
15. Оппенгеймер А.В., Шафер Р. В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. [Текст] / А. В. Оппенгеймер, Р. В. Шафер. — М.: Связь, 1979. — 416 с.
16. Меркулов В.И., Самарин О. Ф., Чернов В. С. Новые режимы функционирования радиолокационных систем беспилотных летательных аппаратов [Текст] / В. И. Меркулов, О. Ф. Самарин, В. С. Чернов // Успехи современной радиоэлектроники. — 2015. — № 9. — С. 78–86.
17. Соколов И.А., Скичко Д. Ю. Многофункциональная бортовая радиолокационная система для беспилотного летательного аппарата [Текст] / И. А. Соколов, Д. Ю. Скичко // Качество и жизнь. — 2015. — № 1. — С. 78–84.
18. Koo V.C., Chan Y. K., Gobi V. A new unmanned aerial vehicle synthetic aperture radar for environmental monitoring [Text] / V. C. Koo, Y. K. Chan, V. Gobi // Progress In Electromagnetics Research. — Vol. 122. — 2012. — P. 245–268.
19. Верба В.С. и др. Интегрированные многодатчиковые комплексы мониторинга окружающего пространства [Электронный ресурс] / В. С. Верба, В. И. Меркулов, Д. А. Миляков, В. С. Чернов // Журнал радиоэлектроники. — 2015. — № 4. — Режим доступа: [www.jre.cplire.ru](http://www.jre.cplire.ru) (Дата обращения 22.10.2016).
20. Мордвинцев Э. В. Анализ систем беспилотных летательных аппаратов [Текст] / Э. В. Мордвинцев // Иностранная печать об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств-участников СНГ и технических средствах его выявления: Серия: «Техническое оснащение спецслужб зарубежных государств». — 2011. — № 8. — С. 3–13.
21. Ануфриев О.Н. и др. Ударные беспилотные летательные аппараты и их радиолокационные системы [Текст] / О. Н. Ануфриев, А. А. Герасимов, В. И. Меркулов, О. Ф. Самарин, В. С. Чернов // Успехи современной радиоэлектроники. — 2007. — № 7. — С. 51–66.
22. Верба В. С. Авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения. Принципы построения, проблемы разработки и особенности функционирования [Текст] / В. С. Верба. — М.: Радиотехника, 2014. — 528 с.
23. Современное состояние и перспективы развития беспилотных авиационных систем XXI века. Аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников [Текст] / Под ред. Е. А. Федосова. — М.: Научно-информационный центр ГосНИИАС, 2012. — 195 с.
24. Авиационные системы радиоуправления: [Текст] / Под ред. В. С. Вербы, В. И. Меркулова. — М.: Радиотехника, 2014. — 376 с.

25. Надточий В.Н., Аврамов А. В., Болдинов А. И. Анализ современного мирового опыта оснащения беспилотных летательных аппаратов целевой нагрузкой, условий и принципов управления разведывательно-ударным беспилотным летательным аппаратом [Текст] // Новые задачи технических наук и пути их решения. Пермь, 2016, С. 124–128.
26. Верба В.С., Меркулов В. И. Облик информационно-вычислительной системы беспилотного самолета-истребителя. — Успехи современной радиоэлектроники, 2009, № 12. С. 25–31.
27. Верба В.С. и др. Интеграция данных в многодатчиковых бортовых информационно-управляющих системах [Текст] / В. С. Верба, В. И. Меркулов, Е. В. Попов, В. С. Чернов // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2014. — № 14. — С. 32–43.
28. Парамонов П.П., Жаринов И. О. Интегрированные бортовые вычислительные системы: обзор современного состояния и анализ перспектив развития в авиационном приборостроении [Текст] / П. П. Парамонов, И. О. Жаринов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2013. — № 2 (82). — С. 1–17.
29. Бражник В.М., Герасимов Г.И. Развитие интегрированных комплексов бортового оборудования самолетов нового поколения [Текст] / В.М. Бражник, Г.И. Герасимов // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2008. — № 3. — С. 10–18.
30. Надточий В.Н., Аврамов А. В., Болдинов А. И. Анализ современных мировых концепций и технологий по разработке информационно-вычислительных систем разведывательно-ударных беспилотных летательных аппаратов [Текст] // Новые технологии и проблемы технических наук. Красноярск, 2016, Вып.3, С. 108–111.
31. Верба В. С. Управление информационными возможностями многофункциональных бортовых радиолокационных комплексов [Текст] / В. С. Верба // Радиотехника. — 2007. — № 10. — С. 9–13.
32. Верба В.С., Меркулов В. И. Совместная обработка данных в многодатчиковых информационных системах воздушного базирования [Текст] / В. С. Верба, Меркулов В. И. // Радиотехника. — 2015. — № 3. — С. 137–141.

© Надточий Виктор Николаевич, Аврамов Андрей Викторович, Болдинов Александр Иванович  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



## ВВЕДЕНИЕ ПОНЯТИЙ НЕЙРОНЫХ СВЯЗАННЫХ СЕТЕЙ NVC В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАТЧИКОВ

### THE INTRODUCTION OF CONCEPTS RELATED NEURAL NETWORKS NVC IN DEPENDING ON THE SENSORS

*E. Zholondiyevsky*

*Summary.* This article discusses the direct control coupled ring networks of neurons Nvc, implementation on the basis of their stimulus — jet BEAM robots, is expected to further the use of stimulus — jet devices as a symbiotic robots. Introduces the concept of axonal and dendrites' interfaces of the first level.

*Keywords:* Nvc neurons; neural ring circuits; BEAM robot; stimulo — reactive devices; symbiotic robot; axonal and dendrites interface of the first level.

*Жолондиевский Эрнесто Робертович*

ЧОУВО «Тольяттинская академия управления»

*ambroz220@yandex.ru*

*Аннотация.* в статье рассматривается непосредственное управление связанными кольцевыми сетями из нейронов Nvc, реализация на их основе стимульно — реактивных BEAM роботов, предполагается дальнейшее использование стимульно — реактивных устройств в качестве симбиотических роботов. Вводится понятия аксонных и дендритных интерфейсов первого уровня.

*Ключевые слова:* Nvc нейроны; нейронные кольцевые цепи; BEAM робот; стимульно — реактивные устройства; симбиотический робот; аксонный и дендритный интерфейсы первого уровня.

**В** данной статье мы рассмотрим практические примеры подключения к аксонным интерфейсам составных сложных датчиков, влияние характеристик этих датчиков на нейронные связанные сети. Ранее в статье «Оптически связанные кольцевые сети из нейронов Nvc, введение понятий аксонные и дендритные интерфейсы первого уровня» мы уже рассматривали подключение IR датчиков к нейронной сети. Кроме инфракрасного излучения для детектирования расстояния или препятствий, можно еще использовать и ультразвук.

Рассмотрим подключение ультразвукового датчика, состоящего из ультразвукового передатчика и приемника (в схеме мы их обозначим соответственно UsTrs и UsRcr) к нейронной сети из двух нейронов Nvc, что даст нам ультразвуковую связанную сеть (УлСС) из двух нейронов Nvc. Оппозитный режим подключения ультразвукового датчика по аксонному интерфейсу в УлСС из двух нейронов Nvc имеет два типа подключения показанных на рис. 1 — детектирования и на рис. 2 — независимый или обмена информацией. Оппозитный режим детектирования позволяет BEAM роботу обнаружить объект, попавший в зону действия ультразвукового пучка.

Оппозитный независимый режим обмена информацией по аксонному интерфейсу в УлСС из двух нейронов Nvc позволяет BEAM роботам обмениваться различной информацией на ультразвуковом уровне **Рисунок 2**, в таком режиме есть возможность ставить роботам различные задачи, в том числе режим распознавания «свой — чужой».

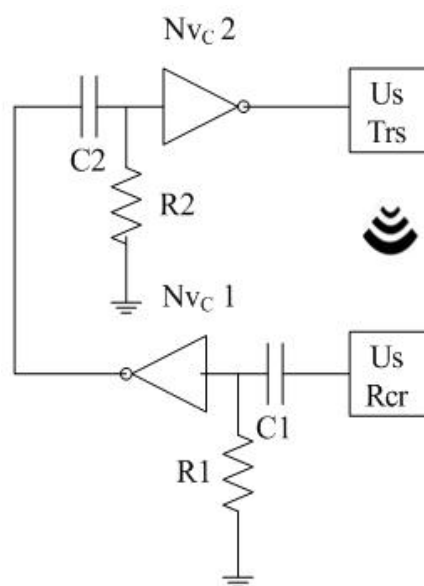


Рис. 1. Оппозитный режим детектирования по аксонному интерфейсу в УлСС из двух нейронов Nvc

Диффузионный режим, показанный на рис. 3, позволяет BEAM роботу обнаружить объект, попавший в зону действия ультразвукового пучка, на заданном фиксированном расстоянии. Данный режим позволяет разместить в одном корпусе ультразвуковой приемник и передатчик. Сам режим зависит от выбранного угла, под которым размещены датчики свойств поверхности обнаруживаемого объекта.

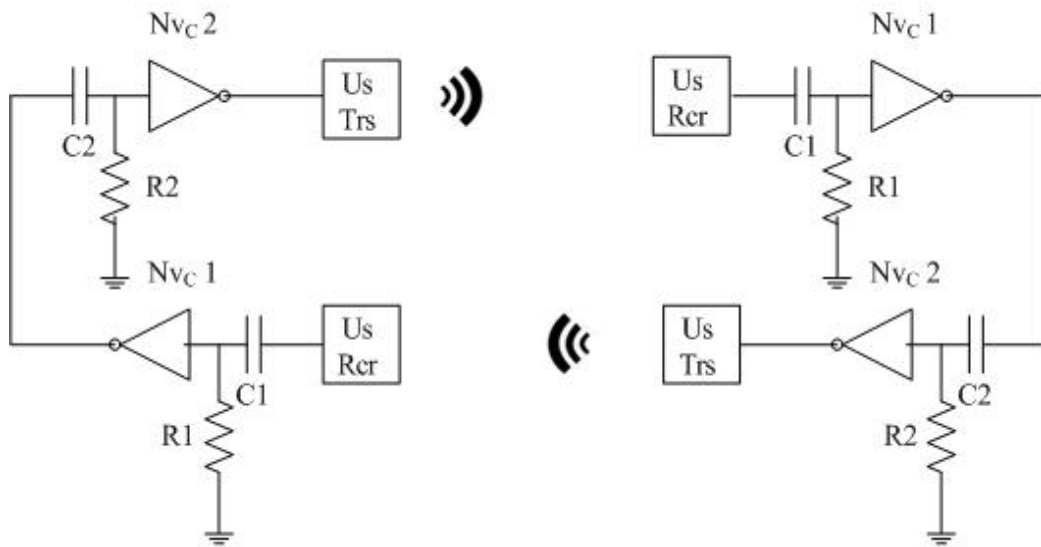


Рис. 2. Оппозитный независимый режим обмена информацией по аксонному интерфейсу BEAM роботами в УлСС

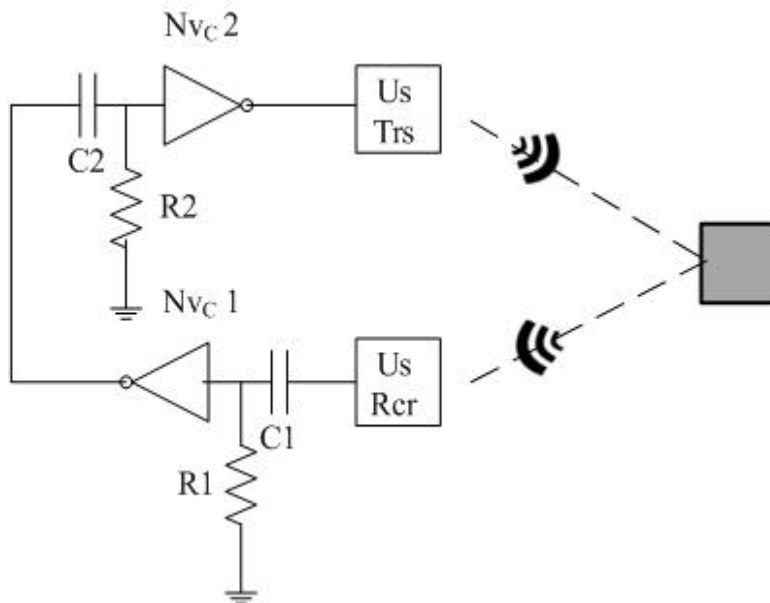


Рис. 3. Диффузионный режим по аксонному интерфейсу в УлСС из двух нейронов Nvc

Рефлекторный режим, показанный на рис. 4, позволяет BEAM роботу работать в режиме дальномера, то есть измерять расстояние до объекта, попавшего в зону действия ультразвукового пучка. Этот режим также позволяет разместить в одном корпусе ультразвуковой приемник и передатчик. Все рассмотренные режимы зависят от типа и характеристик, выбранных ультразвуковых передатчика и приемника.

Схема ультразвукового приемника с КМОП компаратором показана на рис. 5. В данной схеме используется

ультразвуковой преобразователь с резонансной частотой 40 кГц. При этом следует учитывать, что эффективность используемого преобразователя резко падает, если рабочая частота отличается от параметрической резонансной на  $\pm 750$  Гц.

Так как преобразователь работает в очень узкой полосе пропускания, (резонанс лежит в диапазоне частоты 40 кГц), то использование микросхемы с петлей ФАПЧ не является необходимым. Сам ультразвуковой преобразователь подавляет сигналы («шумы»)



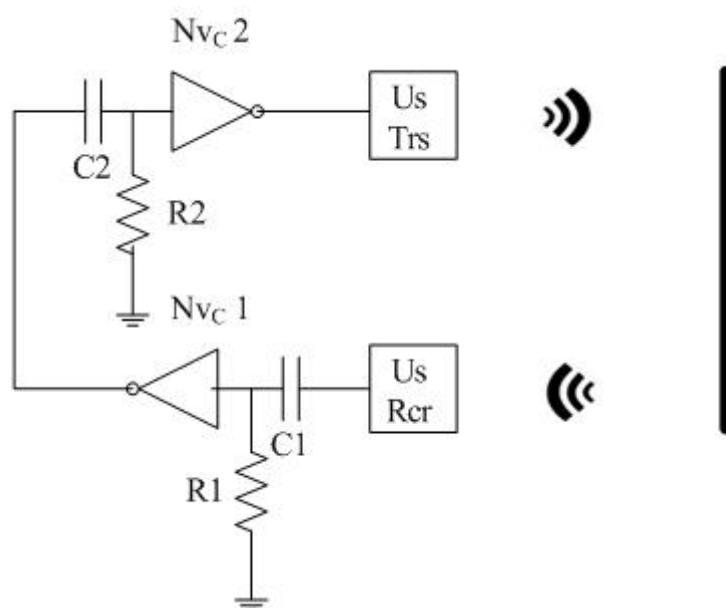


Рис. 4. Рефлекторный режим по аксонному интерфейсу в УлСС из двух нейронов Nvc

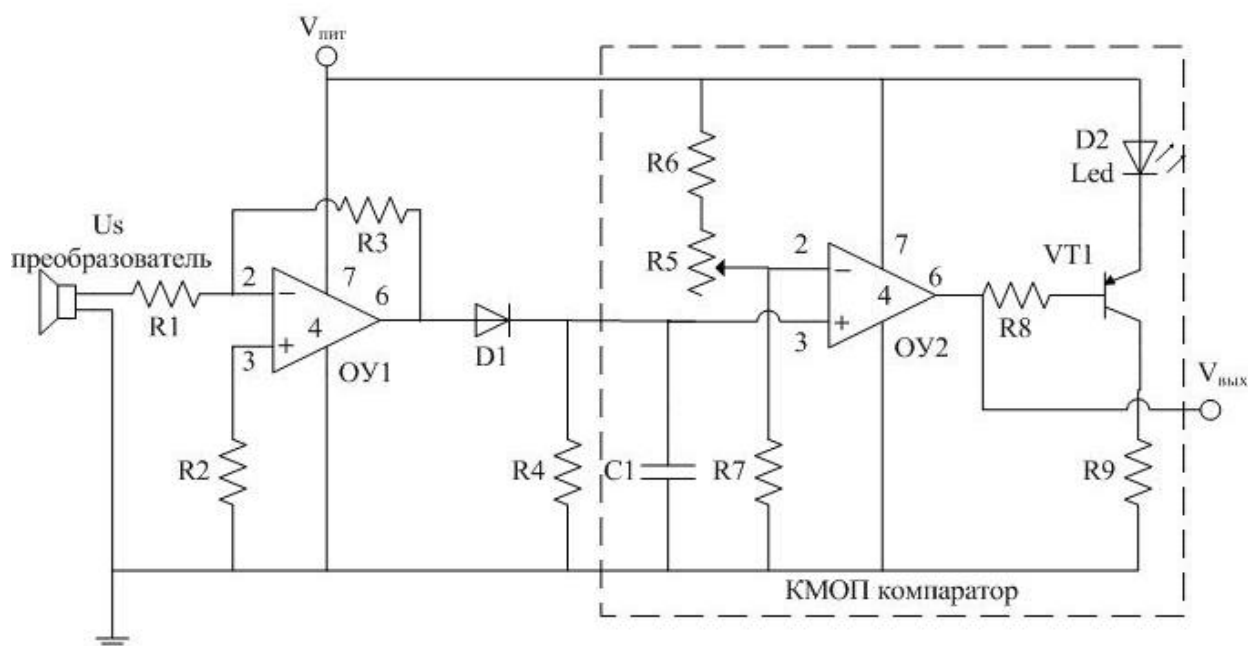


Рис. 5. Схема ультразвукового приемника (UsRcr) с КМОП компаратором для УлСС из двух нейронов Nvc

вне резонансного частотного диапазона. В данной схеме используется ОУ КМОП структуры и включены в схему с инвертированными входами. При приближении ВЕАМ робота к препятствию, сигнал генерируемый передатчиком частотой 40 кГц попадает в приемник, отразившись от обнаруженного объекта, чем вызывает повышение выходного напряжения. При превышении порогового значения напряжения, компаратор переключится, сигнализируя о наличии препятствия.

На рис. 6 показана схема ультразвукового передатчика (UsTrs) выполненная на микросхеме КМОП структуры IC555 включенной в режиме генератора, для точной настройки частоты используется подстроечный резистор R2. В различных условиях датчик выдает сигнал высокого уровня, который можно использовать для управления нейронной сетью. Разрыв нейронной сети на рисунках выше показан условно, так как для полноценного использования датчика в нейронной сети необходимо еще и миниатюрное управляющее устройство, которое мож-

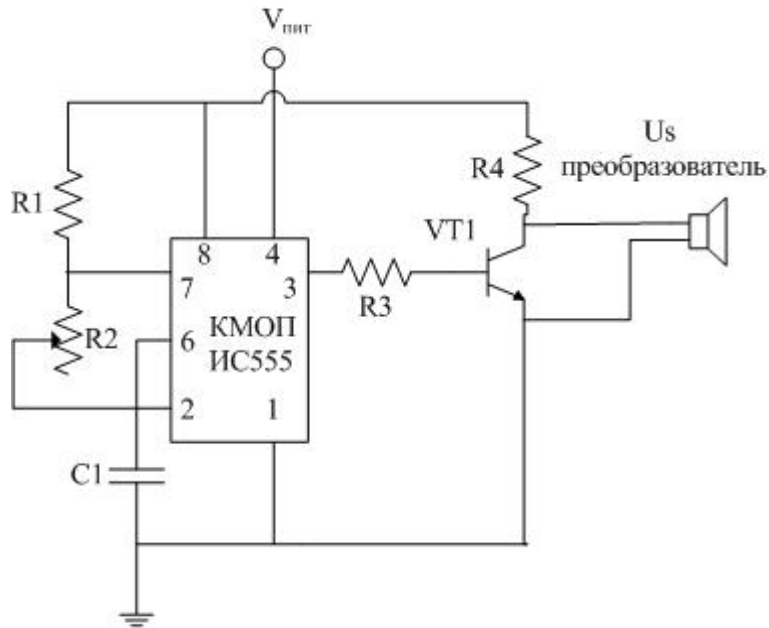


Рис. 6. Схема ультразвукового передатчика (UsTrs) с КМОП ИС555 в режиме генератора для УлСС из двух нейронов Nvc

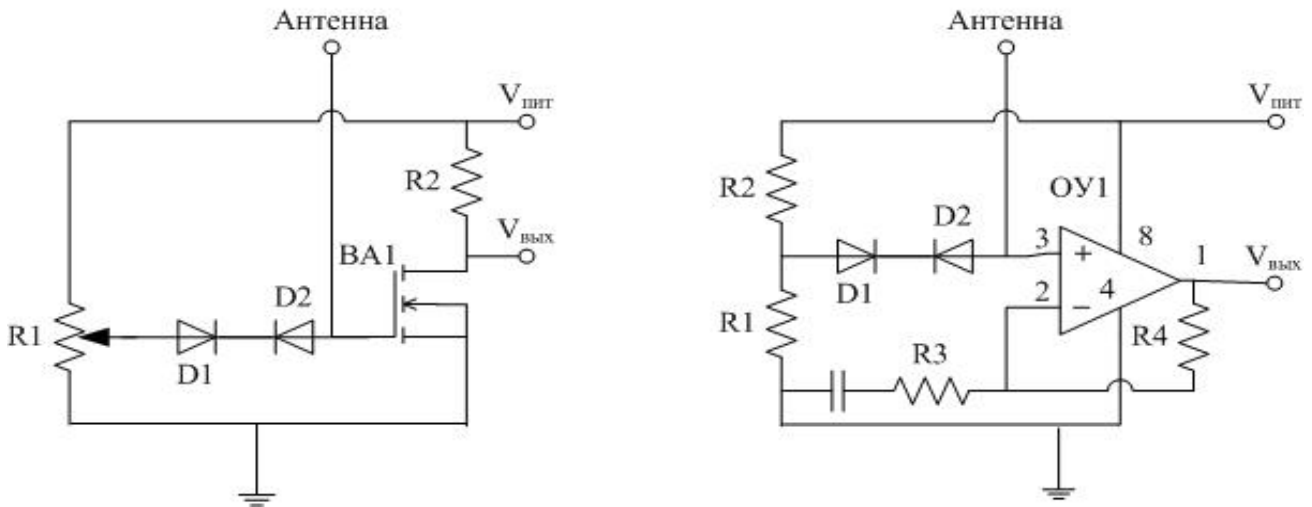


Рис. 7. Емкостные датчики с высокой чувствительностью

но выбирать в зависимости от характера управляющего воздействия и исполнительного устройства.

Еще один из вариантов создания связанной нейронной сети на основе емкостных бесконтактных датчиков. ВЕАМ робот сконструированный на основе такой нейронной связанной сети может ощущать объект и расстояние до него путем изменения емкостных связей. Величины появляющихся при этом разных переходных емкостей определяются такими факторами, как размер

объекта, матери ал изготовления, тип всех других окружающих объектов, состояние среды взаимодействия и т.д. Обычно величина этих емкостей лежит в диапазоне не от пикофарад до нанофарад. При действии ВЕАМ системы, в какой либо физической среде величины этих емкостей изменяются, что дает возможность определить статические объекты и отделить их от движущихся объектов. Так как в среде взаимодействия все объекты связаны друг с другом, какими либо емкостными связями, и если в какой — то момент эти связи зафиксировать,

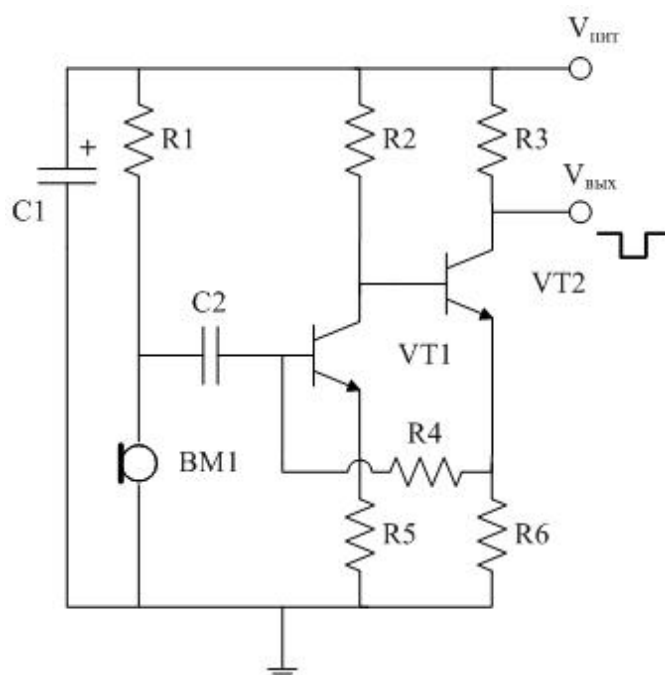


Рис. 8. Простой акустический датчик с отрицательным инверсным выходом

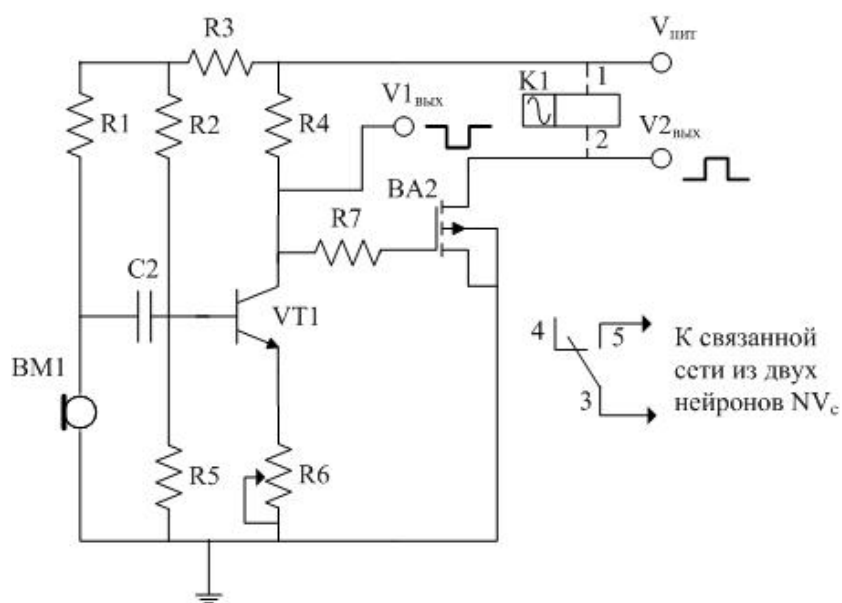


Рис. 9. Модифицированная схема акустического датчика

то появление любого нового объекта в среде взаимодействия приведет к дисбалансу зафиксированных связей.

Рассмотрим два датчика емкостных бесконтактных датчика на рис. 7, при подаче питания на датчик, генерируется электростатическое поле, которое реагирует на изменение емкости при появлении объекта в области действия датчика. Основными недостатками этих датчиков является ее эффективность, которая зависит от диэлектрических свойств объектов и среды взаимо-

действия. Чем выше диэлектрическая проницаемость (например, вода), тем более чувствительный емкостной бесконтактный датчик нужно использовать. Расстояние срабатывания зависит от диэлектрической проницаемости объекта, площади поверхности зонда и среды взаимодействия.

Однако стоит помнить, что емкостные датчики являются очень чувствительными датчиками, поэтому размещение их в BEAM системе, взаимодействие со средой

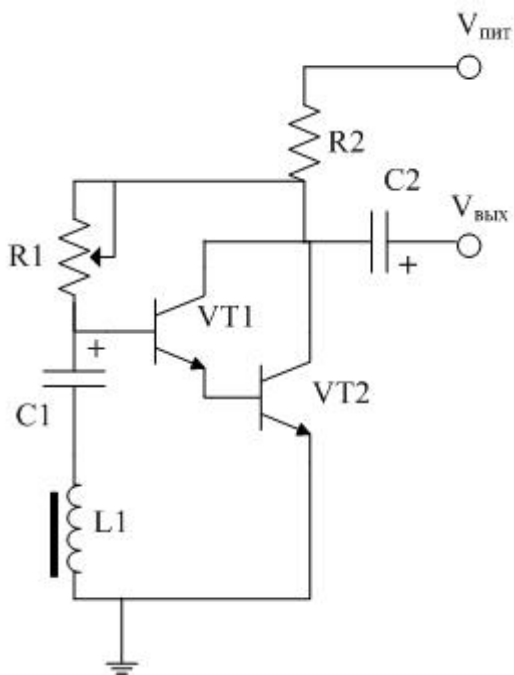


Рис. 10. Индуктивный датчик

функционирования требует практических испытаний и зависит от многих факторов, которые стоит учитывать в процессе эмпирических исследований.

Для создания управляемой связанной нейронной сети можно применить еще ряд датчиков рассматриваемых ниже. На рис. 8 показан акустический датчик. Датчик реализован на транзисторах n-p-n типа. При акустическом воздействии на микрофон управляющий сигнал усиливается транзистором VT1, а с коллектора транзистора VT2 получаем управляющий сигнал кольцевой нейронной сети. Схема имеет дополнительные возможности инверсии и усиления управляющего сигнала.

На рис. 9 показана модифицированная схема акустического датчика с комбинационной возможностью независимого управления двумя тремя связанными

сетями из двух нейронов NvC с различным функционалом.

В рассматриваемой нами схеме есть два выхода, с которых подается сигнал для последующего управления связанными нейронными сетями из двух нейронов NvC. С выхода V1вых снимают отрицательный управляющий сигнал, который появляется при акустическом воздействии на микрофон BM1. С выхода V2вых соответственно положительный инверсный сигнал.

Один из вариантов управления связанными нейронными сетями с помощью составного датчика, использование простого индуктивного датчика показанного на рис. 10. Индуктивный датчик реагирует на магнитное поле при перемещении BEAM системы в среде взаимодействия с различными характеристиками. Когда вблизи обмотки катушки L1 появляется магнитное поле любого характера, то оно «наводится» в катушке и передается на усилительный каскад, реализованный на составном транзисторе. Если в качестве катушки применить магнитную антенну из радиоприемника то можно получить BEAM систему, реагирующую на радиоволны определенной длины. Еще один вариант катушки, «плоская» намотка из магнитной карты доступа.

Чувствительность индуктивного датчика регулируют подстроечным резистором R1 задающим смещение на составном транзисторе. Чем больше сопротивление подстроечного резистора, тем индуктивный датчик.

Все рассмотренные датчики не исчерпывающий список по созданию различных функциональных реакций на среду взаимодействия BEAM систем. В данной статье мы уделили внимание общей классификации сложных датчиков подключенных по аксонному интерфейсу к связанным нейронным сетям, описательные функции процессов довольно сложны, но, тем не менее как мы убедились выше имеют возможность фиксирования протекающих физических процессов с помощью математического аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жолондиевский Э. Р. Поведенчески ориентированные схемы BEAM роботов, введение понятий Nv и Nu нейронов в зависимости от типа входных цепей.// Технические науки от теории к практике — по материалам LVI международной научно практической конференции: научное издание/ Э. Р. Жолондиевский — СибАК.: сб. статей № 3 Новосибирск, 2016. — С. 130–142.
2. Жолондиевский Э. Р. Схемы петлевых сетей из NvC и NvL нейронов введение понятий ведущая и ведомая двудерная схема.//Наука вчера, сегодня, завтра — по материалам XXXVI международной научно практической конференции: научное издание/ Э. Р. Жолондиевский — СибАК.: сб. статей № 7(29) Новосибирск, 2016. — С. 80–87.
3. Жолондиевский Э. Р. Модуль инжектора сигнала в оптически связанных кольцевых сетях из нейронов NvC, дендритный интерфейс первого уровня в МИС.//Технические науки — от теории к практике — по материалам LX международной научно практической конференции: научное издание/ Э. Р. Жолондиевский — СибАК.: сб. статей № 7(55) Новосибирск, 2016. — С. 32–39.

4. Жолондиевский Э. Р. Оптически связанные кольцевые сети из нейронов NvC, введение понятий аксонные и дендритные интерфейсы первого уровня.// Технические науки — от теории к практике — по материалам LX международной научно практической конференции: научное издание/ Э. Р. Жолондиевский — СибАК.: сб. статей № 7(55) Новосибирск, 2016. — С. 104–113.
5. Жолондиевский Э. Р. Поведенчески ориентированные схемы BEAM роботов, общая типология и классификация.//Естественные и математические науки в современном мире — по материалам XLV международной научно практической конференции: научное издание/ Э. Р. Жолондиевский — СибАК.: сб. статей № 8(43) Новосибирск, 2016. — С. 20–29.
6. Жолондиевский Э. Р. Различные связанные кольцевые сети из нейронов NvC, введение понятий нейронных связанных сетей в зависимости от интерфейсных датчиков.//Наука вчера, сегодня, завтра — по материалам XXXVII международной научно практической конференции: научное издание/ Э. Р. Жолондиевский — СибАК.: сб. статей № 8(30) Новосибирск, 2016. — С. 20–27.
7. Кенио Т. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами: научное издание / Т. Кенио; Пер. с англ. А.Ю. Черкашина. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 184 с.
8. Brooks R. A. A robust layered control system for a mobile robot. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://beam-robot.ru/library/publishing/A\\_Robust\\_Layered\\_Control\\_System\\_For\\_A\\_Mobile\\_Robot\\_%28Brooks\\_1985%29.pdf](http://beam-robot.ru/library/publishing/A_Robust_Layered_Control_System_For_A_Mobile_Robot_%28Brooks_1985%29.pdf) (дата обращения: 17.06.16)
9. Tilden M. W. Living Machines. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://beam-robot.ru/library/publishing/Living\\_machines\\_%28Tilden\\_1994%29.pdf](http://beam-robot.ru/library/publishing/Living_machines_%28Tilden_1994%29.pdf) (дата обращения: 21.04.16)

© Жолондиевский Эрнесто Робертович (ambroz220@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ И ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РИСКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРИРОДНООЧАГОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

## SPATIAL ANALYSIS AND INTEGRAL MEDICAL-GEOGRAPHICAL RISK ASSESSMENT IN KAZAKHSTAN REPUBLIC

*E. Koroleva  
S. Rachimbek*

*Summary.* The paper is devoted to the medical-geographical evaluation of the regions of Kazakhstan Republic. The medical-geographical map of the Kazakhstan Republic showing the complex of natural focal diseases has been made. The federal regions with different levels of medical-geographical risk factor had been revealed.

*Key words:* natural focal diseases, medical-geographical risk, mapping.

*Королева Елена Григорьевна*

*К.з.н., доцент*

*Рахимбек Сания Канат кызы*

*Московский государственный университет имени*

*М. В. Ломоносова*

*koroleva@cs.msu.su*

*Аннотация.* Статья посвящена медико-географической оценке регионов Казахстана по комплексу природноочаговых болезней. Авторами выполнено медико-географическое картографирование территории Республики Казахстан по комплексу природноочаговых болезней. Выявлены административные области с разной степенью медико-географического риска.

*Ключевые слова:* природноочаговые болезни, медико-географический риск, картографирование.

### Введение

**И**зучению географии природноочаговых болезней, возбудители и переносчики которых входят в состав природных и природно-антропогенных ландшафтов, закономерностей их распространения, мониторинга и разработки мер контроля и профилактики уделяется в последние годы повышенное внимание. Несмотря на это, многие вопросы пространственно-временной динамики, прогнозирования и методологии комплексной оценки риска распространения болезней с природной очаговостью разработаны пока недостаточно. Поскольку природноочаговые болезни тесно связаны с существующими природными, антропогенными и социально-экономическими особенностями регионов, геопространственный анализ заболеваемости населения и выявление факторов риска на территории Республики Казахстан, где представлены основные природные зоны Северной Евразии, помогут получить новые данные о пространственно-временных закономерностях феномена природной очаговости. Такая оценка весьма актуальна в условиях глобальных изменений, на фоне которых проявляется растущая аридизация климата Казахстана (Эльпинер, Шаповалов, 2009), а также в связи с ростом туристических потоков в национальные парки Казахстана (Дикарева, Королева, в печати). В соответствии со схемой медико-экологического исследования, разработанной на географическом факультете МГУ (Малхазова, 2001; Малхазова, Королева, 2008; Королева, 2016), на первом этапе работы был выполнен сбор

данных по заболеваемости за период 2000–2014 гг., проведена медико-географическая оценка и картографирование территории в ранге административных областей, а также классификация районов по уровню здоровья с целью определения региональных медико-экологических параметров и характеристик.

### Материалы и методы

В основу работы положены многолетние данные по заболеваемости населения актуальными для Республики Казахстан нозоформами: клещевым энцефалитом, бешенством, чумой, Конго-Крымской геморрагической лихорадкой, туляремией, лептоспирозом, бруцеллезом, сибирской язвой и геморрагической лихорадкой с почечным синдромом. Источниками информации служили материалы информационно-статистических сборников Агентства РК по статистике, публикации и картографические источники (Айкимбаев, 2009; Национальный атлас., 2008; Atlas of bacterial., 2010; www.stat.gov.kz, <http://www.npc-ses.kz/ru/sanepidsobesednik.html>, [www.kaznmu.kz](http://www.kaznmu.kz), <http://www.vkgu.kz/ru/nauka/nauchnye-izdaniya-vkgu/regionalnyy-vestnik-vostoka/elektronnaya-versiya-nauchnogo-jurnala.htm>, <http://journal.ksph.kz/>, <http://kscqzd.kz/>). В общей сложности авторами проанализировано более 1000 единиц медико-статистической информации, а также 33 картографических источника.

На предварительной стадии исследований проведена группировка данных по показателям уровня забо-

Таблица 1. Бальная оценка уровня заболеваемости (на 100 тыс. человек) природноочаговыми болезнями

№	Нозоформа	Уровни заболеваемости (баллы значимости)		
		1 (низкий)	2 (средний)	3 (высокий)
1	Бруцеллез	0,1–7,1	7,1–26,6	26,61–42
2	Туляремия	0,02–0,05	0,06–0,09	0,1–0,2
3	Клещевой энцефалит	0,08–0,09	0,1–0,4	0,41–1,1
4	Чума	0,2		0,21–0,3
5	ККГЛ	0,3	0,31–0,5	0,51–0,6
6	ГЛПС	2,9		
7	Бешенство	0,01–0,05	0,06–0,1	0,11–0,23
8	Лептоспироз	0,02		0,03–0,5
9	Сибирская язва	0,1–0,2	0,21–0,5	0,51–0,7

Таблица 2. Сводная таблица уровней заболеваемости природноочаговыми болезнями в Республике Казахстан

Области РК	Уровни заболеваемости (в баллах)									Суммарный показатель (баллы)
	БР*	ТЛМ	КЛЩ	Чума	ККГЛ	ГЛПС	БШН	ЛПТ	СБЯ	
ЗКО	2	1	0	0	0	1	1	0	3	8
Атырауская	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Мангистауская	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4
Актюбинская	1	1	0	0	0	0	1	0	1	4
Костанайская	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
СКО	1	2	1	0	0	0	0	0	0	4
Акмолинская	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Карагандинская	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Жамбылская	3	0	0	0	3	0	1	0	2	9
Кызылординская	2	0	0	1	2	0	2	0	1	8
Алматинская	2	2	2	0	0	0	1	0	1	8
ВКО	2	3	3	0	0	0	0	3	2	13
Павлодарская	1	0	0	0	0	0	0	1	1	3
ЮКО	2	0	0	0	1	0	3	0	1	7

\*Болезни: БР — бруцеллез, ТЛМ — туляремия, КЛЩ — клещевой энцефалит, ККГЛ — Конго-Крымская геморрагическая лихорадка, ГЛПС — геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, БШН — бешенство, ЛПТ — лептоспироз, СБЯ — сибирская язва.

леваемости, соотношению заболевших по возрастным категориям, динамике заболеваемости и пространственной приуроченности природных очагов. Далее выявлялось количество нозоформ для каждого региона Казахстана и рассчитывался индекс интегральной нозогенности территорий (Малхазова, 2001). На заключительном этапе было проведено медико-географическое картографирование, отражающее пространственные закономерности риска заболеваемости по каждой из рассматриваемых болезней и суммарный риск по всем нозоформам, выраженный с помощью бальных оценок.

### Результаты и обсуждение

Разнообразие нозоформ природноочаговых болезней. Из рассмотренных девяти нозоформ на территории Казахстана наибольшее количество (по пять

нозоформ в разных сочетаниях) отмечено в Восточно-Казахстанской области (бруцеллез, клещевой энцефалит, лептоспироз, сибирская язва и туляремия), Алматинской области (бруцеллез, клещевой энцефалит, сибирская язва, туляремия и бешенство), Кызылординской области (бруцеллез, чума, ККГЛ, сибирская язва и бешенство) и Западно-Казахстанской области (бруцеллез, ГЛПС, сибирская язва, туляремия и бешенство). Четыре вида нозоформ зафиксировано в Актюбинской (бруцеллез, сибирская язва, туляремия и бешенство), Южно-Казахстанской (бруцеллез, ККГЛ, сибирская язва и бешенство), Жамбылской (бруцеллез, ККГЛ, сибирская язва и бешенство) и Павлодарской областях (бруцеллез, лептоспироз, туляремия и сибирская язва). Три вида нозоформ сходного набора наблюдается в Северо-Казахстанской и Акмолинской областях (бруцеллез, клещевой энцефалит и туляремия). Для Карагандин-

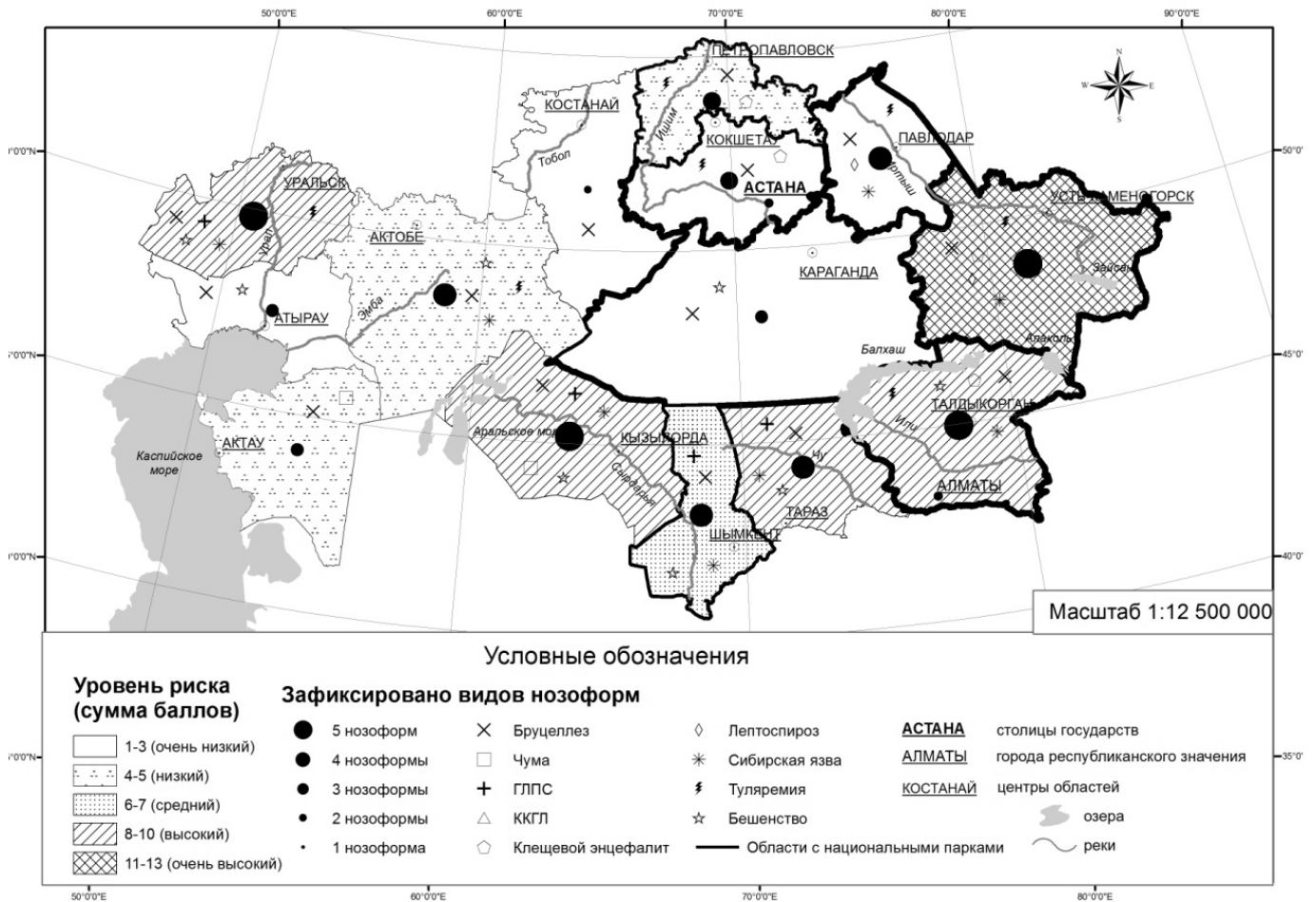


Рис. 1. Суммарный медико-географический риск заболеваемости природноочаговыми болезнями в Республике Казахстан

ской и Атырауской областей характерны бруцеллез и бешенство, для Мангистауской области — бруцеллез и чума. В Костанайской области отмечен только бруцеллез.

Таким образом, можно отметить, что наибольшее разнообразие нозоформ регистрируется в юго-восточных и западных областях страны, в то время как на юго-западе и севере отмечено минимальное количество инфекций. Это может быть обусловлено как природными условиями, так и особенностями ведения сельского хозяйства. Во всех регионах Казахстана регистрируется бруцеллез, достаточно распространенными являются бешенство, сибирская язва и туляремия.

*Интегральная оценка заболеваемости природноочаговыми болезнями на региональном уровне.* Поскольку заболеваемость по каждой нозоформе имеет свои диапазоны значений, трудно сопоставимые друг с другом, для корректного сравнения были использованы оценочные балльные шкалы с тремя градациями: низкая, сред-

няя и высокая заболеваемость, полученные с помощью средств ГИС ArcGIS10.2 for Desktop (табл. 1).

На основе составленной таблицы для каждой административной области Казахстана был определен балл значимости заболеваемости, означающий степень риска заболевания по каждой из нозоформ, а затем, путем суммирования этих баллов, рассчитан интегральный показатель риска заболевания природноочаговыми болезнями (табл. 2).

Значения интегрального (суммарного балльного) показателя риска были разбиты на пять градаций: 1–3 — очень низкий уровень риска, 4–5 — низкий, 6–7 — средний, 8–10 — высокий, 11–13 — очень высокий. По этим значениям построена результирующая картосхема (рис. 1), отражающая суммарный риск заболевания рассматриваемыми болезнями в регионах Казахстана.

*Геопространственный анализ заболеваемости населения природноочаговыми болезнями.* Уровень риска



заболеваемости на территории Казахстана распределен неравномерно. Наиболее высоким уровнем обладает Восточно-Казахстанская область, которая по туляремии, клещевому энцефалиту и лептоспирозу имеет максимальные показатели заболеваемости. Необходимо отметить, что на территории области находится самый крупный по размерам и самый посещаемый Катон-Карагайский национальный парк. Все вышесказанное делает Восточно-Казахстанскую область эпидемиологически наиболее опасной территорией в республике.

В Жамбылской области выявлены максимальные показатели по заболеваемости бруцеллезом и Крым-Конго геморрагической лихорадкой, в Южно-Казахстанской области — по бешенству, Западно-Казахстанской — по сибирской язве и геморрагической лихорадке с почечным синдромом, Мангистауской — по чуме.

Как видно на картосхеме (рис. 1), высокие уровни риска заболеваемости наблюдаются на юго-востоке страны, где вместе с этим зафиксировано максимальное количество нозоформ, а также Западно-Казахстанской области.

Казахстан — страна развитого животноводства. Поэтому не удивительно, что наибольшее количество случаев заболевания населения бруцеллезом отмечается в южных и юго-восточных областях, где хорошо развито овцеводство. В Южном, Западном и Восточном Казахстане имеются обширные массивы пастбищ, используемые во все сезоны.

Таким образом, проведенный анализ показал, что на территории Казахстана четко выделяются южный (Кызылординская, Южно-Казахстанская и Жамбылская области), юго-восточный (Алматинская и Восточно-Казахстанская области), северный (Акмолинская, Северо-Казахстанская области) и западный (Западно-Казахстанская и Актюбинская области) регионы, которые схожи по набору природноочаговых заболеваний. Для южного региона, в целом, характерны бруцеллез, сибирская язва, бешенство, Крым-Конго геморрагическая лихорадка, т.е. заболевания, связанные с сельскохозяйственным освоением территории, главным образом, животноводством. Характерной только для южного региона является Конго-Крымская геморрагическая лихорадка. В северном регионе проявляются туляремия, клещевой энцефалит, бруцеллез, что больше обусловлено природными условиями. Для юго-восточного региона характерными являются туляремия, клещевой энцефалит, бруцеллез и сибирская язва, т.е. набор видов нозоформ, характерных и для южного, и для северного региона, а влияние оказывают и природные условия, и антропогенная деятельность человека. Для западного региона характерны сибирская язва, бруцеллез, туляремия и бе-

шенство, однако на территории Западно-Казахстанской области встречается геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, что обусловлено наличием и функционированием на этой территории природных очагов.

## Заключение

С помощью картографического анализа было показано, что на территории Казахстана выделяется несколько кластеров со схожим набором нозоформ: Южный (Кызылординская, Южно-Казахстанская и Жамбылская области), Юго-восточный (Алматинская и Восточно-Казахстанская области), Северный (Акмолинская, Северо-Казахстанская области) и Западный (Западно-Казахстанская и Актюбинская области). Для Южного региона характерны бруцеллез, сибирская язва, бешенство и Конго-Крымская геморрагическая лихорадка, встречающаяся только здесь. В Северном и Юго-восточном регионах регионах проявляются туляремия, клещевой энцефалит, бруцеллез (в последнем еще регистрируется сибирская язва); для западного региона характерны сибирская язва, бруцеллез, туляремия и бешенство и геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, распространенная только в этом регионе.

Наибольшее количество нозоформ (более 50% от всех зарегистрированных) отмечено в Восточно-Казахстанской, Алматинской Кызылординской и Западно-Казахстанской областях, наименьшее количество — в Костанайской области.

Для территории Казахстана рассчитан интегральный показатель риска заболевания природноочаговыми болезнями: от очень низкого до очень высокого (всего 5 градаций). Самый высокий уровень суммарного риска отмечен в Восточно-Казахстанской области при максимальных показателях заболеваемости туляремией, клещевым энцефалитом и лептоспирозом. В Жамбылской области выявлены максимальные показатели заболеваемости бруцеллезом и Конго-Крымской геморрагической лихорадкой, в Южно-Казахстанской области — бешенством, Западно-Казахстанской области — сибирской язвой и геморрагической лихорадкой с почечным синдромом, в Мангистауской — чумой. Функционирование природных очагов и распространенность природноочаговых заболеваний среди населения обуславливает необходимость продолжения изучения их особенностей и географического распространения, особенно в регионах с высокой плотностью населения и развитием туризма.

Наиболее актуальными для Казахстана являются болезни, связанные с заболеваемостью сельскохозяйственных и домашних животных (сибирская язва, бруцеллез, бешенство.) По распространению и интенсивности проявления выделяется бруцеллез, который

распространен повсеместно и регистрируется во всех областях страны.

Результаты работы имеют методическое и практическое значение для мониторинга и управления состоя-

нием окружающей среды, оценки риска возникновения и профилактики опасных инфекций, эпидемиологического контроля за природными очагами, а также при комплексном медико-экологическом картографировании и прогнозировании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айкимбаев А. М. Основы биологической безопасности. — Алматы, 2009. — 189 с.
2. Дикарева Т. В., Королева Е. Г. Фоновая медико-географическая оценка регионов с высоким потенциалом экологического туризма в Республике Казахстан (в печати)
3. Королева Е. Г. Био-гео-анализ в экологии человека. — LAP Lambert Academic Publishing RU, 2016. — 85 с.
4. Малхазова С. М. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз. М.: Научный мир, 2001. — 240 с.
5. Малхазова С. М., Королева Е. Г. Оценка состояния здоровья населения в районах нефте- и газодобычи (опыт регионального медико-экологического мониторинга // Биогеография в Московском университете, 2008, с. 294–306.
6. Национальный Атлас Республики Казахстан. Т. 3. Окружающая среда и экология. Алматы, 2008.
7. Эльпинер Л. И., Шаповалов А. Е. Аридизация и опустынивание территорий как медико-экологический фактор.// Аридные экосистемы. 2009, т. 15, № 37, стр. 24–30.
8. Atlas of bacterial and virus zoonotic infections distribution in Kazakhstan. — Almaty, 2010. — 122 p
9. Официальный сайт Комитета по статистике Министерства национальной экономики РК [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.stat.gov.kz](http://www.stat.gov.kz)
10. Официальный сайт Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологической экспертизы и мониторинга» комитета по защите прав потребителей Министерства национальной экономики Республики Казахстан [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.npc-ses.kz/ru/sanepidsobesednik.html>
11. Электронная версия научного журнала «Вестник КазНМУ» на базе Казахского национального медицинского университета имени С. Д. Асфендиярова. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.kaznmu.kz](http://www.kaznmu.kz)
12. Электронная версия научного журнала «Региональный Вестник Востока» на базе Восточно-Казахстанского государственного университета имени Сарсена Аманжолова [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vkgu.kz/ru/nauka/nauchnye-izdaniya-vkgu/regionalnyy-vestnik-vostoka/elektronnaya-versiya-nauchnogo-jurnala.htm>
13. Электронная версия Центрально-азиатского научно-практического журнала (Journal of Central Asia) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://journal.kspn.kz/>
14. Электронная версия журнала «Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане» на базе Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций имени Масгута Айкимбаева [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kscqzd.kz/>

© Королева Елена Григорьевна ( [koroleva@cs.msu.su](mailto:koroleva@cs.msu.su) ), Рахимбек Саня Канат кызы  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

## ENVIRONMENTAL AUDIT CONCEPT BASED ON VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

*Ya. Romashevskaya  
I. Stepanovskaya*

*Summary.* Deficiency of effective environmental management system is one of the main reasons of environmental deterioration. Current environmental audit systems are not capable of objective ecological situation analysis and decision making for conservancy of nature and large ecological system management. In this paper offer of using a new approach of environmental audit realization based on virtual reality technologies, synergetics technologies, and fractal simulation. Consideration is given to main definitions of virtual reality technologies and the field of their long-range using in large ecological system management. Synergetics technology and fractal simulation using for realisation expert-analytical system is established.

*Keywords:* environmental audit, large systems, virtual reality technology, synergetics technology, information technology, cognitive system, fractal.

**Ромашевская Яна Андреевна**

*М.н.с., Институт проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН (г. Москва)  
y.a.romashevskaya@gmail.com*

**Степановская Ираида Александровна**

*К.т.н., в.н.с., Институт проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН (г. Москва)  
irstepan3353430@yandex.ru*

*Аннотация.* Ухудшение экологической обстановки в мире во многом обусловлено отсутствием системы эффективного управления в сфере природопользования. Существующая система экологического аудита не позволяет объективно оценивать состояние окружающей среды и принимать решения по рациональному природопользованию и управлению крупномасштабными экологическими системами. В данной статье предлагается использовать новый подход к реализации экологического аудита, основанный на технологии виртуальной реальности, синерготехнологии и фрактальном моделировании. Рассмотрены общие понятия о технологии виртуальной реальности и области перспективного использования в управлении крупномасштабными экологическими системами. Обоснована необходимость применения синерготехнологий и фрактального моделирования при реализации экспертно-аналитической системы экологического аудита.

*Ключевые слова:* экологический аудит, крупномасштабная система, технологии виртуальной реальности, синерготехнология, информационные технологии, когнитивная система, фрактал.

## Введение

**А**нтропогенно-техногенная нагрузка на окружающую среду постоянно растет, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод и деградации экологических систем в целом.

Существующие системы экологического аудита и поддержки принятия решений в сфере управления природоохранной деятельностью не позволяют адекватно обрабатывать и анализировать данные, объективно оценивать текущее состояние окружающей среды и делать долгосрочные прогнозы по изменению экологической ситуации, принимать решения по рациональному природопользованию.

Между тем создание и реализация системы экологического аудита и управления крупномасштабными экосистемами законодательно обусловлены [1–4]. Активное участие в регулировании пользования природными ресурсами и управлении экосистемами принимают территориальные органы МЧС России, государственные

природоохранные организации, осуществляющие квотирование природопользователей и программно-целевое управление природоохранными мероприятиями (Министерство экологии и природопользования, Росприроднадзор, Роспотребнадзор, Росрыболовство и т.д.).

Однако в настоящее время не представлено единой системы по сбору, оперативной и адекватной обработке экологических, метеорологических, геологических и гидрологических данных, ситуационному моделированию, прогнозированию (краткосрочный и долгосрочный периоды) и принятию решений по стабилизации и недопущению ухудшения состояния окружающей природно-антропогенной среды.

Вышесказанное подтверждает актуальность и необходимость создания системы экологического аудита для принятия решений в сфере рационального природопользования и эффективного управления крупномасштабными экосистемами.

Для решения существующей проблемы экологического аудита в данной статье предлагается новый под-

ход к его реализации, базирующийся на применении технологий виртуальной реальности, синерготехнологий и фрактального моделирования.

Проблемы существующих систем риск-контроля экологической ситуации и предложения по их решению

В настоящее время экологический аудит и управление крупномасштабными экологическими системами осуществляется в различных форматах административного контроля и принятия решений по регулированию природопользования на основе регламентов и нормативно-правовых документов (ст. 42 Конституции РФ, Экологическая доктрина РФ, Федеральный Закон ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. и т.д.) [1–4].

Применяемые в настоящее время технологии проведения экологического аудита используют системы электронного документооборота и геоинформационные системы для обработки и первичного анализа данных. Однако степень внедрения IT-технологий настолько незначительна, что учитывая огромные потоки поступающих сведений, невозможно адекватное выполнение основных функций экологического аудита: полный и оперативный анализ геоэкологических данных для принятия решений по рационализации природопользования и эффективного управления крупномасштабными экологическими системами.

Примерами существующих контуров риск-контроля могут служить:

- ◆ Норвежская Информационная система контроля за состоянием окружающей среды;
- ◆ Геологическая служба Канады;
- ◆ Геологическая служба США.

*Норвежская Информационная система контроля за состоянием окружающей среды* (Environmental Surveillance and Information System — ESIS) включает три модуля: система управление загрязнением атмосферного воздуха (AirQUIS), система управление загрязнением водных объектов (WaterQUIS), система управление материальным ущербом (CorrCost) [5].

В модули внедрена система автоматического сбора данных со стационарных станций мониторинга посредством использования телекоммуникационных сетей. AirQUIS и WaterQUIS позволяют проводить мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и воды, прогнозируют их изменения и предупреждают о росте уровня загрязнения в будущем. Здесь учитываются выбросы загрязняющих веществ как от точечных, так и от диффузных источников.

Разработанная система является картографической системой с дружеским интерфейсом, предназначенной для управления качеством атмосферного воздуха и воды в городских и промышленных районах в любом масштабе. Для реализации экологического аудита описанная система предоставляет визуализированные данные измерений, статистические данные и результаты моделирования.

*Геологическая служба Канады*, охватывающая широкий диапазон направлений (геоэкологические, гидрогеологические, лабораторные исследования; мониторинг и прогнозирование природных катастроф; геофизическое изучение глубоких горизонтов земной коры; аэрогеофизические съемки; геологическое картирование мелкого, среднего и крупного масштабов; стандартизация и управление базами данных), осуществляет свою деятельность посредством нескольких научных программ. Для данной работы наиболее интересными являются следующие.

Сервисный проект «Мониторинг природных опасностей» (Canadian Hazard Information Service) предназначен для актуального информирования Правительства и граждан о природных опасностях (оползни, цунами, магнитные бури, вулканические извержения, землетрясения, радиационное заражение). Проект предполагает сбор данных, ведение баз данных, анализ и прогнозирование опасных явлений, составление карт распределения радиоактивных изотопов.

Программа «Окружающая среда и здоровье» (Environment and Health) ориентирована на накопление и использование геологических данных для поддержки принятия управленческих решений в сфере экологии и здоровья населения. Приоритетными задачами являются изучение процессов распространения и аккумуляции химических соединений в воде, почвах, горных породах и биомассе; содействие продвижению этих данных и их учету при принятии решений.

Проект «Оценка ресурсных и экологических рисков» (Legislated Environmental and Resource Assessments) выступает в качестве сервиса для Правительства страны. Согласно канадскому Закону об оценке окружающей среды (Canadian Environmental Assessment Act) и по запросам правительственных органов выполняется геологическая экспертиза проектов гидроэлектростанций, трубопроводов, дорог, рудников, свалок, что делает возможным заблаговременное обнаружение и минимизацию потенциальных неблагоприятных воздействий на объекты окружающей среды.

Результаты реализации приведенных научных программ и экспертиз, являются важным источником ин-

формации для проведения экологического аудита и принятия управленческих решений.

Геологическая служба США реализует научные программы по исследованию изменений окружающей природно-антропогенной среды, анализу геологических рисков (оползней, землетрясений, вулканизма, геомагнетизма); оценке минеральных и энергетических ресурсов; изучению береговой и морской геологии, астрогеологии; геологическому картографированию.

Так программа качества воды (National Water-Quality Assessment Program) предназначена для исследования качества вод и его изменения в региональном разрезе, в зависимости от природных условий и деятельности человека.

Программа гидрологических наблюдений (National Streamflow Information Program) представляет собой мониторинговое исследование состояния поверхностных водных потоков, включающее 7300 стационарных пунктов.

Программа изучения токсических веществ в воде (Toxic Substances Hydrology Program) направлена на сбор данных о загрязнениях окружающей природной среды, использование накопленных данных для защиты здоровья людей и окружающих районов, минимизации загрязнений, недопущения аналогичных загрязнений впоследствии.

Программа изучения подземных вод (Ground-Water Resources Program) нацелена на междисциплинарное исследование и получение объективных научных данных для эффективного обеспечения населения страны ресурсами подземных вод.

Программа развития гидрологии (Hydrologic Research and Development Program) ориентирована на поддержку научных и прикладных исследований в области биологии, геологии, химии и междисциплинарных областях, занимающихся изучением проблем водных ресурсов.

Программа изучения динамики экзогенных явлений (Earth Surface Dynamics Program) предполагает изучение характеристик окружающей среды, моделирование окружающей среды прошлых эпох, гидрологических, биологических, геологических и геохимических процессов, обуславливающих изменения природной среды. Данные исследования проводятся для того, чтобы спрогнозировать возможные влияния на окружающую среду и ее изменения в будущем [6].

Приведенные в качестве примеров информационные системы эффективны для мониторинга состояния

окружающей среды, поскольку активно собирают и визуализируют информацию посредством используемых геоинформационных и картографических технологий, но являются недостаточными для полноценного анализа получаемых сведений (экологического аудита) и управления крупномасштабными экосистемами.

**В данной работе** под управлением крупномасштабными экосистемами понимается аудит проектов размещения новых, реконструкции существующих техногенных объектов и оценка рисков антропогенного воздействия на экосистему с учетом имеющейся техногенной инфраструктуры и соответствующей нагрузки. Каждый новый источник нагрузки рассматривается с позиций уязвимости экологической системы локального уровня и возможности его влияния на экосистему, например, регионального или государственного масштаба.

Таким образом, приходим к выводу: управление крупномасштабными экосистемами должно базироваться на использовании высоких технологий измерений (аппаратура, методы лабораторных исследований, системы непрерывного наблюдения, информационные системы по обработке и анализу поступающих данных и пр.), в сочетании с программным обеспечением визуализации допускающей оперативное ситуационное моделирование, прогнозирование и целеполагание (СМПЦ).

В настоящее время активно развивается цифровая экология (в том числе, информационно-коммуникационные системы электронного экологического аудита), обеспечивающая обработку огромных массивов данных в режиме настройки на разные контенты виртуального диалога с каждым участником экспертной системы (агентом), т.е. поддерживается дискурс на основе интерсубъектного подхода.

Авторами предлагается подход, предполагающих использование технологии виртуальной реальности при реализации экологического аудита, поскольку это даст множество возможностей для детальной проработки имеющихся данных, их анализа и оперативного, эффективного управления крупномасштабными системами.

Общие понятия о технологии виртуальной реальности, области перспективного использования в управлении крупномасштабными экологическими системами

Необходимо объемное и интуитивно понятное представление экологических, гидрогеологических, метеорологических данных, которое позволит междисциплинарной группе специалистов оперативно получить

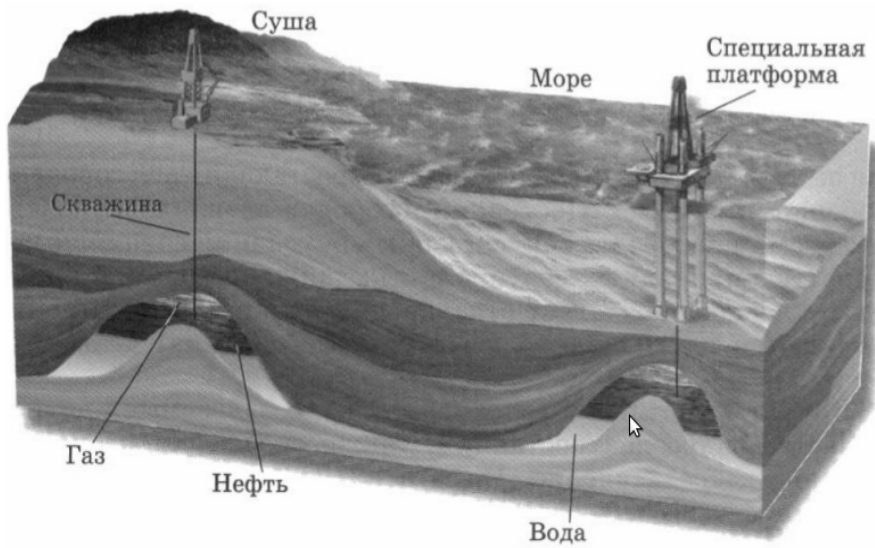


Рис. 1. Обобщенный вертикальный разрез экосистемы

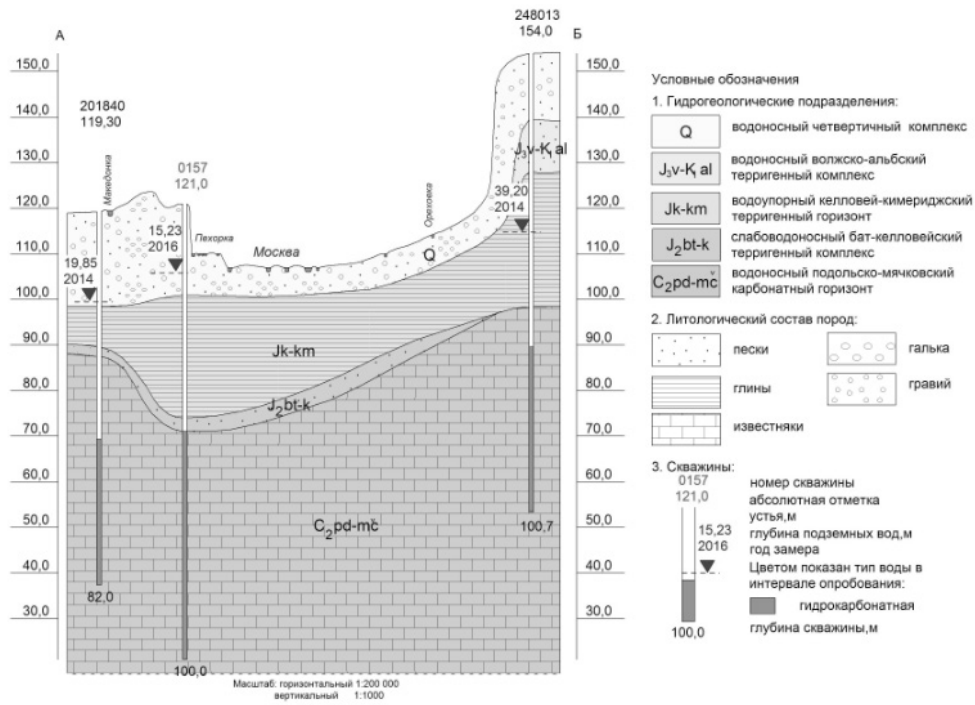


Рис. 2. Геолого-гидрогеологический разрез, проходящий по линии А-В

информацию о экологических рисках, провести анализ и выработать наилучшее решение по управлению природопользованием.

В связи с этим авторы считают перспективным развитие в науке технологий виртуальной реальности, предназначенных для визуализации сложных и разрозненных данных в единую, наглядную модель исследуемого объекта или процесса. *Предлагается* концепция использования виртуальных систем на базе проекционного и компьютерного оборудования со-

вместно с программным обеспечением 3D моделирования геологических данных и геоинформационными системами при проведении электронного экологического аудита.

Аудиторская экспертиза, базирующаяся на построенных в виртуальной среде моделях, позволит комплексно использовать интуицию, профессиональный опыт и зрительную память экспертов при реализации управления крупномасштабными экосистемами. Ее основное преимущество заключается в возможности послойного

виртуального «погружения» в экосистему и изучение ее компонентов «изнутри» более детально (рис. 1, 2).

Например, на рис. 1 приведен обобщенный типовой вертикальный разрез экосистемы, демонстрирующий ее составные части («слои»): воздух, сушу, поверхностные (в данном случае море) и подземные воды, различные типы составляющих геологический разрез пород, месторождения нефти и газа.

Рис. 2 является примером геолого-гидрогеологического разреза, проходящего по линии А-Б через несколько водозаборных скважин и наглядно показывающего развитые на данной территории водоносные и водоупорные горизонты и их мощности. Также такой разрез предоставляет сведения о глубинах залегания кровель горизонтов и статических уровнях, о типе подземных вод в каждой представленной скважине; позволяет сразу дать предварительную оценку степени защищенности того и иного водоносного горизонта от проникновения загрязнений с поверхности.

Для построения наиболее информативных, способных к быстрой динамике виртуальных моделей при реализации электронного экологического аудита и принятии решений по управлению крупномасштабными экосистемами необходимо учитывать совокупное влияние источников антропогенно-техногенной нагрузки на объекты изучения.

#### Синерготехнология электронного экологического аудита и управления крупномасштабными экосистемами

В рамках представленного авторами подхода к реализации экологического аудита на основе технологий виртуальной реальности предлагается применение синерготехнологий, необходимых для оценки комплексного воздействия нескольких негативных факторов на объект изучения.

Для точного понимания и правильного применения синерготехнологии в экологическом аудите и управлением крупномасштабными экосистемами необходимо рассмотреть типовую модель экологической системы.

В вертикальном разрезе можно выделить следующие слои — природные среды (рис. 1.):

- ◆ атмосферный воздух (чаще всего будем рассматривать приземные слои, как оказывающие наиболее сильное влияние на другие части экосистемы);
- ◆ поверхность земли (суша) с учетом характерных для исследуемой местности рельефных особенностей;

- ◆ поверхностные воды: пруды, озера, реки и их бассейны;
- ◆ водоносные и водоупорные горизонты и комплексы, формирующие геолого-гидрогеологический разрез на данной территории;
- ◆ месторождения подземных вод;
- ◆ месторождения нефти и газа.

Каждый слой включает биотический и абиотический компоненты.

Риски антропогенно-техногенного воздействия на эти слои во многом определяются свойствами экосистемы:

- ◆ Трансграничность — следует из онтологической модели природных сред и характерных для них локальных экосистем при отсутствии изоляции между слоями.
- ◆ Однонаправленность результатов воздействия — определяет когерентный и кумулятивный характер регрессивного изменения экосистемы под влиянием циклических факторов негативного воздействия.
- ◆ Поэтапная деградация — фазовые переходы состояний экосистем разных слоев, соответствующие этапам функциональной деградации экосистем.

Выделим следующие этапы функциональной деградации экосистемы:

1. Нарушение на объектном уровне: переход локальной экосистемы в состояние, которое дает начало новым изменениям в ее структуре или функциях (симптомы и признаки).

2. Ограничение жизнеспособности: изменение поведения элементов экосистемы и связей между ними в результате возникновения нарушений, что приводит к ограничению жизнеспособности — снижению способности к самоочищению и восстановлению, нарушение взаимосвязей между локальными экосистемами, снижение функциональных возможностей (уменьшение биоразнообразия и поведенческой активности биоты), расстройство на уровне функциональных процессов.

3. Функциональная недостаточность: поведенческая дезадаптация (потеря способности к самоочищению и восстановлению), определяет самый проблематичный уровень всех последствий деградации экосистем.

4. Сукцессия: смена одного биологического сообщества другим и разрушения абиотической среды на определенном участке среды в результате длительного циклического неконтролируемого негативного антропогенно-техногенного воздействия на компоненты экосистемы.

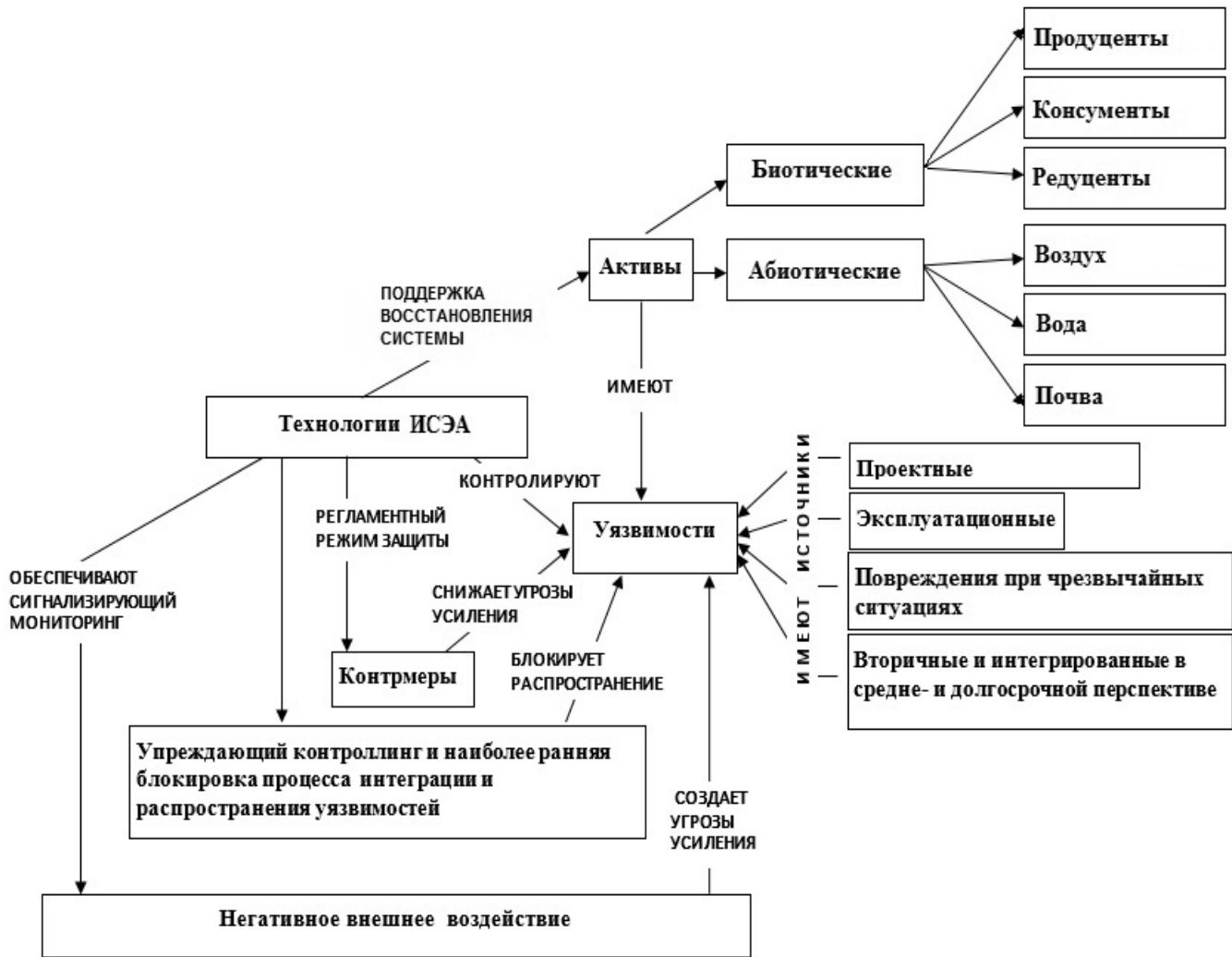


Рис. 3. Онтологическая модель информационной системы экологического аудита (ИСЭА) и поддержки принятия управленческих решений

Модель экосистемы в виртуальной реальности предлагается как модель полной и непротиворечивой когнитивной информационной инфраструктуры данных, необходимой и достаточной для: точной оперативной идентификации текущего этапа функциональной деградации экосистемы; выявления критического фактора воздействия; определения эффективных методов по управлению (прекращению) процессом разрушения экосистемы.

Такая модель должна строиться с учетом возможных диссипативных процессов происходящих в экосистеме (снижение жизнеспособности системы в результате негативного воздействия друг на друга входящих в неё элементов) и синергетического эффекта от факторов негативного воздействия на экосистему извне.

Для идентификации диссипативных процессов, синергетических эффектов, рисков и уязвимостей эко-

системы и их визуализации целесообразно использовать онтологическую модель информационной системы экологического аудита (ИСЭА) и поддержки принятия решений (рис. 3).

Онтологическая модель отражает обобщенную схему информационного пространства, дает представление о распределении функций между разработчиками и системой инструментальной поддержки, служит основой для разработки информационной инфраструктуры экспертной системы и используется для создания сложно-структурированных каталогов объектов, свойств, данных о динамике, рисках и др.

Стабильное устойчивое состояние, функционирование и развитие экосистемы предполагает стабильную динамику восприимчивости к внешним воздействиям и освоения (поглощения) природных ресурсов, присущее всем элементам экосистемы. Риски устойчивому состо-



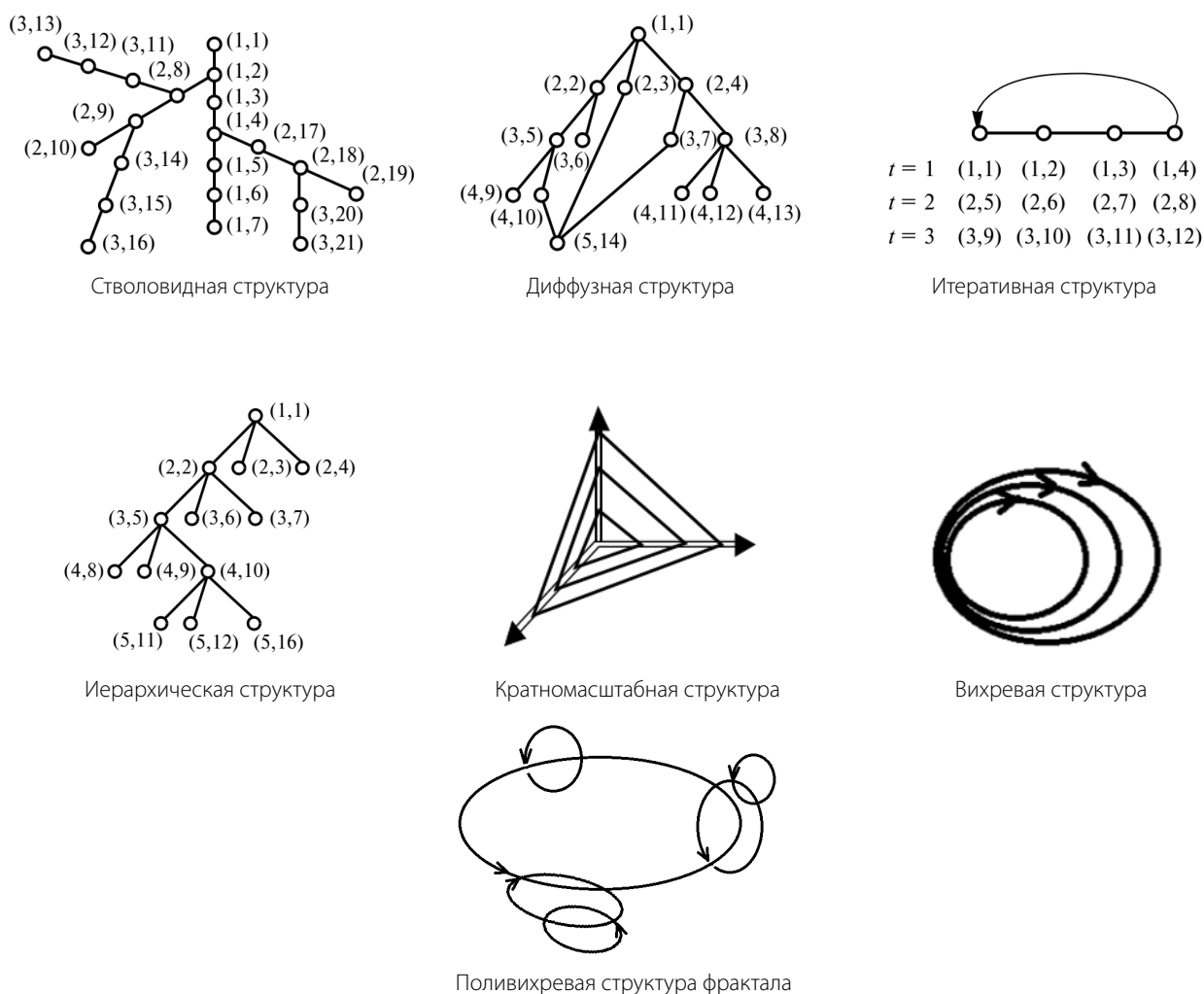


Рис. 4. Типы структур фракталов, применяемые при реализации синерготехнологии экологического аудита

янию оказывают влияние типов блокировки факторов развития и причин появления различных отклонений.

Результат наложения различных факторов внешнего негативного воздействия на экосистему может являться *синергитичным* (механизм одновременного действия однонаправленных процессов, предусматривающий более высокий совокупный эффект, чем действие каждого из процессов в отдельности), *антагонистическим* (механизм одновременного противодействия процессов, обеспечивающий меньший совокупный эффект, чем действие каждого из процессов в отдельности), *аддитивным* (механизм одновременного действия процессов при отсутствии их взаимовлияния: общий эффект эквивалентен сумме действий каждого из процессов в отдельности).

Необходимость использования синергетического подхода обусловлена также нелинейностью и неравно-

вестностью исследуемых крупномасштабных экологических систем, поскольку отклик системы на воздействия различной интенсивности может проявляться в краткосрочной и в долгосрочной перспективе, при этом он не всегда пропорционален силе воздействия. Следовательно, изучение крупномасштабных систем необходимо проводить в динамике.

Синерготехнология экологического аудита — новая технология мультипликативного и резонансного взаимного влияния объектов, процессов и явлений, отображаемого в виртуальной модели экосистемы. В частности, *синергометрия* предполагает цифровое моделирование, позволяющее выявить динамику факторов влияния и определить их тип взаимодействия, диагностировать характер трансграничных процессов.

Для идентификации возможных последствий воздействий (в том числе, профили загрязнений) на экологи-

ческую систему, их причин и источников предлагается фрактальный подход к реализации синерготехнологии экологического аудита.

### Фрактально-ориентированный подход к синерготехнологии экологического аудита

Фрактально-ориентированный подход основывается на разработке интегрированной геоинформационной полимасштабной виртуальной модели экосистемы и на использовании самоподобия объектов контроля и управления с самоподобными множествами контролируемых и защищаемых объектов. Самоподобие принимается как неотъемлемая характеристика предлагаемой модели в связи с тем, что оно является общим свойством для многих неравновесных нелинейных природных систем (бассейны рек, пространственная структура колоний микроорганизмов, разветвляющиеся каналы молниевых разрядов), к которым в полной мере относятся экологические системы.

Фрактальные модели различных структур характеризуют основные свойства нелинейных динамических систем и направлены на идентификацию устойчивых процессов самоорганизации и саморазвития системы (рис. 4) [7].

Так фрактал стволотвидной структуры может быть примером визуализации структуры водного бассейна и распространения рисков проявления синергетических эффектов (продвижение фронта загрязнений, деградация экосистемы) от периферийных его частей к центральному стволу. Ориентированность ветвей фрактала демонстрирует обусловленный эффектом «последствия» рост рисков.

Иерархический фрактал демонстрирует структурную организацию источников антропогенной нагрузки на экосистему и схему распространения рисков по «веерному» типу, когда риск безопасности для элемента-родителя порождает сходный риск для элементов-потомков. Применяется для моделирования и прогнозирования комплексного влияния на объекты окружающей среды.

Фрактал диффузной (ризомной) структуры применяется для моделирования этапов трансформации экосистемы под воздействием факторов негативного влияния и рисков синергетических эффектов. Например, модели изменения токсичности первичных и вторичных поллютантов, фоновых профилей содержания типовых загрязняющих веществ в природных средах и профилей техногенного загрязнения по высоко токсичным поллютантам.

Кратномасштабным, вихревым и поливихревым фракталами, построенными на базе алгоритмов причинно-следственных связей, циклических и линейных контуров обратной связи, могут быть отображены особенности развития и распространения комплексных рисков, например, модели профилей критических развитий крупномасштабной системы (модель определения срочных неотложных задач по управлению природоохранной деятельностью).

Посредством итеративной (циклической) фрактальной модели может быть продемонстрировано поэтапное возрастание масштабов рисков при постоянном (с определенной периодичностью) возникновении рисков событий одинакового типа. Например, модель воздействия антропогенно-техногенных источников нагрузки на экосистему (регулярные выбросы в атмосферу, сбросы в водные объекты, захоронение отходов и пр.) [8, 9].

Предлагаемая синерготехнология экологического аудита и управления крупномасштабными экосистемами, основанная на фрактальных моделях, выполняет такие функции, как:

- ◆ распознавание состояния экосистемы и возможных отклонений ее от норм устойчивого развития на ранних стадиях;
- ◆ идентификация текущего этапа функциональной деградации экосистемы;
- ◆ идентификация и систематизация существующих и потенциальных источников и причин отклонений;
- ◆ построение модели максимально допустимого комплексного влияния факторов негативного воздействия на экологическую систему;
- ◆ определение рисков потери управляемости и полной деградации экологической системы;
- ◆ формулирование основных задач упреждающего характера для минимизации и устранения существующих рисков.

Таким образом, фрактальная модель, обладая свойством опережающего прогнозирования и стратегического развития, предполагает формализацию, визуализацию и «расчет» системной динамики развития системы и позволит определять *значимости и способы их влияния* на прогнозируемый показатель.

В том числе, визуализирует и дает возможность оценить синергетический эффект факторов негативного воздействия как результат комплексного влияния на элементы экосистемы, который может приводить к качественному (эмерджентному) изменению её состояния, выбрав один из возможных вариантов развития под действием тех или иных флуктуаций.

## Заключение

В работе предложен новый механизм осуществления экологического аудита, основанный на нестандартном принципе обработки и визуализации данных (технологии виртуальной реальности, синерготехнологии и фрактальном моделировании).

Предлагаемая модель когнитивной информационной инфраструктуры экоаудита для исследования и контроля экосистем с применением технологий виртуальной реальности характеризуется следующими свойствами:

- ◆ визуализация 2D/3D информации различных форматов, возможность презентаций 3D видеoinформации, 3D фото и CAD проектов;
- ◆ масштабируемость системы визуализации для различных групп специалистов

- ◆ возможность разнообразной аппаратно-технической реализации (персональные очки, компьютер, ситуационный центр, телеприсутствие и ид.)
- ◆ интерактивность управления массивами информации;
- ◆ настройка в соответствии с требованиями пользователя и интеграция комплекса в существующую информационную инфраструктуру, например, объединение с системами прогнозирования и оценки рисков и расчета страховых выплат.

Реализация такого подхода позволит точно оценивать состояние природно-антропогенной среды, идентифицировать риски и источники негативного воздействия, проводить эффективное ситуационное моделирование и прогнозирование и, следовательно, эффективно управлять развитием крупномасштабных экологических системам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конституции Российской Федерации от 12.12.1993.
2. Распоряжение Правительства РФ от 31.08.2002 № 1225-р «Об Экологической доктрине Российской Федерации».
3. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7 «Об охране окружающей среды».
4. Указ Президента РФ от 15.03.2000 г. № 511 «О классификаторе правовых актов».
5. T. Böhler ENSIS — A Modern System for Air and Water Quality Management: [Электронный ресурс]. URL: <http://archive.rec.org/REC/Programs/Telematics/DETERMINE/AirSession/TBohler.html> (Дата обращения: 07.06.2015).
6. Ставский А. П. Альтернативная концепция развития региональных геологических работ в России. Центр «Минерал» ФГУНПП «Аэрогеология», М.: 2008 г. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mineral.ru/Analytics/rutrend/107/151/Alternate\\_RGR\\_Concept\\_Stavsky.pdf](http://www.mineral.ru/Analytics/rutrend/107/151/Alternate_RGR_Concept_Stavsky.pdf). (Дата 25.05.2016 г.).
7. Ромашевская Я. А., Степановская И. А. Стратегическое управление природоохранной деятельностью посредством реализации информационно-коммуникационной системы экологического аудита на основе методов анализа сингулярного спектра и интерсубъектного анализа. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические науки. 2015. № 12. С. 90–98.
8. Степановская И. А. Принципы организации мониторинга интегрированных рисков безопасности территорий. // Датчики и системы. Теория и принципы построения датчиков, приборов и систем. 2013. № 10. С. 2–8.
9. Степановская И. А. Управляющие системы и технологии для кибер-физических систем. Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVII Международной конференции (22–25 июня 2015 г.г. Самара, Россия)/Под ред.: акад. Е. А. Федосова, акад. Н. А. Кузнецова, проф. В. А. Виттих. — Самара: Самарский научный центр РАН. 2015 г. С. 394–401.

© Ромашевская Яна Андреевна ( [y.a.romashevskaya@gmail.com](mailto:y.a.romashevskaya@gmail.com) ), Степановская Ираида Александровна ( [irstepan3353430@yandex.ru](mailto:irstepan3353430@yandex.ru) )

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ КУРСА ЗЕМСНАРЯДА

## AUTOMATIC STABILISATION DREDGER

S. Saburov

*Summary.* The article considers the task of stabilization of the dredge. The algorithm of action of the dredger operator for the stabilization of the dredge, proving the complexity and vysokotarifitsirovannyh this work. Shows a functional diagram of a simple device for automatic stabilization of the location of the dredge, with the aim of increasing performance and security management.

Key words: a dredger, dredger operator, deadlift hoist.

**Сабуров Сергей Валерьевич**

Аспирант, Государственный университет морского  
и речного флота имени адмирала С. О. Макарова  
ssssaaaaabbbbb@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассмотрено решение задачи по стабилизации курса земснаряда. Представлен алгоритм действий багермейстера по стабилизации курса земснаряда, доказывающий сложность и высококвалифицированность данной работы. Показана функциональная схема простейшего устройства автоматической стабилизации местоположения земснаряда, с целью повышения производительности и безопасности управления.

*Ключевые слова:* земснаряд, багермейстер, станковая лебедка.

Эффективность решения проблем, связанных с охраной окружающей среды, например, очисткой заболоченных мест и каналов [1], развитием транспортной системы и инфраструктуры водных территорий, необходимость развития которых закреплены законодательно [2], напрямую связаны с совершенствованием специализированной техники, к числу которой относятся земснаряды.

Одной из ключевых задач функционирования земснаряда является задача его ориентации на водных территориях. Точность позиционирования, которая для земснарядов наивысшая и составляет (0,1...0,2) м для свободных рек и каналов [3], предопределяет временные издержки, энергетические показатели, качество выполненных работ.

Однако одновременно с задачей обеспечения точности позиционирования возникает и задача стабилизации курса земснаряда.

Схема, поясняющая задачу стабилизации курса и её решение, представлена на рисунке 1.

Главное движение земснаряда осуществляется за счёт становой лебёдки, закрепляемой по заданному курсу движения земснаряда в точке, определяемой по навигационной системе. В качестве навигационной системы используется получившая в последние годы бурное развитие система GPS [4].

Однако курс движения земснаряда может быть изменен за счет внешних факторов, например, течения реки или ветра.

Для стабилизации движения земснаряд закрепляется в четырёх точках тросами левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок.

При смещении земснаряда в сторону от заданного курса багермейстер, пользуясь показаниями навигационной системы GPS, включает соответствующую попеленажную лебёдку, тем самым стабилизируя заданный курс.

Алгоритм действий багермейстера по стабилизации курса земснаряда представлен на рисунке 2 в координатах  $X — Y$ .

Пусть заданный курс движения земснаряда определён направлением движения по точкам и координатам  $O(x_0, y_0)$ ,  $A(x_0, y_1)$ ,  $B(x_0, y_3)$ ,  $C(x_0, y_6)$ .

Пусть в результате действия внешних факторов курс земснаряда изменится, и он пройдет путь по прямой с координатами  $O(x_0, y_0)$ ,  $A'(x_2, y_1)$ .

После установления по навигационной системе GPS факта отклонения от курса багермейстер включает левую носовую попеленажную лебёдку с одновременным ослаблением тросов всех остальных попеленажных лебёдок. Однако земснаряд продолжает движение по инерции по прямой с координатами  $A'(x_2, y_1)$ ,  $A''(x_3, y_2)$  и только после натяжения троса левой носовой попеленажной лебёдки изменяет свой курс в направлении прямой с координатами  $A''(x_3, y_2)$ ,  $B(x_0, y_3)$ .

После пересечения точки с координатами  $B(x_0, y_3)$  земснаряд вследствие инерции должен продолжить движение по направлению прямой с координатами  $B(x_0, y_3)$ ,  $B'(-x_2, y_4)$ , однако вследствие действия внешних факторов и инерции земснаряд продолжит своё движение по курсу по прямой с координатами  $B(x_0, y_3)$ ,  $B''(-x_3, y_5)$ .

После установления по навигационной системе GPS нового факта отклонения от курса багермейстер

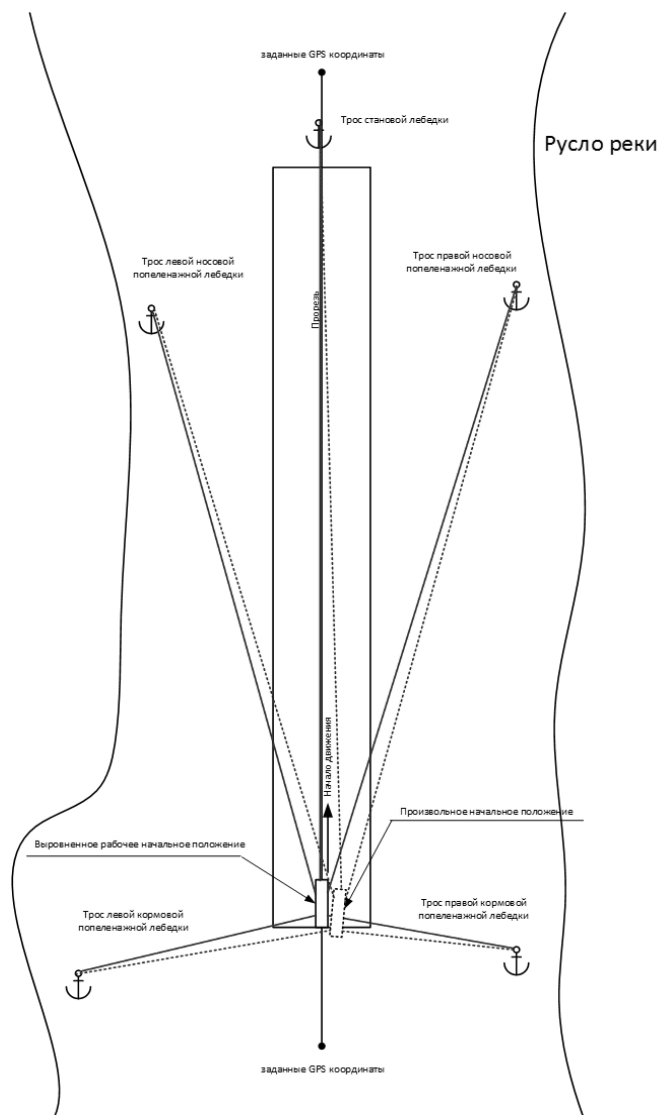


Рис. 1. Схема стабилизации курса земснаряда

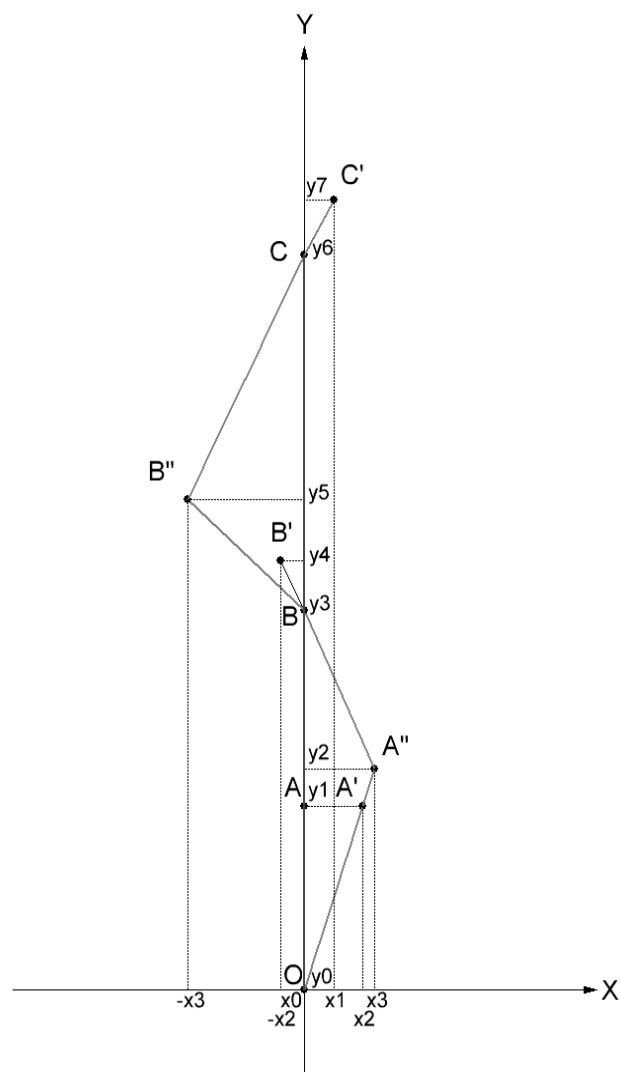


Рис. 2. Алгоритм стабилизации курса земснаряда

включает правую носовую попеленажную лебёдку с одновременным ослаблением тросов всех остальных попеленажных лебёдок, и земснаряд начинает движение по курсу по прямой с координатами  $B'' (-x3, y5)$ ,  $C (x0, y6)$ .

Однако земснаряд продолжает движение по инерции по прямой с координатами  $C (x0, y6)$ ,  $C'' (x1, y7)$ .

И так далее.

Как видно, работа багермейстера — это напряжённый и высококвалифицированный труд, в котором не исключены ошибки действий.

Для облегчения труда багермейстера, а также повышения производительности и безопасности управления

земснарядом целесообразно ввести систему автоматической стабилизации курса.

Очевидно, алгоритм работы автоматической системы стабилизации курса земснаряда определён тем же алгоритмом, представленным на рисунке 2.

На рисунке 3 показана функциональная схема простейшего устройства автоматической стабилизации координат  $X, Y$  местоположения земснаряда.

Устройство содержит:

- ◆ усилители  $U_x, U_y$ ;
- ◆ вычитающие устройства;
- ◆ вычислительное устройство  $BУ$ ;
- ◆ ключи  $K1, K2, K3, K4$ ;
- ◆ источник питания ИП;

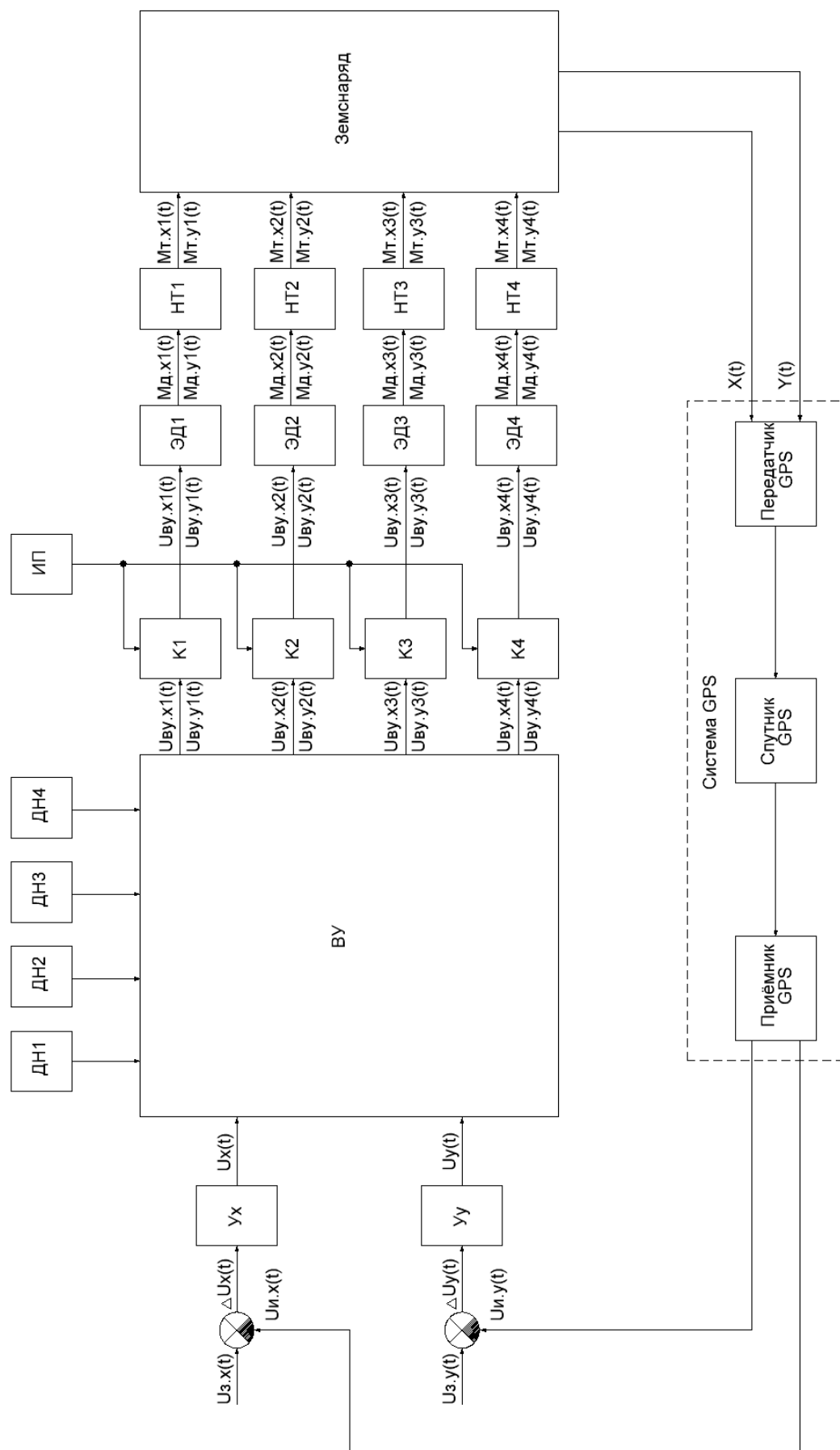


Рис. 3. Функциональная схема устройства автоматической стабилизации координат X, Y местоположения земснаряда

- ♦ электродвигатели ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно;
- ♦ натяжные тросы НТ1, НТ2, НТ3, НТ4 левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно;
- ♦ датчики натяжения ДН1, ДН2, ДН3, ДН4 натяжных тросов левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно;
- ♦ GPS навигатор, содержащий передатчик GPS, спутник GPS и приёмник GPS.

Датчики натяжения ДН1, ДН2, ДН3, ДН4 натяжных тросов предназначены для измерения натяжения тросов (прямым или косвенным способом).

Задающие сигналы по координатам  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда,  $U_{7X}(t)$  и  $U_{7Y}(t)$ , поступают на входы «+» вычитающих устройств на входы «-» которых поступают сигналы, пропорциональные фактическим, т.е. измеренным, координатам  $X(t)$  и  $Y(t)$  земснаряда — сигналы  $U_{8X}(t)$  и  $U_{8Y}(t)$ , соответственно.

На выходе вычитающих устройств образуются разностные сигналы:

$$\Delta U_X(t) = U_{7X}(t) - U_{8X}(t) \quad (1)$$

$$\Delta U_Y(t) = U_{7Y}(t) - U_{8Y}(t) \quad (2)$$

которые следуют на усилители  $U1$  и  $U2$ , где усиливаются с коэффициентами усиления  $K_X$  и  $K_Y$  до значений, достаточных для обеспечения дальнейшей обработки в ВУ.

На выходе усилителей  $U1$  и  $U2$  образуются сигналы:

$$U_X(t) = \Delta U_X(t) \cdot K_X \quad (3)$$

$$U_Y(t) = \Delta U_Y(t) \cdot K_Y \quad (4)$$

которые следуют на входы ВУ.

На выходах ВУ вырабатываются сигналы управления электродвигателями ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 левой носовой, правой носовой, левой кормовой и правой кормовой попеленажных лебёдок, соответственно. Эти сигналы могут принимать три логических состояния: «реверс», «ноль», «прямой ход».

Сигнал «реверс» включает электродвигатели попеленажных лебёдок в работу в направлении выборки тросов при срабатывании датчиков натяжения ДН1, ДН2, ДН3, ДН4 при ослабевании натяжных тросов, т.е. непосредственно не участвуют в работе системы автоматиче-

ского управления натяжения тросов с целью изменения координат  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда.

В работе автоматического управления натяжения тросов с целью изменения координат  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда участвуют только сигналы «ноль» и «прямой ход», которые можно представить как «логический 0» (или «0») и «логическая 1» (или «1»), соответственно.

Таким образом, на выходах ВУ для системы автоматического управления вырабатываются сигналы:

$$U_{ВУ.X(i)}(t) = U_X(t) \cdot K_{ВУ.X(i)} \quad (5)$$

$$U_{ВУ.Y(i)}(t) = U_Y(t) \cdot K_{ВУ.Y(i)} \quad (6)$$

где  $K_{ВУ.X(i)}$ ,  $K_{ВУ.Y(i)}$  — коэффициенты преобразования ВУ, которые вычисляются по измеренным данным  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда и могут принимать состояния «логический 0» или «логическая 1»;  $i = 1, 2, 3, 4$ .

Значения в состоянии «0» или «1» есть величины постоянные.

Сигналы  $U_{ВУ.X(i)}(t)$  и  $U_{ВУ.Y(i)}(t)$  могут принимать состояния «0» или «1», которые воздействуют на ключи  $K1, K2, K3, K4$ , соответственно подключая источник питания ИП к электродвигателям ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 левой, правой носовой и левой, правой кормовой попеленажных лебёдок.

Электродвигатели ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4 развивают моменты натяжения с переходной скоростью:

$$M_{Д.X(i)}(t) = U_{ВУ.X(i)}(t) \cdot K_D(t) \quad (7)$$

$$M_{Д.Y(i)}(t) = U_{ВУ.Y(i)}(t) \cdot K_D(t) \quad (8)$$

где  $K_D(t)$  — коэффициент передачи электродвигателя (принят одинаковым для всех электродвигателей ЭД1, ЭД2, ЭД3, ЭД4), который зависит от времени  $t$ , т.е. является инерционным элементом всей цепи системы автоматического управления.

Моменты натяжения  $M_{Д.X(i)}(t)$  и  $M_{Д.Y(i)}(t)$  электродвигателей воздействуют на натяжные тросы НТ1, НТ2, НТ3, НТ4, на выходе которых устанавливаются моменты:

$$M_{Т.X(i)}(t) = M_{Д.X(i)}(t) \cdot K_T(t) \quad (9)$$

$$M_{Т.Y(i)}(t) = M_{Д.Y(i)}(t) \cdot K_T(t) \quad (10)$$

где  $K_T(t)$  — коэффициент передачи троса (принят одинаковым для всех тросов), который зависит от вре-

мени  $t$ , т.е. также является инерционным элементом всей цепи системы автоматического управления.

Моменты  $M_{TX(t)}(t)$ ,  $M_{TY(t)}(t)$  воздействуют на координаты  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда, которые в виде сигналов электромагнитных волн излучаются передатчиком GPS земснаряда системы GPS навигатора, принимаются спутником GPS, обрабатываются, излучаются в виде электромагнитных волн и принимаются приёмником GPS земснаряда, на выходе которого образуются сигналы  $U_{u.X}(t)$  и  $U_{u.Y}(t)$  фактических координат  $X(t)$  и  $Y(t)$  местоположения земснаряда.

Таким образом, разностные сигналы  $\Delta U_X(t)$ ,  $\Delta U_Y(t)$ , формирующиеся на выходе вычитающих устройств, стремятся стабилизировать курс земснаряда, определяемый сигналами  $U_{z.X}(t)$ ,  $U_{z.Y}(t)$ , согласно схеме стабили-

зации, представленной на рисунке 1, и алгоритму, представленному на рисунке 2.

Представленная на рисунке 3 простейшая функциональная схема устройства автоматической стабилизации координат  $X(t)$ ,  $Y(t)$  местоположения земснаряда в совокупности с формулами (1) — (10) позволяет рассчитать переходные процессы, устойчивость к самовозбуждению системы автоматического регулирования, поскольку она охвачена отрицательной обратной связью, запас устойчивости, а также определить параметры ВУ, требуемые алгоритм управления и структуру регулятора.

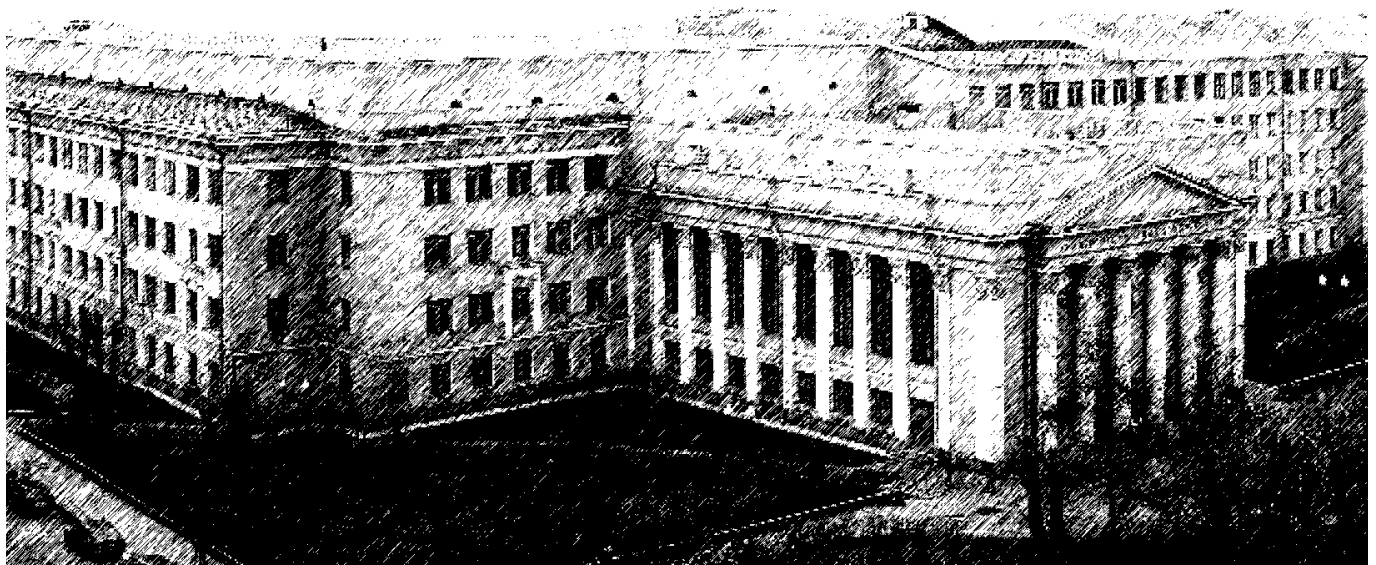
В качестве ВУ и регулятора можно использовать аналоговые приборы, например, операционные усилители, или цифровую технику, например, цифровые автоматы или микроконтроллеры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Watermaster. Информационный бюллетень. 2014. — 7 с.
2. Государственная программы Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013–2030 годы». — 189 с.
3. Соляков О. Спутниковая навигация и управление движением речных судов: концептуальные подходы. — Мир транспорта, 2015, т. 13, № 6, с. 172–179.
4. Карлашук В.И., Карлашук С. В. Спутниковая навигация. Методы и средства. — М.: СОЛОН-Пресс, 2006. — 176 с.

© Сабуров Сергей Валерьевич ( sssssaaaaabbbbbb@mail.ru )

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»





# ОБРАБОТКА И КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА НА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКАХ

## PROCESSING AND COMPUTER ANALYSIS OF NATURAL LANGUAGE TEXTS

**V. Sachkov**  
**E. Gilmudinova**  
**C. Matyas**  
**D. Akimov**

*Summary.* Natural language processing (Natural language Processing, NLP), is an important direction of development of application software, and in the future this demand will only increase.

Word Processing from natural language used to address a vast number of tasks, such as: search, annotation, classification, speech recognition, query analysis. Also used to expand the functionality of the applications, for example to simplify the user data input and text in more convenient forms, using a sequence of key operations to convert the text and extract information from it.

*Keywords:* NLP, NER, POS, SBD, processing, natural language, tokenization, search suggestions borders.

**Сачков Валерий Евгеньевич**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»  
megawatto@mail.ru

**Гильмутдинова Евгения Фаритовна**

Магистрант, ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»  
evgenia-1000@bk.ru

**Матяш Екатерина Дмитриевна**

Магистрант, ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»  
katya\_matyash@mail.ru

**Акимов Дмитрий Александрович**

К.т.н., ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»  
akimovdmritri@gmail.com

*Аннотация.* Обработка естественного языка (Natural language Processing, NLP), представляет собой важное направление разработки прикладного программного обеспечения, и в будущем эта потребность будет только возрастать.

Обработка текстов на естественном языке используется для решения обширного числа задач, таких как: поиск, аннотирование, классификация, распознавание речи, анализ запросов. Также применяется для расширения функциональной возможности приложений, например для упрощения ввода пользователем исходных данных и преобразование текста в более удобные формы, используя при этом последовательность ключевых операций для преобразования текста и извлечения из него информации.

*Ключевые слова:* NLP, NER, POS, SBD, Обработка, естественные языки, токенизация, поиск границ предложения.

## Введение

Обработка естественного языка (Natural language Processing, NLP) — это обширная область ИТ, связанная с использованием компьютеров для анализа естественных языков, к которым относятся такие дисциплины, как распознавание, обработка, реферирование, аннотирование, категоризация и т.д. Существует большое разнообразие задач обработки естественного языка:

1. Поиск фрагментов текста — разделение материала на различные элементы разных типов: слова, предложения, абзацы и т.д.
2. Поиск предложений (Sentence Boundary Disambiguation, SBD) — определение границ предложения.
3. Поиск именованных объектов (Named entity recognition, NER) — механизм поиска адресов, на-

званий, имен, дат, или любых других именованных сущностей.

4. Определение частей речи (Parts of speech, POS) — классификация элементов текста на уровне предложения. Предложение может быть разделено на отдельные слова и словосочетания по таким категориям, как существительные, глаголы, наречия, предлоги и т.д.
5. Классификация текстов и документов — цель данной классификации в присвоении меток фрагментам, найденным в текстах и документах.
6. Выделение взаимоотношений — выявление связей между словами или словосочетаниями, для построения семантического дерева.

Несмотря на большое количество разнообразных задач анализа текста, можно выделить базовый алгоритм,

Таблица 1. Инструменты обработки NLP

API	URL
LingPipe	http://alias-i.com/lingpipe/
Apache OpenNLP	http://opennlp.apache.org/
Stanford Parser	http://nlp.stanford.edu/software
UIMA	http://uima.apache.org/
Mallet	http://mallet.cs.umass.edu/

Таблица 2. Список пробельных символов

Представление в Unicode	Символ	Обозначение	Расшифровка
\t	Табуляция	HT	Horizontal tabulation
\v	Вертикальная табуляция	VT	Vertical tabulation
\r	Возврат каретки	CR	Carriage return
\n	Перевод строки	LF	Line feed
\f	Конец страницы	FF	Form feed
\e	Escape-символ	ESC	Escape character
\b	Забой	BS	Backspace

Листинг 1.

```

private static String getHTML(String urlToRead) {
    URL url;
    HttpURLConnection conn;
    BufferedReader rd;
    String line;
    String response = «»;
    String typeRequest = null;
    List<String> postList;
    String result = null;
    try {
        Integer id = new Integer(urlToRead);
        typeRequest = «&owner_id=»;
    } catch (Exception e) {
        typeRequest = «&domain=»;
    }
    String pattern = «http://api.vk.com/method/wall.get?v=5.37» + typeRequest +
urlToRead + «&filter=owner&count=5»;
    try {
        url = new URL(pattern);
        conn = (HttpURLConnection) url.openConnection();
        conn.setRequestMethod («GET»);
        rd = new BufferedReader(new InputStreamReader(conn.getInputStream()));
        while ((line = rd.readLine()) != null) {
            response += new String(line.getBytes(), «UTF-8»);
        }
        rd.close();
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
    postList = parseJson(response);
    for (String post: postList) {
        result += post;
    }
    return result;
}

```

Листинг 2.

```

private static List<String> parseJson(String json) {
    List<String> stringList = new LinkedList<String>();
    JSONObject obj = new JSONObject(json);
    JSONArray response = obj.getJSONObject(«response»).getJSONArray(«items»);
    System.out.println(«read post from vk.com»);
    for (int i = 0; i < response.length(); i++) {
        JSONObject itemList = response.getJSONObject(i);
        try {
            if (itemList.getString(«text»).length() > 0) {
                String obj2 = itemList.getString(«text»);
                stringList.add(obj2);
            } else {
                JSONArray obj2 = itemList.getJSONArray(«copy_history»);
                for (int j = 0; j < obj2.length(); j++) {
                    JSONObject postText = (JSONObject) obj2.get(j);
                    stringList.add(postText.getString(«text»));
                }
            }
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
    return stringList;
}

```

Листинг 3.

```

public static void main(String[] args) {
    List<String> tokensList = new LinkedList<>();
    WhitespaceTokenizer whitespaceTokenizer = WhitespaceTokenizer.INSTANCE;
    String[] tokens = whitespaceTokenizer.tokenize(getHTML(«8486734»));
    Collections.addAll(tokensList, tokens);
    System.out.println(tokensList);
}

```

применяемый в большинстве методов обработки текста с применением компьютера:

1. Разделение текста на фрагменты
2. Определение границ предложений
3. Выделение отношений между элементами

На данный момент уже существует множество инструментов, библиотек и алгоритмов для обработки и анализа текста, некоторые из них приведены в таблице № 1.

Однако, не смотря на кажущиеся простоту, задачу обработки текста на естественном языке, нельзя назвать простой.

## Разделение текста

Самой первой задачей при обработке текста, является поиск и разделение текста на отдельные, мелкие, удобные для работы фрагменты или *токенизация*. Токенизация — это процесс разделения текста на более мелкие фрагменты, для многих текстов это слова. Разделение чаще всего происходит по специальным *символам-разделителям* (Пример: таблица № 2).

Для примера, попробуем токенизировать текст «постов» из социальной сети «ВКонтакте», с помощью библиотеки «Apache OpenNLP».

Для начала нам нужно написать парсер, который будет считывать текст из постов в социальной сети (ограничимся 5 последними «постами»).

Воспользовавшись их API, напишем следующий код на языке программирования Java.

Данный код будет возвращать текст 5 последних «постов».

Соответственно так как «ВКонтакте» возвращает ответ в виде JSON, нам нужно привести это сообщение в удобный для обработки вид. Для этого напишем следующий код в Листинге 2.

После загрузки и предварительно подготовки текста, воспользуемся стандартным классом `WhitespaceTokenizer` токенизации из библиотеки `OpenNLP`. Это самый простой алгоритм токенизации, который разбивает текст по пробельным символам.

После работы программы, проанализируем результаты:

- =)
- =D
- =P
- То
- чувство
- когда...
- 😊Чат
- боты
- рулят
- 😊Побывал
- сегодня
- на
- докладе
- разработчиков
- Kotlin
- довольно
- интересная
- задумка,
- есть
- перспективы
- возможно
- стоит
- присмотреться
- к
- технологии
- =)
- <https://kotlinlang.org/Я>
- не
- буду
- особенно
- оригинальный
- поэтому
- скромно
- поздравлю
- всех
- девушек
- открыткой)))

Такой метод не очень подходит, для обработки сложного не структурированного текста. В токены попало «шумовые слова», стоп-слова (предлоги, союзы и.т.д.), а так же спец. символы.

Но не всегда процесс токенизации, является легкой задачей, сложностью этого процесса можно выделить несколько факторов:

- ◆ Язык — в каждом языке есть свои грамматические правила. В большинстве языков разделителями слов являются пробельные символы. Однако в китайском языке пробелы не используются, там нужен другой набор разделителей.
- ◆ Формат текста — хорошим примером может послужить формат HTML где текст находится в разметках тегов, которое сильно усложняет задачу выделения текста из тегов.
- ◆ Шумовые слова — люди не роботы и могут совершать ошибки или даже специально писать абсолютно бессмысленные слова или случайные наборы символов, которые были бы крайне не желательны в системе обработки текста, так как не несут никакого логического смысла и создают погрешности и ошибки. Так же в текстах распространены «Стоп-слова» — это наиболее часто встречающиеся слова, которые не несут никакой смысловой нагрузки, например союзы «а», «но» и.т.д.
- ◆ Регистр символов — в некоторых случаях может играть важную роль в определении имен, мест, названий и.т.д.

Результаты токенизации можно использовать для проверки правописания, определения частей речи, стеммизации, но главное назначение это подготовка набора данных для дальнейшей обработки.

### Определение границ предложений

Следующим шагом в обработке текста является определение границ предложений и абзацев (Sentence Boundary Disambiguation, (SBD)).

Процесс поиска границ предложения очень часто зависит от конкретного языка. Общие методы поиска предполагают использование набора правил и обученной модели с помощью одного из методов машинного обучения. Самые простые правила поиска:

- ◆ Предложение завершается точкой, восклицательным или вопросительным знаком
- ◆ Точке не предшествует, какое либо сокращение или цифровой символ

Но при таком подходе возникают трудности, когда в тексте встречаются сокращения, аббревиатура или специальные символы, например многоточие, которые не позволяют однозначно определить, является ли точка окончанием предложения. Также вызывают сложности такие элементы как цитаты, в которые могут, входить множество предложений, разделенных всеми знаками препинания и точками.

Пример сложного предложения:

«Имущему дастся, а у неимущего отнимется», помнишь? Она — неимущий: за что? не знаю; в ней нет, может быть, эгоизма,— я знаю, но у неё отнимется, и всё отнялось. Мне её ужасно жалко иногда; я ужасно желала прежде, чтобы Nicolas женился на ней; но я всегда как бы предчувствовала, что этого не будет. Она пустоцвет, знаешь, как на клубнике? Иногда мне её жалко, а иногда я думаю, что она не чувствует этого, как чувствовали бы мы. (Л. Толстой «Война и мир»)

Более современный подход, ищет границы предложения по нескольким наборам токенов и флагов:

- ◆ Набор завершающих токенов — токены, которые могут завершить предложение, например «.»
- ◆ Набор невозможных предпоследних завершающих токенов — токены, которые не могут находиться перед завершающим токеном
- ◆ Набор невозможных начальных токенов — токены, которые не могут находиться в начале предложения
- ◆ Парность скобок — флаг определяющий, что предложение не может завершиться без закрывающей скобки
- ◆ Принудительная установка границ — флаг показывающий, что данный токен является окончанием предложения, даже если он не входит в набор «завершающих токенов»

Выделение отношений между элементами. Поиск именованных объектов

А теперь используя подготовленные данные, можно, наконец-то сделать что-то полезное, например, найти в тексте именованные сущности (Named entity recognition, NER)

Именованные сущности — это имена существительные, которые обозначают конкретные экземпляры объектов, имена, названия и т.д. Во многих ситуациях, также полезно кроме распознавания имен, мест и названий, узнать дату, денежную единицу, числа указанное в тексте и другие сущности (рис 1).

Идентификация имен людей, названий организаций, мест и других именованных сущностей позволяет уяснить характер сущности и предпринять соответствующие действия. Например, располагая этой информацией, мы можем предложить дополнительные сведения о сущностях, рекомендовать сопутствующие материалы и в конце концов повысить интерес к нашему приложению или сайту. Допустим, человек читает статью на новостном сайте, а сайт ему предлагает ссылки на соот-

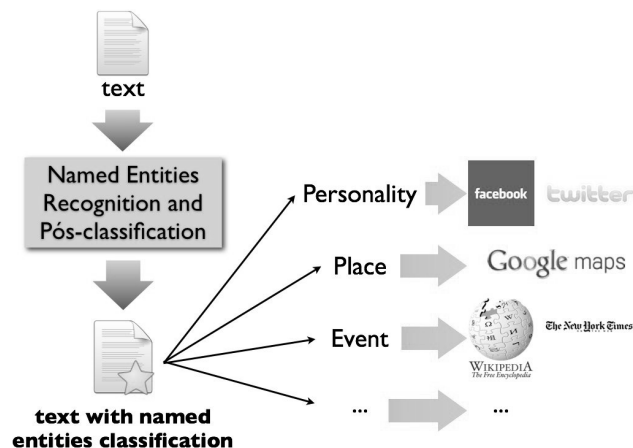


Рис. 1. Именные сущности

ветствующие темы или людей, о которых ведется речь, человек, переходит по ссылке и дальше снова получает тематически ссылки на статью по этой тематике.

Одним из первых решений данного подхода были системы, основанные на большом количестве правил *регулярных выражений* (RegEx), суть ее заключалась в следующем: используя синтаксис регулярных выражений, создавались специальный шаблон, по которому ищутся совпадения в тексте например шаблон для поиска email адреса в тексте:

```
[a-zA-Z1-9\-\.\_]+@[a-z1-9]+(\.[a-z1-9]+){1,}
```

Соответствует любому стандартному email адресу.

```
(http|ftp|https):\/\/\/[\\w\\-_]+(\\. [\\w\\-_]+)+([\\w\\-\\. ,@?^=%& ;:/~\\+#!]* [\\w\\-\\@?^=%& ;/~\\+#!])?
```

Соответствует любому стандартному URI.

```
(\\: [\\w+\\: | | < [\\ / \\ \\ \\ ] ? 3 | [\\ ( \\ ) \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ * \\ \\ $ ] [\\ \\ - \\ \\ ^ ] ? [\\ \\ : \\ \\ ; \\ \\ = ] | [\\ \\ : \\ \\ ; \\ \\ = B8 ] [\\ \\ - \\ \\ ^ ] ? [ 3 D O P p \\ \\ @ \\ \\ $ \\ \\ * \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ ] ) (?= \\ \\ s | [\\ \\ ! \\ \\ . \\ \\ ? ] | $)
```

Соответствует любому стандартному «смайлу».

Используя данный подход, приведем пример поиска именных сущностей, таких как URI адреса и «смайлов» по нашим токенам полученных в предыдущем разделе. Листинг 4.



Таблица 3. Обучающая выборка

Настроение	=)	=(	=\	=D	:(
Позитивное	20	1	4	5	1
Негативное	1	10	4	1	3
Нейтральные	5	2	4	2	2

Листинг 5.

```
private static Map<String, Map<String, Double>> ton() {
    double totalDoc = 12;
    String[] tonClass = {«pos», «neg», «another»};
    Integer[][] train = {{20, 1, 4, 5, 1}, {1, 10, 4, 1, 3}, {5, 2, 4, 2, 2}};
    double posTotal = (7 / totalDoc);
    double negTotal = 3 / totalDoc;
    double anotherTotal = 2 / totalDoc;
    classConst.put(«pos», posTotal);
    classConst.put(«neg», negTotal);
    classConst.put(«another», anotherTotal);
    Map<String, Map<String, Double>> model = new HashMap<>();
    for (int c = 0; c < tonClass.length; c++) {
        Map<String, Double> attr = new HashMap<>();
        for (int a = 0; a < tonAttr.length; a++) {
            double avg = 0;
            for (int i = 0; i < train.length; i++) {
                avg += train[i][a];
            }
            attr.put(tonAttr[a], (train[c][a] / avg));
        }
        model.put(tonClass[c], attr);
    }
    System.out.println(model);
    return model;
}
```

Упрощенная формула для классификации выглядит примерно так:

$$P(\text{Класс A} | \text{Свойство 1, Свойство 2}) = \frac{P(\text{Свойство 1} | \text{Класс A}) * P(\text{Свойство 2} | \text{Класс A}) * P(\text{Класс A})}{P(\text{Свойство 1}) * P(\text{Свойство 2})}$$

В нашем случае мы использовали следующие формулы:

$$1. P(\text{класс}) = \frac{\sum \text{кол-во постов класс}}{\sum \text{общ.кол-во постов}}$$

$$2. P(\text{свойство} | \text{класс}) = \frac{\text{частота вхождения свойства в класс}}{\sum \text{всех вхождений свойства}}$$

$$3. P(\text{класс} | \prod \text{свойств} * P(\text{класс})) = \prod \text{свойств} * P(\text{класс})$$

$$4. \text{Класс} = \text{argmax} P(\text{класс}) * \prod \text{свойств}$$

Листинг 6.

```

private static void classification(Map<String, Map<String, Double>> model,
List<String> tokens) {
String maxClass = null;
double maxVer = 0;
for (Map.Entry classTon: model.entrySet()) {
Double ver = null;
Map<String, Double> cA = (Map<String, Double>) classTon.getValue();
for (String token: tokens) {
if (ver == null) {
ver = cA.get(token);
} else {
if (cA.get(token) != null) {
ver *= cA.get(token);
}
}
}
ver *= classConst.get(classTon.getKey());
if (ver > maxVer) {
maxVer = ver;
maxClass = (String) classTon.getKey();
}
}
System.out.println(«final:» + maxClass + « = « + maxVer + «%»);
}

```

В первую очередь напишем код, который тренирует нашу модель (листинг 5).

Далее напишем алгоритм классификации на базе нашей обученной модели (листинг 6).

По окончании работы алгоритма, из наших обработанных данных, модель классифицировала настроение автора, как «позитивное», что является верным. Из всех классов самая большая вероятность оказалась у класса «pos».

```

final: neg = 0.003698224852071%
final: pos = 0.3451676528599606%
final: another = 0.00616370808678501%

```

Поскольку обучающая выборка довольно маленькая и служит лишь демонстрационным примером. Поэтому она показывает довольно низкий процент принадлежности к классу. Но даже этого вполне достаточно для решения простых задач, по определению тональности текста.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грант С. Ингерсолл, Томас С. Мортон, Эндрю Л. Фэррис. Обработка неструктурированных текстов. Поиск, организация и манипулирование. / Пер. с англ. Слинкин А. А. — М.: ДМК Пресс, 2015. — 414 с.
2. Риз Р. Обработка естественного языка на Java / пер. с англ. Снастина А. В. — М.: — ДМК Пресс, 2016. — 264 с.
3. Луис Педро Коэльо, Вилли Ричард. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2-е издание /пер. с англ. Слинкин А. А. — М.: ДМК Пресс, 2016. — 302 с.
4. Представление символов в регулярных выражениях [Электронный ресурс] — [https://ru.wikipedia.org/wiki/Представление\\_символов\\_в\\_регулярных\\_выражениях](https://ru.wikipedia.org/wiki/Представление_символов_в_регулярных_выражениях) — статья в интернете.
5. Поиск именованных объектов [Электронный ресурс] — [https://en.wikipedia.org/wiki/Named-entity\\_recognition](https://en.wikipedia.org/wiki/Named-entity_recognition) — статья в интернете.
6. Алгоритмы интеллектуального анализа данных [Электронный ресурс] — <https://tproger.ru/translations/top-10-data-mining-algorithms> — статья в интернете.

© Сачков Валерий Евгеньевич ( megawatto@mail.ru ), Гильмутдинова Евгения Фаритовна ( evgenua-1000@bk.ru ),  
Матяш Екатерина Дмитриевна ( katty\_matyash@mail.ru ), Акимов Дмитрий Александрович ( akimovdmritri@gmail.com )

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ТЕГИРОВАНИЕ КОНТЕНТА КАК ОСНОВА БАЗЫ ДАННЫХ СТРИМИНГОВОГО СЕРВИСА

## CONTENT TAGGING IN DATA BASE OF STREAMING SERVICE

**A. Yakovlev**

*Summary.* The paper reviews some aspects of the data base forming for streaming audio services. The streaming service data base is based on a tagging complex with the system of tags grouped in several levels of personalization.

*Keywords:* Streaming services, tagging for data base.

**Яковлев Антон Дмитриевич**

Генеральный директор, ООО «Griffon-records»  
misterantonio@yandex.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются особенности формирования базы данных стримингового сервиса на основе комплексного тегирования музыкального контента. База данных стримингового сервиса построена на комплексе тегирования, базирующимся на системе тегов, распределенных по нескольким уровням персонализации.

*Ключевые слова:* классификация, стриминговые сервисы, тегирование как основа базы данных.

Любая радиостанция стремится выстраивать формат своего вещания на основе музыкальных предпочтений определенной категории слушателей, так называемой *целевой аудитории* или *фокус-группы*, осуществляя отбор соответствующей музыки. На сегодняшний день современное FM-радиовещание достигло максимальных возможностей в части охвата слушательской аудитории и технических возможностей. При этом вне радиоэфира остаются направления музыки, неспособные стать основой радиовещания новых FM-радиостанции. Как правило, такие направления имеют недостаточное количество слушателей, для того, чтобы станция смогла эффективно монетизировать внимание соответствующей аудитории.

Вследствие этого обстоятельства, технологически продвинутые пользователи предпочитают *стриминговые сервисы*, такие как *Pandora, Spotify, Deezer* [1], [2], [3]; и другие; с одной стороны, имея возможность слушать только любимую музыку без оглядки на обязательные эфирные компромиссы, а с другой — получая регулярные обновления композиций, что делает услуги подобных сервисов разнообразными и комфортными для восприятия. Таким образом, в стриминговых сервисах центр форматного внимания сместился с интересов целевой группы слушателей на одного человека с его личными музыкальными предпочтениями. В этом случае единственный слушатель становится целевой аудиторией. В результате на смену десятков различных общепризнанных форматов приходит миллион неповторимых, уникальных форматов.

В основе базы данных любого стримингового сервиса находится *тегирование* — описание объекта (музыкальной композиции) с помощью ряда значений (*дескрипторов*), раскрывающих общие и индивидуальные характе-

ристики этого объекта. Тегирование должно учитывать разнообразную природу музыкальных композиций, специфику восприятия их человеком. Решение подобных масштабных задач всегда оказывается наукоемким, в частности, в тегировании для стримингового сервиса необходимы знания и практический опыт в психологии, лингвистическом анализе, информатике, музыкальном анализе.

### 1. Система тегирования музыкальных композиций

Автором разработана (реализована) система тегирования на основе комплексного подхода к анализируемому материалу. Приведем тезаурус основных определений, используемых в рассматриваемой системе.

*Значение* (дескриптор) — единица тегирования, раскрывающая один из элементов содержания композиции. Последняя версия комплекса предоставляет 636 различных дескрипторов.

*Атрибут* — набор дескрипторов, объединенных в группу и описывающих одно из содержаний композиции. Один атрибут в базе данных сервиса тегирования содержит от 5 до 67 значений в зависимости от направленности музыки.

*Блок* — несколько атрибутов, описывающих результаты одного из методов анализа композиции. База данных сервиса тегирования содержит 3 блока: информационный, психологический и музыкальный. Каждый из этих блоков описывает самостоятельную область композиции.

*Паспорт композиции* — совокупность всех блоков, относящихся к одной композиции. Паспорт композиции

есть законченное описание индивидуально-выразительных средств композиции.

*Шаблон исполнителя* — совокупность паспортов композиций одного исполнителя, раскрывающая типичные и доминирующие дескрипторы его творчества.

*Жанровый шаблон* — совокупность шаблонов всех исполнителей, определяющая типичные и доминирующие характеристики всех исполнителей, относящихся к данному жанру.

*Вокальный шаблон* — часть шаблона исполнителя, раскрывающая дескрипторы вокального своеобразия исполнителя.

Дескрипторы разделены на 3 уровня персонализации:

Общий уровень = {качество звучания; темп; аранжировка; танцевальность; жанр}.

Детализирующий уровень = {национальный колорит; вокал; размер; использование по местоположению; плотность фактуры}.

Уточняющий уровень = {инструментальные партии; фактура; соло; диапазон}.

## 2. Блоки анализа

Ниже даны характеристики каждого из блоков анализа, применяемых в рассматриваемой системе тегирования.

### 2.1. Блок информационного анализа

Дескрипторы информационного блока, несомненно, несут важное значение, но не имеют принципиального значения в персонализации потока. Этот блок активно используется в традиционном радиовещании, но утрачивает доминирующее значение в стриминговых сервисах. Если название трека или группы для эфирной жизни не играет определяющей роли, то в стриминге — это возможность предложить пользователю, в случае его интереса, иные композиции данного коллектива или исполнителя.

В данный блок входят следующие дескрипторы: *название трека, группа/исполнитель, издатель, правообладатель, год издания, название альбома, аватар, текст композиции, разметка трека, оригинальность, жанр, контекст, похожие, тема.*

#### Метки

Расстановка меток корректирует время начала и конца воспроизведения трека, способствует плавности пе-

реходов между композициями в стриминговом потоке, отмечает временные границы звучания солиста, устанавливает точки входа и выхода, необходимые для автоматизации запуска рекламных аудиороликов, спотов, джинглов.

#### Контекст

Предполагает тематическую предрасположенность композиции к воспроизведению в определенном контексте: время (например, в канун Нового года) или локация (например, зал ожидания аэропорта или свадебный салон). Атрибут представлен в базе данных 44 активными значениями.

#### Тема/тематика

Для данного атрибута автор использовал определения, ориентируясь исключительно на собственные представления, которые корректировались в процессе увеличения объемов практического тегирования. По этой причине можно встретить такие определения как: *Любовь плюс, Любовь Минус, Просто любовь, За жизнь, Бунтарь, Документальный* и т.д.

Практическое тегирование не только сформировало устойчивую систему названий, поддержанную редакторами, но и обусловило трехуровневую систему тегирования поэтического образа:

1. Композиции по Содержанию рассматриваются на основе использования поэтических приемов аллегорий и метафор; для этих целей в медиабазе используется одно из 6 значений.
2. Атрибут **Тематика** компонуется в базе данных из 37 основных тем;
3. Каждая тема, в свою очередь, разделяется на подтемы, предоставляя в базу данных от 2 до 27 значений.

Подобная иерархия позволяет относить композиции как к широким тематическим группам, так и персонализировать их до узкотематических групп по интересам. Достаточно часто возникают сложности со строгой принадлежностью композиции к одной тематике, поэтому, в целях повышения объективности тегирования, уменьшения значения контекста и субъективности восприятия в работе редакторов при определении содержания и оценке тематики композиции, автором было введено понятие **тематического приоритета**, позволяющего редактору отмечать до трех тем одновременно в одной композиции с выставлением приоритетного значения между ними. Работа с разными музыкальными жанрами показывает доминирование в каждом из них определенного набора **атрибутов тем** и **значений тем**.

## Время создания композиции (год издания)

Значения дескриптора выстроены по уменьшению временного периода, т.е. чем ближе к сегодняшнему дню, тем меньше временной шаг: *16–19 века; 1930–90 года; 2000–2016 года*.

**Ненормативная лексика** подразделяется на *Присутствие неформатной лексики; Присутствие неологизмов; Черный юмор*.

**Дополнительная информация** необходима для внесения пояснения редактором по имеющейся у него информации по треку.

**Ошибки в базе** представляют собой своего рода блокнот, позволяющий редактору, не отвлекаясь от поставленных главным редактором задач, сохранять проблемы, определяемые при прослушивании трека, например брак в звучании щелчки, провалы, необходимость замены трека и т.д.

## 2.2. Блок психологического анализа

Психологический анализ в основе тегирования не предоставляет столь развернутого инструментария для объективных оценок, как анализ музыкальный. Опираясь на понятия психических процессов восприятия, ментальных репрезентаций музыки, трудно получить объективные данные, способные релевантно группировать композиции по отобраным психологическим значениям. Сознательно отложив вопрос восприятия, формирования психологически схожих групп на следующий этап развития психологического тегирования, автор ограничился внесением в базу данных максимально удовлетворяющих требованиям объективности назначения тегов. К первоочередному ряду таких значений автор относит психологические явления, связанные с активностью и настроением.

## 2.3. Блок музыкального анализа

Ниже автор приводит характеристики некоторых основных дескрипторов блока музыкального анализа. Некоторые дескрипторы были намеренно вынесены за рамки данной статьи.

**Жанр.** Этот дескриптор является совокупностью всех музыкально-выразительных средств, используемых в комплексе тегирования, и представляет собой одну из точек входа для слушателя в стриминговый сервис. С учетом того, что подавляющее большинство слушателей предпочитает несколько жанров, только глубина тегирования предоставляет возможность стримингово-

му сервису найти точный путь к сочетанию музыкально-психологических средств, позволяющих формировать релевантное предложение пользователю.

Любой жанр при ближайшем рассмотрении не однороден, внутри него есть более или менее радикальные направления, отличающие конкретное произведение от основного жанра своим, хоть и родственным, набором выразительных средств. Задача жанровых дескрипторов в конечном итоге максимально точно определять этот комплекс выразительных средств, переведенных в наш случай в комбинации дескрипторов. Поэтому жанровое строение базы данных предполагает наличие *основного жанра* композиции и *поджанров*, детализирующих основной жанр.

Например, основной жанр *Рок*, детализируется следующим набором поджанров: *Русский рок, Рокопопс, Тяжелый рок, Джаз-рок, Альтернативный рок, Панк-рок, Фолк-рок, Глэм-рок, Софт-рок, Электро-рок, Дрим-рок, Инди-рок, Психоделический рок, Британский рок, Эстрадный рок, Гранж, Блюз-рок, Готик рок и т.д.*

Помимо общеупотребительных жанровых терминов в медиа базе появляются и новые, редко используемые (например, *блатная электронная, рэп-подземка* и т.д.), но дающие четкое понимание причинно-следственных связей.

Дескриптор **Вокал** состоит из полей *Пол; Диапазон/Ансамбль; Тембр* (определяет основные категории постановки голоса и манер звукоизвлечения); *Владение голосом* (ранжирует исполнительское мастерство с технической точки зрения от самодеятельности до свободного владения); *Вибрация* (характеризует наличие/отсутствие вибрато в голосе и его характеристику); *Вокальная подача* (определяет вокальную активность конкретного произведения, в случае доминирующей подачи отмечает именно его); *Голосовые особенности* (голосовую специфика маркирующая грассирование, придыхание, пение в нос, хрипотцу и т.д. Всего в общей сложности включает в себя 43 значения, что в совокупности с выше изложенными предоставляет отличный редакторский инструмент для детального описания одного из важнейших выразительных элементов песенного жанра — вокала).

Инструментальное **соло** относится к выразительным элементам первого уровня. В песенном творчестве, как правило, солирующий инструмент появляется в качестве замены вокальной партии.

Включает в себя следующие поля: *гитарный блок акустический, гитарный блок электронный, сольные инструменты симфонического оркестра; группы сим-*

фонического оркестра; вокал; народные инструменты; синтезированные инструменты.

**Качество звучания** подразделяется по следующим характеристикам:

1. Обобщенный тембр композиции = {Живой звук | Акустические инструменты | Электронный}.
2. Эпоха = {Старое | Современное}.
3. Фактурная насыщенность = {Прозрачная | Фоновая | Плотная | Разнородная}.

### 3. Автоматизация тегирования

Результаты исследований автора в области тегирования в настоящее время позволяют говорить о возможности применения автоматизации тегирования в следующих характеристиках: *темп; качество звучания; разметка трека; фактура*.

#### Автоматизация определения темпа композиции.

Темп является одним из основных компонентов восприятия музыки. Темп делегирует в базу данных 6 темповых значений: *Очень медленный/Медленный/Средне-медленный/ Средний/Средне-быстрый/Быстрый*. В некоторых случаях именно темп может выступать в качестве доминирующего дескриптора в формировании персонального потока. В частности, в плейлистах с условно спокойной музыкой он является доминирующим тогда, когда тематика или национальный колорит могут отсутствовать вообще. В электронной музыке темповый коридор вообще является обязательным условием принадлежности трека к одному из поджанров.

При всей условности и субъективности определения темпа, это один из атрибутов тегирования, сравнительно легко поддающийся автоматизированному анализу. Задача автоматизации значения темпа в танцевальной музыке не представляется проблемной: существует достаточно много сервисов, обеспечивающих довольно точные результаты. Сложности начинаются в музыке, отличной от клубно-танцевальных жанров, например, в романсах или иных «свободных» темпах. Ключевым вопросом решения автоматизации темпа является задача метроритма и внутреннего движения. Автоматизация темпа позволит точно выставить индивидуальную темповую партитуру для любого пользователя.

Дескриптор **качество звучания** позволяет установить принадлежность музыкальной композиции к тому или иному периоду (*старое | музыка 60–70х | музыка 80х | музыка 90х и современная музыка*).

Автоматизация достигается за счет использования инструментария технических средств, таких как спектральный анализ и временной анализ. Известная тенденция продюсеров увеличить громкость произведения позволяет сравнительно легко отделить музыку послевоенных лет от современной клубной музыки. Для увеличения точности делимости используется спектральный анализ, в частности параметр **крутизна спектра**.

Таким образом, вывод данного инструмента можно представить множеством точек на плоскости. При этом каждому периоду будет соответствовать своя область рассматриваемой плоскости. За классификацию отвечает нейронная сеть, прошедшая обучения на выборке из 500 музыкальных композиций различных жанров и относящихся к различным периодам.

### 4. Система пользовательских действий

Музыка в радиопотоке существует по вполне определенным статистическим законам: некоторые композиции являются ночными, некоторые — преимущественно дневными; некоторые треки реципиенты предпочитают слушать в течение рабочей недели, другие, наоборот, по выходным. В стриминговом сервисе, в отличие от радионного, возникает интерактивная возможность воздействия на музыкальный контент. Поэтому первоначально заложенный статус композиций в результате пользовательского выбора трансформируется в персональный выбор отдельного слушателя. Именно поэтому пользовательское действие является важным инструментом подстройки потока, а мотивация пользователя к совершению пользовательского действия является важной задачей в решении персонализации потока.

Осуществление пользовательского действия переводит композицию с общего статуса в персонализированные. К основным пользовательским действиям отнесены установка «лайка», установка «дизлайка», «перемотка» (переход к следующей композиции в потоке).

Пользовательское действие является довольно специфической характеристикой. Оно сильно зависит от конкретного пользователя. Реципиент А осуществляет перемотку по причине нежелания слушать трек в данную минуту времени, в то время как для реципиента Б это действие равносильно дизлайку.

### Заключение

Данная работа является результатом практической деятельности автора, как профессионального композитора, много лет руководившего различными популярными музыкальными радиостанциями и практического

тегирования более полутора десятка тысяч разножанровых композиций. Задача данной системы — не подбор любимых песен, а формирование набора музыкальных рекомендаций на основании предпочтений пользователя. При понимании системой того, какие признаки доминируют при выборе слушателем тех или иных композиций, рекомендательная система предлагает слушателю новые, с высокой вероятностью того, что данные композиции будут приняты пользователем благосклонно.

Проблема рассматриваемых сервисов заключается в том, что пользователю невозможно предложить заведомо релевантную выдачу, то есть, проблема так называемых холодных стартов является общей для всех рекомендательных систем. С момента обращения к рекомендательной системе до получения необходимого пользователю результата должно пройти несколько действий пользователя. На каждом из них задействованы определенные дескрипторы, расположенные от общего к частному они, и представляют собой алгоритм персонализации.

---

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Corinne Loiacono. Internet Radio: An Analysis of Pandora and Spotify. Senior Capstone Project, Spring 2014. [http://digitalcommons.bryant.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1013&context=honors\\_mathematics](http://digitalcommons.bryant.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1013&context=honors_mathematics) (Дата обращения 20.11.2016)
2. Официальный сайт сервиса Pandora <http://www.pandora.com/about> (Дата обращения 20.11.2016)
3. Официальный сайт сервиса Spotify <http://www.spotify.com> (Дата обращения 20.11.2016)

---

© Яковлев Антон Дмитриевич ( [misterantonio@yandex.ru](mailto:misterantonio@yandex.ru) )

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ПЛОСКОСТОПИЯ ПРИ МАССОВЫХ ОСМОТРАХ

### ON EFFICIENCY OF EXPRESS-DIAGNOSTICS OF FLAFOOT IN MASS

*M. Vinderlih*

*Summary.* The incidence of platypodia in adolescents amounts to 17–81%, according to the reported data. If platypodia is suspected in the absence of complaints during foot examination, additional methods of study should be indicated. Visual estimation has high percentage of errors and can lead to the failure of the pathology diagnosis.

*Keywords:* platypodia, visual estimation, estimation criteria, diagnosis errors

**Виндерлих Марина Евгеньевна**

Аспирант, ГБОУ ВО «Ижевская Государственная  
Медицинская Академия»  
utx@mail.ru

*Аннотация.* Плоскостопие выявляется у подростков, по данным разных авторов, с частотой от 17 до 81%. Показанием для назначения дополнительных методов исследования, при отсутствии жалоб, является подозрение на наличие плоскостопия, которое возникает во время осмотра стоп. Визуальная оценка имеет высокий процент ошибок, приводя к случаям не выявления патологии.

*Ключевые слова:* плоскостопие, визуальная оценка, критерии оценки, ошибки диагностики.

**В** настоящее время в обществе отмечается рост числа заболеваний костно-мышечной системы и суставов, в частности деформаций стопы, которые занимают 3 место в структуре общей заболеваемости в РФ в 2013 г.[3,4,14]. Плоскостопие, поражающее главным образом лиц молодого возраста, составляет от 31% до 81,5% деформаций стоп и 26,4% всей ортопедической патологии. Физиологическое плоскостопие, как этап развития стопы, склонно к полной самопроизвольной коррекции и наблюдается лишь у 3% взрослого населения [4]. Приобретенные же нарушения здоровья стопы в детском и юношеском возрасте значительно затрудняют общественную активность, приводят к снижению возможности важнейших социально-биологических функций в последующем социально-активном периоде жизни. [9,10,12]. Плоскостопие приводит к общей скелетно-мышечной деформации, нарушению осанки, сколиозу, что вызывает болевые ощущения не только в области стопы, но и колена, таза, позвоночника, что значительно ухудшает самочувствие, ограничивает выбор профессии резко снижает трудоспособность [13].

Имеющиеся в арсенале традиционные методы лечения и профилактики плоскостопия, такие как: лечебная гимнастика, массаж, физиолечение, применение ортезов оказывают недостаточный терапевтический эффект с не стабильными результатами, в связи с чем не удовлетворяют врачей и пациентов. Необходим индивидуальный подход в лечении с учётом этиологии, возраста, степени плоскостопия и состояния мышечно-связочного аппарата[7].

Учитывая значимость функций стопы для полноценной жизнедеятельности организма, высокий уровень

плоскостопия в структуре заболеваемости стоп, особенно актуальным представляется модернизация имеющихся методов ранней диагностики и оценки тяжести плоскостопия, а также поиск адекватного и доступного метода скрининга в виде экспресс-диагностики опорно-рессорной функции стоп. Искомый метод должен быть прост и надёжен при проведении диспансеризации детей в дошкольных и школьных учебных заведениях, в спортивной медицине, в ходе медицинских осмотров призывного контингента[2,6,9].

Настоящее исследование проведено с целью сравнительного анализа основных современных общепринятых способов диагностики ортопедических нарушений у детей с новым методом с использованием аппарата экспресс-диагностики.

### Материал и методы

В соответствии с этическими принципами Хельсинкской декларации (2000) исследование проводилось после получения добровольного информированного согласия подростков и их родителей. Проведено клиническое обследование 126 подростков в возрасте 10–11 лет ( $10,7 \pm 1,34$  лет), в том числе 67 мальчиков и 59 девочек. Диагностика патологии стопы в изучаемой группе детей осуществлялась следующими традиционными методами: визуальный, плантография (анализ формы опорного отпечатка стопы), подометрия (анализ геометрических параметров стопы ее измерением), рентгеноподография (анализ геометрических параметров скелета стопы). В качестве «золотого стандарта» использовалось рентгенологическое исследование. По об-

Таблица 1. Показатели эффективности методов диагностики плоскостопия

Метод исследования	ДЧ %	ДС %	ДЭ(точность)%	Время, затраченное на исследование (мин.)
Рентгенографический	99%	83%	99%	15±1,26
Визуальный	67%	0%	42%	1 ±0,25
Плантография	81,3%	79,8%	87%	4 ±0,75
Экспресс-диагностика	92%	82,4%	86%	0,25 ±0,12

щепринятым формулам [8]. рассчитывались показатели диагностической чувствительности (ДЧ), специфичности (ДС) и эффективности (ДЭ) вышеназванных методов в сравнении с новой методикой с использованием аппарата экспресс-диагностики:

$$ДЧ = [a / (a + c)] \quad (1)$$

$$ДС = [d / (d + b)] \quad (2)$$

$$ДЭ = [(a + d) / (a + b + d + c)] \quad (3)$$

где  $a$  — положительный результат при наличии заболевания;

$b$  — ложноположительный т.е.положительный при отсутствии заболевания;

$c$  — ложноотрицательный, т.е.отрицательный при наличии заболевания;

$d$  — отрицательный результат при отсутствии заболевания.

Аппарат экспресс-диагностики запатентован и может использоваться в ортопедии для диагностики различных форм деформации стопы, в частности продольного плоскостопия. Технической задачей аппарата экспресс диагностики является повышение точности и объективности диагностики плоскостопия пациента любого возраста с одновременным снижением временных и трудовых затрат.

Описание аппарата: опорная площадка, на которой располагают стопы обследуемого до соприкосновения передней поверхностью голени с неподвижным упором, снабжена сменными подвижными щупами. Количество и высота подвижных щупов подбирается в зависимости от возраста пациента. Подвижные датчики в проекции продольного свода стопы соединены с электронным устройством, которое моментально передает данные об исследуемой стопе на разноцветные индикаторные лампочки. зеленый- I степень плоскостопия, синий- II степень плоскостопия, красный- III степень плоскостопия. Датчики(щупы) сменные, подразделяются на 4 группы от 3 до 14 и более лет.

Устройство используют следующим образом. В зависимости от возраста, обследуемого, устанавливают

необходимые щупы. Пациента располагают на опорной площадке в положении стоя, с расположением продольного свода стоп на щупах. Пятки пациента фиксируются запяжниками, а спереди упорной площадкой. Пациента располагают на опорной площадке в положении стоя, с расположением стоп на щупах. Результат диагностики моментально отображается на разноцветных индикаторах с высокой точностью. Снижается время на процесс диагностики, что особенно важно при массовых осмотрах.

Сбор и накопление исходных данных проведен с помощью программы Microsoft Excel 2010. Полученные данные оценивались на предмет различия групп, статистический анализ проведен с использованием методов описательной статистики. В связи с нормальным типом распределения признаков нами использованы классические методы параметрической статистики: оценка среднего показателя и его ошибки ( $M \pm m$ ),  $t$ -критерий Стьюдента. Пороговым значение достоверности было выбрано значение  $p < 0,05$ . Статистическая обработка данных, полученных в ходе исследования, осуществлена с использованием прикладной компьютерной программы Statistica 7.0.

## Результаты и обсуждение

Диагностика и мониторинг эффективности коррекции патологии стоп остаются дискуссионными в среде травматологов-ортопедов. По мнению Лашковского В.В., клинический осмотр является субъективным и не достаточно полноценным методом, в виду того, что обнаруживает только 30% деформаций стоп, выявленных плантографически[5]. При визуальной оценке специалист может точно определить некую «пороговую» высоту костного свода стопы. Если она отличается от этого значения, диагноз ставится интуитивно. ДЧ 2 степени плоскостопия составила 82%, что обусловлено физиологическими особенностями зрения ошибаться в дифференцировании между 1 и 2, 2 и 3 степенями плоскостопия [1].

Такие инструментальные методы как фотоплантография, педобарография[6], ультрасонография ахиллова сухожилия[11]также зависят от опыта врача. Рентгенологические методы относят к наиболее объективным и ин-

формативным в диагностике плоскостопия [13]. Однако они более сложные, дорогие, требуют специального оборудования, временных затрат на проведение обследования и обработку биомедицинской информации, что противоречит требованиям к скрининговым обследованиям, а лучевая нагрузка вредит детскому организму.

В ходе исследования нами изучалась ДЧ, ДС, ДЗ и хронометраж времени, затраченного на обследование пациента следующими методами: рентгенографический, визуальный, плантографический и экспресс диагностика (таблица 1).

При анализе таблицы 1 обнаружено, что диагностическая чувствительность визуальной оценки деформации стоп составляет 67%, что приводит к не выявлению патологии в 33% случаев. При нулевой диагностической специфичности точность визуального метода составляет лишь 42%.

Экспресс диагностика незначительно уступает по ДЧ рентгенологическому методу, который выступил в на-

стоящем исследовании в качестве «золотого стандарта». При достаточно высокой ДС и ДЭ экспресс-диагностики — 82,4% и 86% соответственно, на данное исследование затрачивалось меньше всего времени —  $0,25 \pm 0,12$  минут, против  $20 \pm 0,75$  мин при рентгенологическом исследовании и отсутствовало вредное воздействие в виде лучевой нагрузки. ДЭ экспресс-диагностики достоверно выше, чем визуального метода при  $p < 0,05$  и не уступает ДЭ плантографии.

#### Выводы:

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что при массовых осмотрах применение аппарата экспресс-диагностики значительно уменьшило время осмотра, а точность определения патологии стоп практически не изменилась в сравнении с плантографией. Данный метод можно рекомендовать для внедрения в работу амбулаторно-поликлинического звена и призывных комиссий военкоматов с целью снижения временных и трудовых затрат, а также повышения качества диагностики нарушений опорно-рессорной функции стоп.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аримасов А. Р., Киселёв В. Я. Диагностическая ценность метода визуальной оценки стоп при диагностике плоскостопия у подростков // Гений Ортопедии. — № 3. — 2010. — С. 101–104
2. Большаков О. П., Котов И. Р., Полякова Е. Л. Возможности голографической интерферометрии в ранней диагностике плоскостопия у детей/ Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. Том III. Выпуск 1. 2015. С. 50–56.
3. Дрожжина Л. А. Мониторинг ортопедического здоровья юных спортсменов/ Дрожжина Л. А. // Материалы науч.-практ. конф детских травматологов-ортопедов России «Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии». Екатеринбург, 2007. СПб., 2007. — С. 17–19.
4. Кенис В. М., Лапкин Ю. А., Хусаинов Р. Х., Сапоговский А. В. Мобильное плоскостопие у детей (обзор литературы) / В. М. Кенис, Ю. А. Лапкин, Р. Х. Хусаинов, А. В. Сапоговский // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2014. Том 2. Вып. № 2. С. 44–54.
5. Лашковский В. В., Мармыш А. Г. Детская и подростковая подиатрия — современные подходы к диагностике и лечению заболеваний стоп/ В. В. Лашковский, А. Г. Мармыш // Новости хирургии. Том 19. № 2. 2011. С. 94–100.
6. Мармыш А. Г., Горбузов В. Н., Болтрукевич С. И., Аносов В. С. Возможности педобарографии в диагностике и ортопедической коррекции продольного плоскостопия/ А. Г. Мармыш, В. Н. Горбузов, С. И. Болтрукевич, В. С. Аносов // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2010. № 2. С. 59–64.
7. Погосян И. А. Система диагностики и комплексного лечения нарушений опорно-двигательного аппарата у детей с мультифакторной патологией: Автореф. дисс. докт. мед. наук, Пермь, 2007, 39 с.
8. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины. М.: Медиа Сфера, 1998. 352 с.
9. Шалаева И. Ю. Роль систематических занятий физической культурой в системе здоровьесбережения школьников специальных медицинских групп / Шалаева И. Ю. // Матер. III междунар. науч. — практ. конф / Ставрополь — 2006. — С. 78–79.
10. Carr JB 2nd, Yang S, Lather LA. Pediatric PesPlanus: A State-of-the-Art Review. Pediatrics. 2016 Mar;137(3):1–10. doi: 10.1542/peds.2015–1230. Epub 2016 Feb 17.
11. Gonul Y, Yuce O, Eroglu M, Senturk I, Eroglu S, Dikici O, Cartilli O, Ulasli M. Ultrasonographic evaluation of Achilles tendon in children with flatfoot: A case-control morphometric study. Diagn Interv Imaging. 2016 Mar 16. pii: S2211–5684(16)00074–7. doi: 10.1016/j.diii.2016.02.005. [Epub ahead of print]
12. Foot Health Facts. The official consumer website of American College of Foot and Ankle Surgeons™. <http://www.foothhealthfacts.org/footankleinfo/pediatric-flatfoot.htm> (accessed 03/04/2016).
13. Meyr AJ, Wagoner MR Descriptive Quantitative Analysis of Rearfoot Alignment Radiographic Parameters J Foot Ankle Surg. 2015 Sep–Oct; 54(5):860–71. doi: 10.1053/j.jfas.2015.02.011
14. Сайт Министерства Здравоохранения Российской Федерации [Электронный ресурс] / «Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения по итогам деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации за 2013 год».



# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКА РОЖДЕНИЯ ДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ С НИЗКОЙ МАССОЙ

## MEDICAL AND BIOLOGICAL RISK FACTORS FOR MATURE INFANTS WITH LOW BIRTH WEIGHT

**S. Grebneva  
M. Kolesnicova**

**Summary.** Background/Objectives: Identification of medico-social and medico-organizational risk factors for mature infants with low birth weight and developing recommendations for the prevention of this disease

**Methods/Statistical analysis:** 106 infants were examined, of which 76 were at term weight less than 2500 grams, and 30 full-term infants with normal overall weight, made up the control group. Infants with developmental anomalies and obvious clinic manifestations of intrauterine infection were excluded from the study. A questionnaire for multivariate analysis has been developed.

**Findings:** The majority of full-term infants are born with low birth weight due to the high degree of perinatal risk and the combined influence of adverse factors. Data analysis allowed to characterize the socio-hygienic portrait of mothers who gave birth to children with low birth weight, a contingent of high socio-hygienic and medical-organizational risk.

**Applications/Improvements:** Women who gave birth to children with low birth suffer from insufficient examination, late and irregular attendance monitoring in the antenatal clinic, the presence of bad habits. Thus, these women have to be in focus of the women's clinic.

**Keywords:** full-term infants, women's consultation, prevention, pathology.

**Гребнева Светлана Викторовна**

ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»  
neosveta@gmail.com

**Колесникова Маргарита Борисовна**

ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»

**Аннотация.** Цель: Выявление медико-социальные и медико-организационные факторы риска рождения доношенных детей с низкой массой тела и на основании полученных результатов разработать рекомендации по профилактике данной патологии

**Материалы и методы:** Было обследовано 106 новорожденных, из которых 76 имели при доношенной беременности массу менее 2500 грамм, а 30 доношенных новорожденных с нормальными весо-ростовыми показателями составили группу сравнения. Из исследования были исключены дети с аномалиями развития и явной клиникой проявления внутриутробной инфекции. Все данные вносились в анкету, разработанную нами, для проведения многофакторного анализа.

**Результаты:** Таким образом, рождение доношенных новорожденных с низкой массой в подавляющем большинстве, связано с высокой степенью перинатального риска и сочетанным воздействием неблагоприятных факторов. Анализ данных позволил характеризовать социально-гигиенический портрет матерей, родивших детей с низкой массой, как контингент с высоким социально-гигиеническим и медико-организационным риском

**Выводы:** В группе женщин, родивших детей с низкой массой наблюдается недостаточное обследование, поздняя явка и нерегулярное наблюдение в женской консультации, наличие вредных привычек, то есть, такие женщины должны быть под пристальным вниманием женской консультации.

**Ключевые слова:** доношенные новорожденные, женская консультация, профилактика, патология.

## Введение

**П**роблема задержки внутриутробного роста и развития плода остается одной из актуальных в перинатологии. Значимость данной патологии определяется большим удельным весом ее в структуре перинатальной смертности и неонатальной заболеваемости, а также неблагоприятным медико-биологическим и социальным прогнозом в будущем.

Исследований, касающихся влияния перинатальных факторов на здоровье новорожденных проведено достаточно [1–3], но, несмотря на это, дифференцированного подхода значимости отдельных факторов на сте-

пень развития задержки внутриутробного развития мы не встретили. Поэтому, цель работы: выявить медико-социальные и медико-организационные факторы риска рождения доношенных детей с низкой массой тела и на основании полученных результатов разработать рекомендации по профилактике данной патологии.

Всего обследовано 106 новорожденных, из которых 76 имели при доношенной беременности массу менее 2500 грамм. Группу сравнения составили 30 доношенных новорожденных с нормальными весо-ростовыми показателями. Из исследования были исключены дети с аномалиями развития и явной клиникой проявления внутриутробной инфекции. Все данные вносились в ан-

кету, разработанную нами, для проведения многофакторного анализа.

Среди доношенных новорожденных с низкой массой тела при рождении 35,5% составили дети с массой ниже 10-го центиля и 64,5% — ниже 3-го центиля.

Возрастной состав обследованных женщин был, в основном, от 18 до 30 лет (65,8% в группе наблюдения и 90% в группе сравнения), но в группе наблюдения женщин старше 30 лет было почти 1/3 (33,3%) против 10% в группе сравнения. Юных первородящих ни в той, ни в другой группе не выявлено. В ходе анализа социального статуса, женщины из группы наблюдения чаще были одинокими или с незарегистрированным браком (29% в группе наблюдения и 23% в группе сравнения). У 34% женщин в группе наблюдения работа была связана с компьютером против 20% группы сравнения. А вот больше половины женщин группы сравнения (53%) были заняты физическим трудом (из группы наблюдения всего лишь 28%). Высшее образование чаще имели женщины из группы наблюдения (42% против 27% группы сравнения). По этническому фактору среди женщин, родивших доношенных детей с низкой массой тела, различий не было: татары составили 48,7%, русские — 47,4%. Интересен факт, что больше всего детей с низкой массой тела были рождены в летние месяцы, то есть зачатие и течение беременности, в основном, пришлось на осенние и зимние месяцы.

Среди медико-организационных факторов риска выделены дефекты прегравидарной подготовки — поздняя явка в женскую консультацию и нерегулярное наблюдение во время беременности составила 26% в группе наблюдения и 3,3% в группе сравнения. Из группы наблюдения 8% женщин вовсе не состояли на учете. Это в основном женщины с низким социально — экономическим уровнем. Достоверно чаще женщины, имеющие детей с низкой массой тела при рождении, имели вредные привычки (курение и алкоголизм), что составило 37,2% против 3,3% группы сравнения.

Оценивая соматическое здоровье женщин до беременности, нами было обнаружено, что наиболее часто экстрагенитальные заболевания встречались у женщин группы сравнения. А именно, в группе сравнения, заболевания мочевыделительной системы встречались в 2 раза чаще (23,3% против 12,2% в группе наблюдения); заболевания сердечно — сосудистой системы в 2,5 раза чаще (16,6% в группе сравнения, против 6,8% — в группе наблюдения). Заболевания желудочно-кишечного тракта, ожирение также чаще встречались в группе сравнения, нежели в группе наблюдения. Такая разница в состоянии здоровья, возможно, обусловлена недостаточным обследованием женщин. Гинекологические заболева-

ния инфекционной природы (аднекситы, кольпиты, эндометриты) встречались практически с одинаковой частотой в обеих группах (38% в группе наблюдения и 36% в группе сравнения). Однако, инфекции передающиеся половым путем (хламидиоз, уреоплазмоз, герпес, трихомонадный кольпит, сифилис) чаще встречались в анамнезе у женщин группы наблюдения (21% против 6,7% группы сравнения).

При оценке акушерского анамнеза были получены следующие данные: настоящая беременность была первой почти с одинаковой частотой в группе наблюдения и группе сравнения (58% и 56,7%). Отягощенный акушерский анамнез (мед. аборт, самопроизвольные выкидыши, замершая беременность, антенатальная гибель плода, преждевременные роды и т.п.) чаще встречался в группе наблюдения (46,1% и 26,7% в группе сравнения).

Учитывая, что в развитии задержки внутриутробного роста плода немаловажное значение придается фетоплацентарной недостаточности, мы проанализировали особенности течения беременности. В группе наблюдения хроническая фетоплацентарная недостаточность и хроническая внутриутробная гипоксия диагностировалась у 50% женщин, а в группе сравнения у — 13,3%. Симптомы гестоза в группе наблюдения регистрировались у 16,2% женщин и у 3,3% в группе сравнения. Антенатально признаки задержки развития плода в группе наблюдения регистрировались почти в 2 раза чаще, чем в группе сравнения (13,2% и 6,7%). Однако диагноз задержки внутриутробного развития антенатально был выставлен лишь у 18,4% женщин в группе наблюдения.

Во время беременности в группе наблюдения у 81,6% женщин встречались обострения заболеваний мочеполового тракта (кольпиты, бактериальные вагинозы, циститы, пиелонефриты). Это почти в 2,5 раза чаще, чем в группе сравнения (33%). Угроза прерывания беременности встречалась практически с одинаковой частотой в обеих группах (31,6% в группе наблюдения и в 36,7% в группе сравнения). Не было выявлено существенной разницы в группах при аномальном расположении плаценты или при течении беременности на фоне рубца на матке.

## Выводы

Таким образом, рождение доношенных новорожденных с низкой массой в подавляющем большинстве, связано с высокой степенью перинатального риска и сочетанным воздействием неблагоприятных факторов. Анализ данных позволил характеризовать социально-гигиенический портрет матерей, родивших детей с низкой массой, как контингент с высоким социально-гигиени-

ческим и медико-организационным риском. А именно, рождение таких детей во многом определяет прегравидарная подготовка женщин. В группе женщин, родивших детей с низкой массой наблюдается недостаточное обследование, поздняя явка и нерегулярное наблюдение в женской консультации, наличие вредных привычек,

то есть, такие женщины должны быть под пристальным вниманием женской консультации. Диагноз задержка внутриутробного развития, антенатально, выставлен лишь в 18,4%, что говорит о недостаточно своевременном выявлении, а следовательно профилактировании рождения доношенных детей с низкой массой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнова М. В. Прогноз развития и диспансерное наблюдение за доношенными детьми, рожденными с задержкой внутриутробного развития. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Ижевск, 2013.
2. Стрижаков А. Н., Игнатко И. В., Тимохина Е. В., Белоцеркоцева Л. Д. Синдром задержки роста плода. — М.: ГЭОТАР-Медиа. 2013. 115с.
3. Макаров И. О., Юдина Е. В., Боровкова Е. И. Задержка роста плода. — М.: МЕДпресс-информ. 2014. 54 с.

© Гребнева Светлана Викторовна ( neosveta@gmail.com ), Колесникова Маргарита Борисовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



# ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭНДОТЕЛИЯ У БОЛЬНЫХ ЭССЕНЦИАЛЬНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА

## ENDOTHELIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH ESSENTIAL HYPERTENSION ACCORDING TO GENDER

*Kh. Ibragimova*

*Summary.* Aim. Determine the level of endothelin-1 (ET-1) in the blood serum of patients with arterial hypertension (AH) according to gender and age.

*Material and methods.* The study involved 89 patients with essential hypertension. Patients were divided into 4 groups: women under the age of 50 years (group 1), with no symptoms of menopause, postmenopausal women older than 50 years (group 2), men under the age of 50 years (group 3), men older than 50 years (4 Group). The control group consisted of 35 healthy subjects, aged 19 to 49 years. To assess the functional status of the endothelium was determined by the level of endothelial vasoactive factors in serum ET-1 by enzyme immunoassay. Ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) performed «Valenta» device.

*Results.* A significant increase in ET-1 levels in serum of patients with hypertension compared to healthy people. The highest concentration levels of ET-1 was detected in patients with hypertension in the group of women in menopause. In addition, significant correlation was found between serum levels of ET-1, both with an average daily value of systolic blood pressure (BP), and the average value of pulse pressure (PAP) in the group of women in menopause.

*Conclusion.* Our results suggest that endothelin is one of the most powerful vasoconstrictor factors contribute to the development of hypertension in menopausal women.

*Key words:* arterial hypertension; gender differences; endothelial dysfunction.

**Ибрагимова Ханича Ибрагимовна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный  
медицинский университет» МЗ РФ. Махачкала  
ibragimova3953@mail.ru

*Аннотация.* Цель. Определить уровень эндотелина-1 (ЭТ-1) в сыворотке крови у больных артериальной гипертензией (АГ) в зависимости от пола и возраста.

*Материал и методы.* Обследовано 89 больных эссенциальной АГ. Пациенты были разделены на 4 группы: женщины в возрасте до 50 лет (1 группа), без признаков менопаузы, женщины в постменопаузе старше 50 лет (2 группа), мужчины в возрасте до 50 лет (3 группа), мужчины старше 50 лет (4 группа). Группу контроля составили 35 практически здоровых лиц, в возрасте от 19 до 49 лет. Для оценки функционального состояния эндотелия определяли уровень вазоактивного эндотелиального фактора ЭТ-1 в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа. Суточное мониторирование артериального давления (СМАД) проводилось аппаратом «Валента».

*Результаты.* Установлено достоверное повышение уровня ЭТ-1 в сыворотке крови у больных АГ по сравнению со здоровыми людьми. Наибольшая концентрация уровня ЭТ-1 выявлена у больных АГ в группе женщин в постменопаузе. Кроме того, выявлена достоверная корреляционная зависимость между уровнем ЭТ-1 в сыворотке крови, как со среднесуточным значением систолического артериального давления (АД), так и средним значением пульсового АД (ПАД) в группе женщин в постменопаузе.

*Заключение.* Полученные нами результаты свидетельствуют, что эндотелин, как один из мощных вазоконстрикторных факторов способствует развитию АГ у женщин в менопаузе.

*Ключевые слова:* артериальная гипертензия; гендерные различия; эндотелиальная дисфункция.

### Список сокращений

АГ- артериальная гипертензия, АД- артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, ПАД — пульсовое артериальное давление, САД — систолическое артериальное давление, СМАД — суточное мониторирование артериального давления, ЭТ-1- эндотелин-1

### Введение

В структуре болезней кровообращения особое место занимает АГ. В России распространенность АГ сре-

ди взрослого населения составляет в среднем 39,2% у мужчин и 41,1 у женщин, при этом в возрастных группах старше 60 лет распространенность АГ в 1, 5–2 раза выше [1]. Одним из новых направлений оптимизации решения этой проблемы является изучение гендерных особенностей этиологии, патогенеза, клинических проявлений АГ. Известно, что у женщин АГ развивается обычно на 10 лет позже, чем у мужчин и в основном после менопаузы [2]. Среди лиц в возрасте до 50 лет распространенность АГ выше среди мужчин, тогда как в более старших возрастных группах данная закономерность меняется [3].

Начальными звеньями развития сердечно-сосудистых заболеваний являются: дислипидемия, ожирение, возраст, гипергомоцистеинемия, постменопауза, курение, сахарный диабет, повышенное АД и другие. В научной литературе распространены множественные доказательства того, что они проявляют своё действие посредством влияния на функциональное состояние эндотелия [4,5].

При различных патологических состояниях, включая наличие факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний, эндотелий подвергается функциональным и структурным изменениям, что приводит к утрате его протективного действия. Дисфункция эндотелия может быть, как фактором, предрасполагающим к развитию патологии, так и маркёром прогрессирования заболевания, например, АГ, сердечной недостаточности, атеросклероза или сахарного диабета [4,6].

Одним из подходов к оценке степени выраженности эндотелиальной дисфункции является количественное определение содержания в крови биологически активных веществ, выделяемых эндотелием. Таковым является ЭТ-1, наиболее активный из всех констрикторов сердечнососудистой системы человека, в 100 раз превышающий эффекты норадреналина, в 10 раз — ангиотензина II [7]. В связи с множественными сердечно-сосудистыми эффектами ЭТ-1, наблюдается большой интерес к его вкладу в патофизиологию АГ [8,9].

Гендерные особенности в метаболизме ЭТ-1 были оценены по экспрессии рецепторов к этому маркёру функции эндотелия, а также его количественным показателям в плазме крови [10]. Эти различия вносят свой вклад в механизмы регуляции АД. Физиологическая секреция ЭТ-1, способствует поддержанию базального тонуса сосудов и АД посредством воздействия на 2 вида рецепторов: ET-A и ET-B, расположенных на гладкомышечных клетках сосудистой стенки. Вазодилатирующий эффект ET-1 реализуется посредством активации ET-B рецепторов, в то время как сосудистый спазм — результат активации обоих типов рецепторов [10]. У женщин выявлена большая активность рецепторов ET-B, что играет свою роль в более низкой заболеваемости АГ у молодых женщин по сравнению с мужчинами сопоставимого возраста. В то же время, после наступления менопаузы, различия в распространённости повышения АД между полами исчезают [10].

Необходимы дальнейшие исследования роли ЭТ-1 в регуляции АД у мужчин и женщин. Новые данные, полученные в этой области, позволят оптимизировать терапевтический подход при лечении АГ с учётом гендерных особенностей механизмов развития этого заболевания.

**Цель исследования:** определение уровня ЭТ-1 в сыворотке крови у больных АГ в зависимости от пола и возраста.

## Материал и методы исследования

В исследование включено 89 больных эссенциальной АГ в возрасте от 30 до 68 лет (средний возраст  $51,2 \pm 11,4$ ), из них 48 женщин (средний возраст  $51,5 \pm 12,5$ ) и 41 мужчин (средний возраст  $50,9 \pm 10,1$ ). Все пациенты были разделены на 4 группы: в первую группу вошли — 22 женщины в возрасте до 50 лет (средний возраст  $40,5 \pm 8,6$ ), без признаков менопаузы, во вторую группу — 26 женщин в постменопаузе в возрасте старше 50 лет (средний возраст  $59,8 \pm 7,9$ ), в третью группу — 20 мужчин в возрасте до 50 лет (средний возраст  $42,6 \pm 4,7$ ), в четвертую группу — 21 мужчина старше 50 лет (средний возраст  $58,4 \pm 7,1$ ). Группу контроля составили 35 практически здоровых лиц: 20 женщин и 15 мужчин (средний возраст  $45,6 \pm 1,9$ ).

Все включённые в исследование пациенты с АГ были обследованы в условиях стационара в 3-м кардиологическом отделении Республиканской клинической больницы, Республики Дагестан (г. Махачкала). Здоровые добровольцы без АГ были обследованы в амбулаторном порядке.

Диагноз АГ устанавливался на основании жалоб, данных анамнеза, физикального обследования, уровня систолического и диастолического АД, а также лабораторно-инструментальных методов в соответствии с «Национальными рекомендациями по диагностике и лечению артериальной гипертензии», ВНОК 2010.

Всем пациентам проводилось биохимическое исследование сыворотки крови, электрокардиография, ультразвуковое исследование сердца, СМАД, холтеровское мониторирование ЭКГ. Для оценки функционального состояния эндотелия измеряли уровень вазоактивного эндотелиального фактора ЭТ-1 в сыворотке крови иммуноферментным методом с использованием набора «Эндотелин 1–21» («BiomedicaMedizinprodukteGmbH&co», Австрия) в медицинском центре «Гепар» г. Махачкала. СМАД проводилось аппаратом «Валента» («Санкт-Петербург», Россия) по общепринятой методике, в течение 24 часов с интервалом измерения 15/30 минут (день/ночь, соответственно). Оценивали суточный профиль систолического АД (САД), диастолического АД (ДАД), средние значения частоты сердечных сокращений за три временных интервала- день, ночь, сутки; среднесуточное значение ПАД; суточные профили САД и ДАД по суточному индексу. Статистическую обработку результатов исследования осуществляли с помощью пакета прикладных программ «Statistica 6.0» (StatsoftInc., США).

## Результаты и их обсуждение

По результатам СМАД, наиболее часто регистрируется суточный профиль АД у больных АГ- «non — dipper» — 53,9% (n=48), второй по частоте — «dipper» — 23,5% (n=21), реже регистрируется — «over-dipper» у 12,3% (n=11) и «night-peaker» у 10,1% (n=9).

У больных старших возрастных групп средние значения САД были достоверно выше ( $p < 0,001$ ), причем у женщин наблюдалась тенденция к более высоким цифрам АД, чем у мужчин ( $p < 0,001$ ). Среднесуточное САД у женщин в постменопаузе составило  $165,6 \pm 2,1$  мм.рт.ст., что достоверно выше, чем у женщин в возрасте до 50 лет ( $143,3 \pm 1,9$  мм.рт.ст.,  $p < 0,001$ ). Среднесуточное ДАД в сравниваемых группах достоверно не отличалось между собой ( $92,7 \pm 7,2$  мм.рт.ст.,  $90,7 \pm 4,3$  мм.рт.ст.,  $94,6 \pm 5,5$  мм.рт.ст.,  $89,5 \pm 6,4$  мм.рт.ст. соответственно,  $p = 0,06$ ). При анализе среднесуточных значений ПАД отмечено его повышение с возрастом, которое достигало максимальных значений у женщин во второй группе ( $61,1 \pm 4,05$  мм.рт.ст) по сравнению с первой группой женщин ( $47,9 \pm 3,7$  мм.рт.ст) и у мужчин 3-й и 4-й групп ( $54,9 \pm 2,6$  мм.рт.ст и  $57,1 \pm 3,6$  мм.рт.ст.,  $p > 0,05$ ). Полученные нами результаты не противоречат данным литературы [1].

При исследовании сыворотки крови пациентов на содержание ЭТ-1 выявлено достоверное ( $p < 0,001$ ) повышение данного показателя во 2-й и 4-й группах обследуемых больных по сравнению с группой контроля ( $9,2 \pm 2,1$  фмоль/мл.,  $5,4 \pm 0,8$  фмоль/мл и  $0,71 \pm 0,18$  фмоль/мл, соответственно). У больных 1-й и 3-й групп также отмечено повышение уровня ЭТ-1 по сравнению с группой контроля ( $1,4 \pm 0,7$  фмоль/мл.,  $1,8 \pm 0,9$  фмоль/мл., и  $0,71 \pm 0,18$  фмоль/мл, соответственно), однако достоверных различий не установлено ( $p > 0,05$ ).

При изучении взаимосвязи ЭТ-1 с уровнем АД в нашем исследовании установлена достоверная положительная корреляция как со среднесуточным значением САД ( $r = 0,41$ ,  $p = 0,03$ ), так и с показателями ПАД ( $r = 0,33$ ,  $p = 0,04$ ) у больных во второй группе. Полученные нами результаты свидетельствуют, что высокий уровень ЭТ-1, как один из мощных вазоконстрикторных факторов способствует развитию АГ у женщин в менопаузе, что, вероятно, связано с протективным воздействием эстрогенов на сосудистую стенку. Период менопаузы сопровождается дефицитом эстрогенов, приводя к снижению концентрации в крови таких мощных вазодилататоров, как оксид азота и простаглицин, а также способствуя увеличению внутриклеточного кальция. Увеличение секреции ЭТ-1 в период менопаузы способствует увеличению реабсорбции натрия в почках и усилению оксидативного стресса, что также способствует повышению АД [2].

## Выводы

1. Среднесуточные значения систолического и пульсового артериального давления у женщин в постменопаузе достоверно выше, чем у женщин в возрасте до 50 лет и в группе мужчин.
2. В группе женщин в постменопаузе и у мужчин старше 50 лет установлено достоверное повышение содержания эндотелина-1 в сыворотке крови по сравнению с группой контроля.
3. Наибольшая концентрация эндотелина-1 выявлена у больных артериальной гипертензией в группе женщин в постменопаузе, уровень которого положительно коррелировал с среднесуточным значением систолического и пульсового артериального давления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оганов Р.Г. [и др.]. Эпидемиология артериальной гипертензии в России. Результаты федерального мониторинга 2003–2010 гг. Кардиоваскулярная терапия и профилактика 2011. — Т. 10, № 1. С. 9–13.
2. Подзолков В.И., Брагина А. Е., Родионова Ю. Н., [и др.]. Артериальная гипертензия у женщин. Есть ли основания для особой тактики лечения? // Consilium Medicum. — 2009. — Т. 11 (5). — С. 49–54.
3. Беленков Ю.Н., Фомин И. В., Бадин Ю. В., [и др.]. Гендерные различия в распространенности и эффективности лечения артериальной гипертензии в Европейской части Российской Федерации: результаты исследования ЭПОХА-2007 // Проблемы женского здоровья. — 2011 — Т. 6., № 4. — С. 5–11.
4. Mancia G, Fagard R, Narkiewicz K et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). J Hypertens 2013; 31: 1281–357.
5. Brunner H, Cockcroft JR, Deanfield J, Donald A., Working Group on Endothelins and Endothelial Factors of the European Society of Hypertension. Endothelial function and dysfunction. Part II: Association with cardiovascular risk factors and diseases. A statement by the Working Group on Endothelins and Endothelial Factors of the European Society of Hypertension. J Hypertens. 2005 Feb; 23(2):233–46.
6. Rossi R, Cioni E, Nuzzo A, Origliani G, Modena MG Endothelial-dependent vasodilation and incidence of type 2 diabetes in a population of healthy postmenopausal women. Diabetes Care. 2005 Mar; 28(3):702–7.
7. Stewart, D.J., Levy, R.D., Cernacek, P., et al (1991). Increased plasma endothelin-1 in pulmonary hypertension: marker or mediator of disease? Annals of Internal Medicine 114, 464–469.

8. Houde M, Desbiens L, D'Orléans-Juste P. Endothelin-1: Biosynthesis, Signaling and Vasoreactivity. *AdvPharmacol.* 2016; 77:143–75.
9. Baretella O, Vanhoutte PM. Endothelium-Dependent Contractions: Prostacyclin and Endothelin-1, Partners in Crime? *AdvPharmacol.* 2016;77:177–208.
10. Ellen E. Gillis, Jennifer M. Sasser, Jennifer C. Sullivan Endothelin, sex, and pregnancy: unique considerations for blood pressure control in females. *American Journal of Physiology — Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* Published 15 April 2016 Vol. 310 no. 8, R691-R696

---

© Ибрагимова Ханича Ибрагимовна ( ibragimova3953@mail.ru )

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ВИБРОПНЕВМОСТИМУЛЯЦИЯ В СИСТЕМЕ ЛЕЧЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ СО СКУЧЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ЗУБОВ

### VIBRATING PNEUMATIC STIMULATION SYSTEM FOR THE TREATMENT AND REHABILITATION OF PATIENTS ORTHODONTIC PROFILE WITH CROWDING POSITION OF THE TEETH

**S. Kulakov  
I. Bayrikov  
L. Borisovich**

*Summary.* Pathology of the maxillofacial region in recent years show a clear trend of increasing morbidity among the population. Despite significant advances in modern dentistry at the present stage of its development the problem of treatment of these diseases remains valid. There is an active search for and further development of tools and methods for the treatment of dental diseases. More and more attention is attracted professionals physiotherapy treatments. Currently, the complex treatment of many diseases is widely used the combined effect of physiotherapy (laser and magnetic therapy, laser therapy and massage, electrophoresis and vacuum therapy, etc.). Integrated use of several natural healing methods allows to obtain a synergistic effect.

Physical therapy procedures have diverse effects on the human body as a whole, and the locus of the disease, in particular. As a result of their application disappear pain syndromes, reduces the activity of inflammatory processes, improves trophic tissue repair processes are amplified. Pneumo-therapy promotes the renewal of the network of venous, arterial and lymphatic capillaries.

Comprehensive medical treatment of dental patients is possible with the installation of biomechanical pneumatic vibration stimulation. Its main difference from conventional vibratory exercise is vibration effects on regional blood flow.

The problem to be solved by the vibrating pneumatic stimulation — improving the efficiency of the treatment and reduction of terms of treatment of patients with orthodontic Profile bunched position of the teeth. After orthodontic treatment, and the tension of the circular interdental ligament is the main cause of relapse crowding situation. Collagen and elastic fibers are reconstructed more slowly than in the periodontal ligament. After correcting dentoalveolar — facial anomalies and tooth movement collagen fibers stretch and adapt to the new position, but after removing the brackets — they tend to return to its original position and pull teeth in a method for treating patients with orthodontic profile, including effects on the gingival mucosa, by vibro-pneumatic stimulation using a pneumatic nozzle made in the form of caps, with the frequency of vibration 5–20 Hz, amplitude 0.5 mm - 5 mm.

*Keywords:* orthodontic treatment, pneumatic vibration stimulation, fibrotomy.

**Кулаков Сергей Александрович**

Аспирант, Самарский государственный медицинский университет (СамГМУ) kulakovsa22@mail.ru

**Байриков Иван Михайлович**

Д.м.н., профессор, Самарский государственный медицинский университет (СамГМУ)

**Сирант Леонид Борисович**

Технический директор ООО «НПО Волновые системы», зав. лабораторией «Биомеханика», Самарский государственный аэрокосмический университет (СГАУ)

*Аннотация.* Патологии челюстно-лицевой области в последние годы обнаруживают четкую тенденцию к увеличению показателей заболеваемости среди населения. Несмотря на значительные достижения современной стоматологии на нынешнем этапе ее развития проблема лечения этих заболеваний сохраняет свою актуальность. Идет активный поиск и дальнейшее совершенствование средств и методов лечения стоматологических заболеваний. Все большее внимание специалистов привлекают физиотерапевтические методы лечения. В настоящее время в комплексном лечении многих заболеваний достаточно широко используют сочетанное физиотерапевтическое воздействие (лазерную и магнитную терапию, лазерную терапию и гидромассаж, электрофорез и вакуумную терапию и т.д.). Комплексное использование нескольких физических лечебных методов позволяет получить эффект синергизма.

Физиотерапевтические процедуры оказывают многообразное воздействие на организм человека в целом, и на очаг заболевания, в частности. В результате их применения исчезают болевые синдромы, уменьшается активность воспалительных процессов, улучшается трофика тканей, усиливаются репаративные процессы. Пневмотерапия способствует обновлению сети венозных, артериальных и лимфатических капилляров.

Комплексное медицинское лечение стоматологических больных возможно с применением установки биомеханической пневмовибрационной стимуляции. Главным ее отличием от обычного вибромассажа является осуществление вибрационного воздействия на регионарный кровоток.

Задача, на решение которой направлена вибропневмостимуляция — повышение эффективности лечения и сокращение сроков лечения больных ортодонтического профиля со скученным положением зубов. После ортодонтического лечения натяжение циркулярной и межзубных связок является основной причиной рецидива скученного положения зубов. Коллагеновые и эластические волокна реконструируются медленнее, чем в периодонтальной связке. После исправления зубочелюстно — лицевых аномалий и перемещения зубов коллагеновые волокна растягиваются и приспособляются к новому положению, но после снятия брекет — системы они стремятся вернуться в прежнее положение и тянут зубы за собой. В способе лечения больных ортодонтического профиля, включающим воздействие на слизистую оболочку десны, путем вибропневмостимуляции с помощью пневмонасадки, выполненной в виде капы, с частотой вибрации 5–20 Гц., амплитудой 0,5мм — 5мм.

*Ключевые слова:* ортодонтическое лечение, вибропневмостимуляция, фибротомия.



**К**урс лечения вибропневмостимуляции составляет 15–20 ежедневных сеансов продолжительностью 10–15 мин, курс лечения после фибротомии составляет 10–15 ежедневных сеансов, продолжительностью 10–15 мин.

В группу исследования вошли 39 пациентов, которым осуществлялось ортодонтическое лечение, сочетающееся с вибропневмостимуляцией. Способ осуществляется следующим образом: капа с вибротодами фиксируется в ротовой полости пациента и зажимается зубами так, чтобы эластичные оболочки вибротодов соприкасались со слизистой оболочкой десны с помощью генератора воздушных импульсов к каждому вибротоду. Пневмоэлектронный генератор воздушных импульсов формирует и создает импульсы сжатого воздуха различной частоты и амплитуды, которые поступают в баллон (вибротод).

Устройство для вибровоздействия содержит капу, вибротоды, выполненные в виде эластичных полых элементов, подключенных к пневмоэлектронному генератору воздушных импульсов (на фотографии не показан).

Курс лечения вибропневмостимуляцией составляет 15–20 ежедневных сеансов продолжительностью 10–15 мин. Вибропневмостимуляция позволяет расслабить коллагеновые и эластические волокна, усилить региональный кровоток, обменно-трофические процессы в тканях и ускорить сроки ортодонтического лечения. Вибротоды, соприкасаясь со слизистой оболочкой рта,

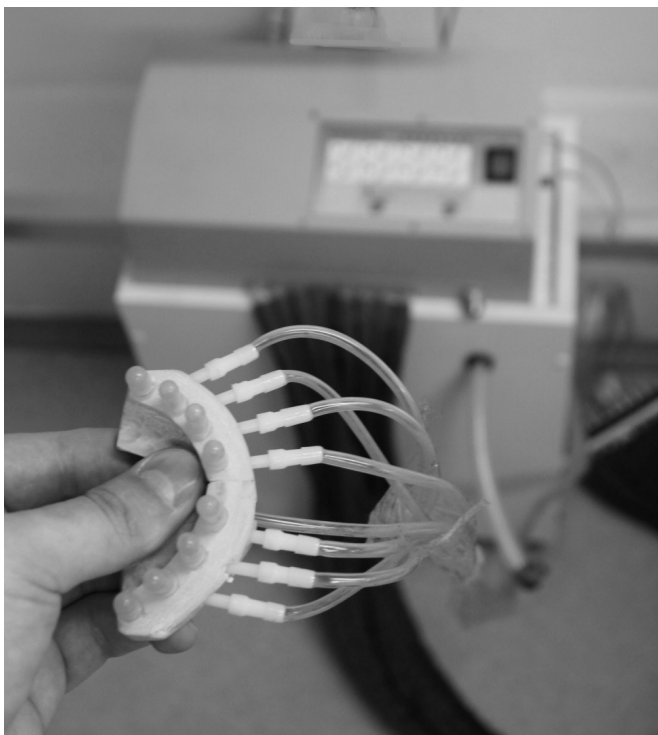
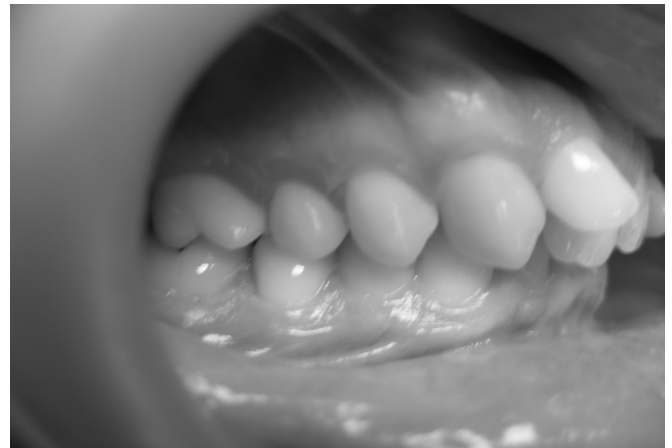


Рис. 1. Капа с встроенными вибротодами.



а)



б)



в)

Рис. 2. Пациент С., 25 лет (амбулаторная карта № 000267) с тесным положением резцов верхней челюсти II степени, дистальная окклюзия, вестибулярное положение 1.2, 2.2, зуба, до ортодонтического лечения. Смыкание зубов — антагонистов: в-справа; г — передних зубов; д — слева.



Рис. 3. Пациент С., 25 лет (амбулаторная карта № 000267) на этапе ортодонтического лечения брекет — систем фирмы Damon.



Рис. 4. Пациент С., 25 лет (амбулаторная карта № 000267) на этапе проведения вибропневмостимуляции.



а)



б)

Рис. 5. Проводили инфильтрационную анестезию Sol. Ultrakaiñi 1:200000 по 2 мл на верхней (а) и нижней (б) челюстях.

передают на нее вибровоздействие в виде механических импульсов, которые состоят из последовательных и параллельных комбинаций продольных и поперечных волн, образующихся на слизистой оболочке полости рта, вследствие импульсного воздействия отдельных вибраторов. Предлагаемый способ массажа иллюстрируется примерами. После проведения обследования, и постановки диагноза скученное положение зубов во фронтальном отделе челюстей.

После фиксации несъемной техники брекет — систем фирмы Damon. Для расслабления коллагеновых и эластических волокон, а так же устранения зон сдавления и натяжения тканей проводили вибропневмостимуляцию с частотой 5Гц, амплитудой 4 мм, с помощью специальной пневмонасадки, в виде капли, которую устанавливали пациенту в ротовую полость, таким образом чтобы пневмоэлементы соприкасались со слизистой оболоч-

кой альвеолярного отростка верхней и нижней челюстей. Проводили 20 сеансов вибропневмостимуляции ежедневно, продолжительностью 15 мин.

После исправления зубочелюстно — лицевых аномалий и перемещения зубов коллагеновые волокна растягиваются и приспособляются к новому положению, но после снятия брекет — системы они стремятся вернуться в прежнее положение и тянут зубы за собой. Возникает рецидив. Учитывая сроки реорганизации волоконистых структур, а также их влияние на устойчивость зубов в новом положении. В ортодонтии используется фибротомия — рассечение волокон связочного аппарата зубов, изменивших свое положение в процессе ортодонтического лечения. Образовавшаяся в результате рубцовая ткань уменьшает эластические свойства волокон связки, что делает положение зуба более устойчивым и фиксируемым.



а)



б)

Рисунок 6. Этап фибротомии у пациента С., 25 лет за 3,5–4 недели до снятия брекет-систем.

После этого острый край лезвия скальпеля вводили в десневую борозду. Производили вертикальные расщепления циркулярной связки зуба параллельно режущему краю резцов длиной 2–3 мм. Гемостаз проводили стерильными марлевыми тампонами смоченные 2% раствором перекиси водорода. После хирургической процедуры фибротомии, проводили вибропневмостимуляцию с гелем «Солкосерил», 10 сеансов ежедневно, продолжительностью 15 мин., для активации метаболических процессов в клетках слизистой оболочки альвеолярного отростка верхней и нижней челюстей и усилению регенеративных процессов.

Исследования показали, что использование способа лечения с использованием вибропневмостимуляции, по сравнению с обычным способом лечения больных ортодонтического профиля, повысило качество анато-

мических и функциональных результатов лечения больных со скученным положением зубов в 2,5 раза. Также, для того чтобы результат ортодонтического лечения был устойчивым, необходима оптимизация комплекса мер по предупреждению возникновения рецидива, заключающаяся во внедрении хирургического компонента в виде фибротомии, которая позволяет исключить негативное воздействие связочного аппарата выровненных зубов, имевших ранее скученное положение. По данным клинико-рентгенологических исследований при применении метода фибротомии не выявлено снижение зубодесневого соединения с вестибулярной и оральной сторон, а также изменения высоты альвеолярного гребня и потери межальвелярной кости и резорбции корней зубов, что свидетельствует об отсутствии негативного воздействия на состояние пародонта, как в ближайшие, так и в отдаленные сроки наблюдения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аюпова Ф. С., Ажмегова О. А. Выбор метода лечения при скученном положении зубов // Современные вопросы стоматологии: Материалы XII межрегиональной научно — практической конференции стоматологов, — Ижевск, 2000. — С. 253–255.
2. Оспанова Г. Б., Стебелькова М. Л., Спиваков П. В. Хирургические мероприятия в целях предупреждения рецидива аномалий прикуса после ортодонтического лечения // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2002. № 1–2. — С. 77–80.
3. Слабковская А. Б., Определение длины переднего отдела зубных рядов на гипсовых моделях челюстей // Стоматология. — 1994. — Т. 76. — № 4. — С. 56–58.
4. Трезубов В. Н., Щербаков А. С., Фадеев Р. А. Ортодонтия. — 2-е изд. — М.: Мед. Книга, 2005. — 148 с.
5. Ф. Я. Хорошилкина. Ортодонтия. Дефекты зубов, зубных рядов, аномалии прикуса, морфофункциональные нарушения в челюстно-лицевой области и их комплексное лечение. МИА, Москва 2006. С. 302–308.
6. Little R. M. An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention, Am. J. Orthod 1998. С. 423–428.

© Кулаков Сергей Александрович (kulakovsa22@mail.ru), Байриков Иван Михайлович, Сирант Леонид Борисович

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

# ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РОТОВОЙ ЖИДКОСТИ И СЫВОРОТКЕ КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ ПОЛУЧИВШИХ РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ЗУБНЫХ ПРОТЕЗОВ

## STUDY OF TRACE ELEMENTS IN ORAL FLUID AND SERUM IN PATIENTS OBTAIN DIFFERENT DENTURES

**S. Lazarev  
S. Chuykin  
T. Chemikosova**

*Summary.* By using different types of dentures in the oral fluid and serum micronutrient content changes occur depending on the kind of the dental prosthesis, which in turn affects its operation. The optimal choice of prosthesis designs based on the content of trace elements in the oral fluid and blood serum can help to predict its life and improve the quality of life of the patient.

*Keywords:* Trace elements, oral prosthetics, dentures, abutments.

**Лазарев Сергей Анатольевич**

*К.м.н., доцент, ГБУ ВО «Башкирский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
lazarew@yandex.ru*

**Чуйкин Сергей Васильевич**

*Д.м.н., профессор, ГБУ ВО «Башкирский  
государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации*

**Чемикосова Татьяна Степановна**

*К.м.н., доцент, ГБУ ВО «Башкирский государственный  
медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации*

*Аннотация.* При использовании различных видов зубных протезов в ротовой жидкости и сыворотке крови происходят изменения содержания микроэлементов в зависимости от вида зубного протеза, что в свою очередь отражается на его функционировании. Оптимальный выбор конструкции зубного протеза исходя из содержания микроэлементов в ротовой жидкости и сыворотке крови поможет прогнозировать срок его службы и улучшит качество жизни пациента.

*Ключевые слова:* Микроэлементы, протезирование полости рта, зубные протезы, опорные зубы.

**Ш**ирокое применение в клинике ортопедической стоматологии съёмных и несъёмных конструкций позволяет решать вопросы замещения дефектов зубного ряда и восстановления функции жевания Ортопедические конструкции находятся в контакте не только с эмалью зубов, слизистой оболочкой ротовой полости, но и постоянно взаимодействуют с ротовой жидкостью. Ротовая жидкость в норме характеризуется определённым постоянством состава и обладает рядом свойств [2,4]. Она взаимодействует со слизистой оболочкой полости рта, эмалью зубов и реагирует изменением физико-химического состава на процессы, происходящие в тканях пародонта, костной ткани челюстей и организме в целом [1,5].

Съёмные и несъёмные зубные протезы, выполненные из различных материалов и сплавов, находятся в процессе лечения в полости рта длительное время и постоянно омываются ротовой жидкостью. Они влияют как на рецепторный аппарат полости рта, так и на микроорганизмы через изменения состава и свойств ротовой жидкости, и вместе с тем сама ро-

товая жидкость как биологическая субстанция влияет на структуру материалов и сплавов, входящих в состав ортопедических конструкций тем самым вторично изменяя свои свойства [3,7].

Изучение влияния зубных протезов при восстановлении целостности зубных рядов на состав и свойства ротовой жидкости, а, следовательно, и на гомеостаз при лечении пациентов важен для прогнозирования и изучения воздействия на костную ткань челюстей.

В свою очередь ротовая жидкость также влияет на структуру материалов, из которых изготовлены ортопедические конструкции, что также способствует изменениям характеристик жидкости полости рта [6,8].

По нашему мнению, прогностически важной представляется оценка влияния зубных протезов, используемых для восстановления целостности зубных рядов, на состав и свойства ротовой жидкости. Такого рода данные позволяют осуществлять прогноз воздействия применяемых конструкций на костную ткань челюстей.

Таблица 1. Концентрации Ca, Mg и P в слюне и сыворотке крови у обследуемых контрольной группы (n=30)

Показатели	Ротовая жидкость	Сыворотка крови
Ca, ммоль/л	1,97±0,15	2,33 ± 0,06
Mg, ммоль/л	0,72±0,09	0,96± 0,05
P, ммоль/л	3,22±0,25	1,26± 0,01

Таблица 2. Содержание Ca, Mg, P в слюне и плазме крови у пациентов через 12 месяцев после установки частичных съемных протезов

Показатели	Слюна		Сыворотка крови	
	Группа сравнения (n=11)	Группа 2 основная (n=10)	Группа 1 сравнения (n=11)	Группа 2 основная (n=10)
Ca, ммоль/л	1,91±0,14	1,94±0,19	2,25±0,11	2,29± 0,21
Mg, ммоль/л	0,68±0,06	0,71±0,08	0,91± 0,09	0,93± 0,06
P, ммоль/л	3,09±0,15	3,18±0,31	1,21± 0,07	1,22± 0,12

Общепризнанно, что стабильность этих показателей обуславливает стабильность зубов в полости рта и плотности костной ткани челюстей. Оценка изменений основных показателей микроэлементов при использовании различных видов зубных протезов может быть использована в качестве важного прогностического критерия устойчивости ортопедических конструкций.

Вышеприведенные положения послужили основанием к изучению на следующем этапе нашего исследования концентраций микроэлементов в сыворотке крови и ротовой жидкости.

### Материалы и методы исследования

Лабораторные исследования Ca, Mg, P в ротовой жидкости и сыворотке крови проводили по инструкции по применению наборов реагентов для определения неорганического фосфора (УФ-метод без депротенизации)- набор фосфор НОВО, кальция — набор кальций НОВО, магния — магний НОВО — фотометрическим методом, по стандартным методикам.

Выполнено сравнительное исследование параметров при установке различных конструкций протезов пациентам основных групп (которым при планировании стоматологического ортопедического лечения была использована разработанная нами технология) и групп сравнения (при планировании был применен стандартный подход).

Для сравнения значений показателей использовали также данные, полученные при обследовании контрольной группы (лиц без признаков выраженной соматической патологии), которую составили 30 человек, из них 15 обследуемых принадлежали к возрастной группе 40–

50 лет (15 человек: 6 мужчин, 9 женщин) и 15 человек — к возрастной группе 51–60 лет (15 человек: 6 мужчин, 9 женщин). У всех обследуемых данной группы концентрации ионов Ca, Mg, P в ротовой жидкости и плазме крови находились в пределах возрастной нормы (таблица 1).

### Результаты и их обсуждение

В группы исследования (основную и сравнения) были включены данные, полученные при изучении биосубстратов 10–14 человек из каждой группы, которым были установлены различные конструкции протезов.

Проведенные исследования показали, что у пациентов, которым были установлены частичные съемные протезы, уровни Ca, Mg, P в ротовой жидкости и плазме крови снижены по сравнению с уровнями контрольной группы.

Сравнительная оценка показала, что у пациентов основной группы концентрации этих микроэлементов в ротовой жидкости были несколько выше, чем в группе сравнения, хотя при этом значимых межгрупповых отличий выявлено не было (таблица 2).

Анализ уровней этих показателей в плазме крови также показал незначительное превышение уровней микроэлементов Ca, Mg, P у пациентов, которым были установлены протезы с использованием разработанной нами программы прогнозирования, по сравнению с таковыми в группе сравнения.

Уровни Ca, Mg, P в слюне и плазме крови у пациентов через 12 месяцев после установки бюгельных протезов представлены в таблице 3. Оценка содержания ионов кальция, магния и фосфора в слюне пациентов, которым были установлены бюгельные протезы, свидетельство-

Таблица 3. Содержание Ca, Mg, P в слюне и плазме крови у пациентов через 12 месяцев после установки бюгельных протезов

Показатели	Слюна		Сыворотка крови	
	Группа сравнения (n=10)	Группа 2 основная (n=12)	Группа 1 сравнения (n=10)	Группа 2 основная (n=12)
Ca, ммоль/л	1,92±0,12	1,95±0,23	2,26±0,06	2,31± 0,12
Mg, ммоль/л	0,68±0,08	0,71±0,06	0,92± 0,07	0,93± 0,09
P, ммоль/л	3,14±0,21	3,21±0,16	1,22± 0,05	1,24± 0,15

Таблица 4. Содержание Ca, Mg, P в слюне и плазме крови у пациентов через 12 месяцев после установки мостовидных протезов

Показатели	Слюна		Сыворотка крови	
	Группа сравнения (n=12)	Группа 2 основная (n=14)	Группа 1 сравнения (n=12)	Группа 2 основная (n=14)
Ca, ммоль/л	1,93±0,15	1,95±0,29	2,29±0,13	2,31± 0,19
Mg, ммоль/л	0,70±0,10	0,72±0,06	0,90± 0,08	0,91± 0,04
P, ммоль/л	3,18±0,35	3,20±0,23	1,19± 0,11	1,21± 0,17

вал, что уровни микроэлементов были ближе к соответствующим значениям у обследуемых лиц контрольной группы, по сравнению с соответствующими уровнями показателей пациентов, которым были установлены частичные съемные протезы.

При этом у пациентов основной группы, которым были установлены протезы с использованием программы прогнозирования плотности костной ткани, уровни Ca, Mg, P были выше соответствующих значениях у пациентов группы сравнения, которым выполнялось протезирование по стандартному алгоритму. Полученные данные свидетельствуют о том, что у лиц последней группы костная ткань более уязвима вследствие неравномерного распределения нагрузки на зубочелюстную систему, что отражается снижением ее плотности.

Безусловно, ввиду того что мостовидный протез находится под разнонаправленными нагрузками, представляется весьма важным получение информации о плотности костной ткани челюстей у таких пациентов. Результаты оценки содержания ионов Ca, Mg, P в слюне и плазме крови пациентов, которым были установлены мостовидные протезы, приведены в таблице 4. Установлено, что концентрации микроэлементов в ротовой жидкости у пациентов основной группы практически идентичны таковым у обследуемых контрольной группы. В то же время значения этих параметров были снижены, как в слюне, так и в плазме крови пациентов группы сравнения, которым устанавливались мостовидные протезы с применением стандартных подходов к планированию ортопедического лечения. Полученные данные свидетельствуют о том, что у лиц последней группы костная ткань более уязвима

вследствие неравномерного распределения нагрузки на зубочелюстную систему, что подтверждается данным, свидетельствующими о снижении ее плотности.

Результаты оценки содержания микроэлементов в ротовой жидкости и сыворотке крови у пациентов, которым были установлены имплантаты для замещения дефектов зубного ряда, представлены в таблицах 5–6. В первом случае были установлены мостовидные протезы с опорой на имплантаты, во втором варианте схема замещения дефекта зубного ряда была следующей: «один имплантат — один зуб».

Установлено, что концентрации микроэлементов в ротовой жидкости в основной группе пациентов были выше по сравнению с соответствующими значениями в группе сравнения с замещением дефектов зубного ряда с использованием стандартного обычного алгоритма протезирования (таблица 7.5). Уровни Ca, Mg, P были выше показателей контрольной группы. В то же время у пациентов группы сравнения значения этих параметров были ниже, чем в основной группе и по сравнению с таковыми в контрольной группе.

Аналогичным было соотношение уровней микроэлементов в сыворотке крови обследуемых лиц, хотя значимых отличий от соответствующих значений в контрольной группе выявлено не было ( $p>0,05$ ).

Результаты изучения содержания Ca, Mg, P в слюне и плазме крови пациентов, которым была произведена установка одиночных коронок с опорой на имплантаты,

Таблица 5. Содержание Ca, Mg, P в слюне и плазме крови у пациентов через 12 месяцев после установки протезов с опорой на имплантаты

Показатели	Слюна		Сыворотка крови	
	Группа сравнения (n=11)	Группа 2 основная (n=13)	Группа 1 сравнения (n=11)	Группа 2 основная (n=13)
Ca, ммоль/л	1,96±0,22	1,98±0,16	2,31±0,24	2,33± 0,18
Mg, ммоль/л	0,71±0,08	0,73±0,05	0,91± 0,06	0,94± 0,07
P, ммоль/л	3,22±0,17	3,24±0,21	1,23± 0,12	1,25± 0,15

Таблица 6. Содержание Ca, Mg, P в слюне и плазме крови у пациентов через 12 месяцев после установки одиночных коронок с опорой на имплантаты

Показатели	Слюна		Сыворотка крови	
	Группа сравнения (n=10)	Группа 2 основная (n=11)	Группа 1 сравнения (n=10)	Группа 2 основная (n=11)
Ca, ммоль/л	1,96±0,11	1,99±0,20	2,30±0,12	2,34± 0,32
Mg, ммоль/л	0,71±0,08	0,74±0,05	0,93± 0,05	0,96± 0,09
P, ммоль/л	3,21±0,12	3,26±0,18	1,25± 0,09	1,26± 0,13

представлены в таблице 6. Как видно, при использовании методики протезирования «один имплантат — один зуб» у пациентов основной группы отмечалось стабильное увеличение всех исследуемых показателей в слюне наряду с отсутствием изменений по отношению к уровням данных показателей в контрольной группе. Сходными были соотношения этих показателей и в сыворотке крови.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при установке имплантатов происходящие процессы остеоинтеграции позволяют поддерживать достаточно высокий уровень плотности костной ткани, что в свою

очередь способствует стабильности ортопедической конструкции.

#### ВЫВОДЫ

Полученные данные свидетельствуют о снижении уровня кальция в слюне пациентов, которым осуществлялось протезирование с использованием частичных съемных протезов, бюгельных и мостовидных протезов. В то же время результаты оценки содержания микроэлементов продемонстрировали относительную стабильность изучаемых показателей при замещении дефектов имплантатами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бычков, Н. А. Особенности содержания кальция в слюне больных гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью / Н. А. Бычков, С. В. Бычкова, Ю. А. Бычков // Современная гастроэнтерология. — 2013. — № 6 (74). — С. 38–42.
2. Воронецкий, А. Н. Роль кальция и микроэлементов в обеспечении минеральной плотности костной ткани у детей / А. Н. Воронецкий // Здоровоохранение. — 2013. — № 4. — С. 35–38
3. Галиулина, М. В. и др. (2000). Структурные свойства смешанной слюны в зависимости от состояния полости рта, Омск, сс. 44–48.
4. Горбачев, В. В. Витамины. Макро- и микроэлементы Москва: Мед. книга, 2011. — 428 с.
5. Кожин, А. А. Концентрации биоэлементов в биосубстратах как индикаторы биологической обстановки и общего функционального состояния организма. Экология промышленного производства. — 2011. — № 1. — С. 45–49
6. Коновалова, С. О. Сравнение информативности изучения различных биосубстратов для мониторинга минерального обмена. Украинский биохимический журнал. — 2002. — Т. 4, № 4а. — С. 145–146.
7. Ипполитов Ю. А. Значение органической составляющей твердых тканей зуба для профилактики деструктивного процесса. // Вестник Института стоматологии. Воронеж, 2006. — № 2. — С. 41–46
8. Носков В. Б. Слюна в клинической лабораторной диагностике (обзор литературы) // Клиническая лабораторная диагностика 2008. № 6. С. 14–17.

# ЭРИТРОЦИТЫ КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ЭРИТРОНА В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОСТНАТАЛЬНОГО ОНТОГЕНЕЗА

ERYTHROCYTES AS A MODEL FOR STUDYING THE STATE ERYTHRONE SYSTEM UNDER INFLUENCE OF EXPERIMENTAL SOUR GAS AT DIFFERENT STAGES POSTNATAL ONTOGENESIS

*O. Ovsyannikova*

*Summary.* The study presents data on the state of erythrocytes morphofunctional final link in erythrone system in experimental exposure to sub-toxic doses of sulfur-containing gaseous pollutants, on the stages of ontogeny of experimental animals that correspond to child, adult and old age person. The findings suggest that the effects of sulfur pollutants leads to a profound disturbance of erythropoiesis processes, resulting in marked artificial «aging» erythrone system as a consequence of the deterioration of the conditions of its functioning.

*Keywords:* erythrone system, erythropoiesis, sulfur dioxide, rats.

**Овсянникова Ольга Александровна**

Астраханский государственный медицинский университет  
ovolga.a@yandex.ru

*Аннотация.* В исследовании приведены данные о морфофункциональном состоянии эритроцитов как конечном звене в системе эритрона в условиях экспериментального воздействия субтоксических доз газообразных серосодержащих поллютантов, на тех этапах онтогенеза экспериментальных животных, которые соответствуют детскому, взрослому и пожилому возрасту человека. Полученные данные свидетельствуют, что воздействие серосодержащих поллютантов приводит к глубокому нарушению процессов эритропоэза, в результате чего отмечается искусственное «старение» системы эритрона как следствие ухудшения условий его функционирования.

*Ключевые слова:* система эритрона, эритропоэз, серосодержащий газ, крысы.

**Н**ачиная с 80-х годов прошлого века, в Астраханском регионе ведутся исследования загрязнений атмосферного воздуха и их воздействия на здоровье населения. В первую очередь, проводился глубокий и всесторонний анализ гигиенических аспектов освоения Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ), который включал в себя подробную оценку негативного влияния его выбросов на окружающую среду. Детально изучался состав газообразных технологических выбросов, а также особенности их влияния на организм человека и животных, характер клинических проявлений у лиц, работающих на данном производстве. По результатам долговременных исследований проведена оценка риска развития экологически обусловленных болезней, возникновению которых содействуют серосодержащие поллютанты, присутствующие в технологических выбросах АГКМ [1,2,3].

Клиническая практика исследования реологических свойств эритроцитов позволила обнаружить существенное их ухудшение в условиях определенных патологических состояний, в том числе при влиянии серосодержащих токсинов [11,9,10].

При сравнительном анализе альтерирующего влияния газообразных серосодержащих поллютантов АГКМ и сероводорода на организм и его морфофункциональные системы прослеживается значительная схожесть повреждающего действия. Лидирующей точкой воздействия можно считать окислительно-восстановительные процессы в биологических мембранах и митохондриях клеток, которые относятся к эритроидному ряду красного костного мозга и циркулирующим эритроцитам крови.

Целью нашего исследования явилось изучение влияния субтоксических концентраций серосодержащих поллютантов на морфофункциональное состояние эритроцитов, как конечное звено в системе эритрона на неполовозрелом, зрелом и старческом этапах постнатального развития экспериментальных животных.

## Материалы и методы исследований

Эксперимент проведен на 75 белых беспородных крысах-самцах. Были сформированы группы трех видов: I. контрольные; II. подвергающиеся воздействию серо-



Таблица 1. Периодизация возраста экспериментальных животных и онтогенеза человека

Лабораторные крысы, сут.	Человек
Неполовозрелый (6–36)	Детский
Зрелый (300–330)	Взрослый
Старческий (700–730)	Пожилой возраст

содержащих поллютантов. Каждый вид состоял из трех групп по 10 особей в каждой, животные в которых находились на тех же этапах индивидуального развития, что и люди на протяжении постнатального онтогенеза (таблица 1). Группа II подвергалась воздействию газообразных серосодержащих поллютантов в тот момент, когда животные в них имели возраст: неполовозрелые — от 6 до 36 суток, зрелые — от 300 до 330 суток и старческого возраста — от 700 до 730 суток.

Таблица 1 построена по данным, приведенным в работах [4,5]

В качестве токсиканта использован природный пластовый дегидратированный газ АГКМ, который получили из установки «У-121», куда он поступал из скважины № 17.

В ходе эксперимента была применена концентрация природного газа в газозооной смеси, находящейся в камере, составляющая  $90 \pm 3$  мг/м<sup>3</sup> при измерении по сероводороду. Для измерения концентрации газа в затравочной камере Курляндского были использованы трубки фирмы «Auer» (Германия). Необходимо отметить, что данная величина при одновременном наличии углеводородов больше ПДК сероводорода для рабочих территорий газохимических производств в 30 раз.

Эксперимент (затравку серосодержащим газом) осуществляли, применяя статический метод, в осенне-зимние периоды по 4 часа в день. В течение 30 дней в камере содержали 5 особей одновременно, кроме воскресенья, с 10 до 14 часов, соблюдая температурный режим в пределах  $+22 \pm 2$  °С. В процессе эксперимента относительная влажность повышалась с  $53 \pm 4$  до  $66 \pm 6$ %.

В процессе эксперимента были учтены требования к его условиям и необходимой концентрации газа, отраженные в издании «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ МЗ РФ № 267 от 19.06.2003) [7].

В качестве контрольных исследовались крысы аналогичных экспериментальным возрастным групп, которые по 5 особей в течение 30 дней находились в герметически закрытой затравочной камере такое же время и в тех же условиях, что и опытные, но без присутствия серосодержащего газа.

После окончания эксперимента животные опытных и контрольных возрастных групп выводились из опыта путем передозировки эфирного наркоза. Затем забирали материал (кровь) для сравнительного изучения.

Исследовались форма и количество эритроцитов в периферической крови, забираемой из хвостовой вены крысы. С этой целью готовились окрашенные мазки крови по стандартной методике и использовалась методика подсчета количества эритроцитов с помощью камеры Горяева. Статистическую обработку материалов осуществляли с помощью утилиты OpenOffice Calc из свободно распространяемого программного продукта OpenOffice.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Форма эритроцитов представляет собой пластичную характеристику и находится в зависимости от возраста экспериментального животного, а также от особого действия серосодержащих газообразных поллютантов, о чем свидетельствует морфологическое изучение эритроцитов периферической крови у крыс. Примечательно, что чем старше животное, тем больше встречается макро- и микроцитов, деформированных и деструктивных форм эритроцитов.

Определено, что количество эритроцитов в периферической крови находится в зависимости от стадии онтогенеза объекта исследования, а также от контакта с вредностями специфического характера. Несмотря на то, что тенденция к падению с возрастом содержания эритроцитов у контрольных особей статистически недостоверна, тем не менее, она проявляется.

В контрольных группах животных содержание нормоцитов в крови составляет: неполовозрелые —  $72,8 \pm 1,7$ %, зрелые —  $68,3 \pm 1,4$ %, старческие —  $66,2 \pm 1,3$ %.

Воздействие газообразных серосодержащих поллютантов значительно усугубляет данную негативную динамику морфологической картины красной периферической крови, как бы искусственно «старя» ее. Причем, чем старше объект воздействия токсиканта, тем больше в красной крови встречается нестандартных по величине форм эритроцитов деформированных и деструктивных форм.

Таблица 2. Количество эритроцитов в периферической крови контрольных и экспериментальных животных, млн/мкл ( $M \pm m$ )

Этап онтогенеза	Контроль	p	Газ
Неполовозрелый	$8,3 \pm 0,2$	$< 0,05$	$7,7 \pm 0,2$
Зрелый	$8,2 \pm 0,1$	$< 0,01$	$7,3 \pm 0,1$
Старческий	$7,9 \pm 0,2$	$< 0,01$	$7,0 \pm 0,2$

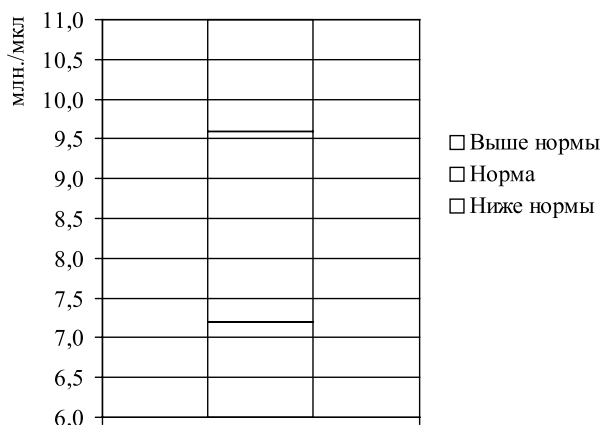


Рис. 1. Нормативы и фактическое содержание эритроцитов у неполовозрелых контрольных и экспериментальных животных

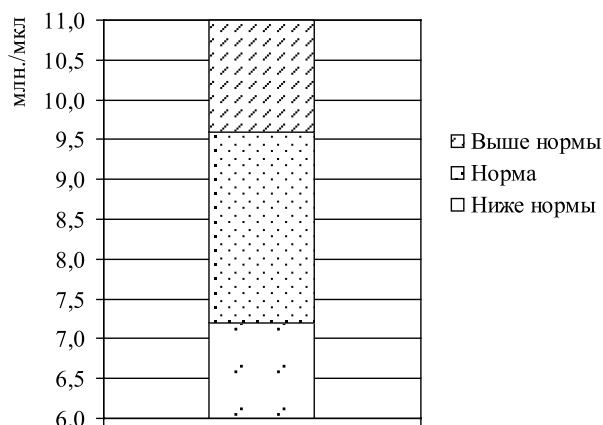


Рис. 2. Нормативы и фактическое содержание эритроцитов на зрелом этапе онтогенеза у контрольных и экспериментальных животных

Результаты определения числа эритроцитов в периферической крови особей контрольных и подвергнутых воздействию газообразных серосодержащих поллютантов изложены в таблице 2, а аналогичные данные по сравнению со стандартной нормой по содержанию эритроцитов у подопытных показаны на рисунках 1–3.

Примечательно, что в области нижней половины нормы находится содержание эритроцитов в периферической крови у контрольных особей, пребывающих на всех исследуемых стадиях онтогенеза, что говорит, хотя и не прямо о наличии экологического неблагополучия в г. Астрахани как месте их экспозиции.

На содержание эритроцитов в периферической крови у экспериментальных животных существенно воздействуют газообразные серосодержащие поллютанты. Понижение представленного показателя у крыс, так же, как и в контроле, в зависимости от этапа онтогенеза статистически недостоверно.

Одновременно с этим спад содержания эритроцитов у экспериментальных особей по сравнению с контрольными статистически достоверен. В возрастных группах старческого и зрелого этапов онтогенеза данное снижение даже высокодостоверно ( $p < 0,01$ ).

Сопоставление результатов, полученных в исследовании, со среднестатистической нормой (рис. 1–3) говорит о том, что с увеличением возраста контакт с характерными токсикантами газохимического производства приводит к тому, что среднеарифметическое значение рассматриваемого показателя подходит к нижней границе нормы.

На зрелом этапе онтогенеза уже у опытных животных содержание эритроцитов в периферической крови с учетом среднеквадратической ошибки падает до нижней границы среднестатистической нормы.

В данном исследовании было выявлено, что суммирующий вектор названных процессов обуславливает возникновение эритропении как реакцию на воздействие токсиканта. Представляется весьма обоснованным мнение о том, что значительное количество поступивших в периферическую кровь, но не вполне созревших эритроцитов могут быть, так или иначе, функционально неполноценными. Такой предположение подтверждается существованием в периферической крови экспериментальных животных большого числа деструктивных форм эритроцитов.

Проведенные исследования четко продемонстрировали, что внешнее воздействие субтоксическими концентрациями газообразных серосодержащих пол-

лютантов приводит к статистически достоверной эритропении. Причем, если на неполовозрелом и зрелом этапах онтогенеза экспериментальных животных такое уменьшение количества эритроцитов не выходит за пределы возрастных норм, то в старческом возрасте зафиксировано падение ниже возрастной нормы. Вероятно, такая значительная токсическая эритропения свидетельствует о невозможности адекватного ответа системы эритрона на воздействие поллютантов в результате возрастного истощения.

Полученные данные свидетельствуют, что воздействие субтоксических концентраций газообразных серосодержащих поллютантов приводит к глубокому нарушению процессов эритропоэза. Это проявляется статистически достоверным снижением количества эритроцитов в периферической крови, приводящим к значительной эритропении на всех изучаемых этапах онтогенеза, которая в старческом периоде выходит за нижний предел возрастной нормы. Следовательно, результатом воздействия субтоксических концентраций газообразных серосодержащих пол-

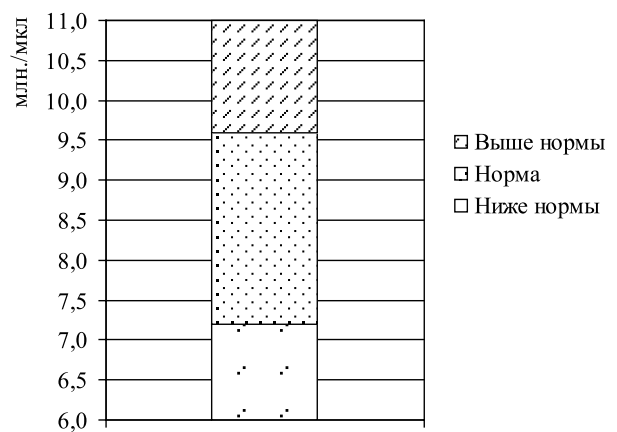


Рис. 3. Нормативы и фактическое содержание эритроцитов у контрольных и экспериментальных крыс на старческом этапе онтогенеза

лютантов является искусственное «старение» системы эритрона в результате ухудшения условий его функционирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асфандияров, Р. И. Острые отравления серосодержащими газами / Р. И. Асфандияров, В. Н. Бучин, А. Е. Лазыко, А. А. Резаев // Астрахань: АГМА, 1995. — 156 с.
2. Богданов, Н. А. Санитарно-гигиеническое состояние территории Астрахани: химическое загрязнение / Н. А. Богданов, Е. Л. Николаевская, Л. Н. Морозова, Л. Ю. Чуйкова, Ю. С. Чуйков // Астрахань: Нижневолжский экоцентр института географии РАН НПП «Эколого-аналитический центр», 2011. — 201 с.
3. Бойко, В. И. Гигиенические аспекты освоения Астраханского газоконденсатного месторождения [Текст] / В. И. Бойко, В. Н. Салько, М. П. Евдошенко // Медико-биологические аспекты экологических проблем Астраханского газового комплекса: тезисы докладов областной научно-практической конференции (г. Астрахань, 23–25 ноября 1989 г.). — Астрахань: Каспий, 1989. — С. 3–7.
4. Гелашвили О. А. Вариант периодизации биологически сходных стадий онтогенеза человека и крысы / Саратовский научно-медицинский журнал. — 2008. — т. 22. — № 4. — С. 125–126.
5. Западнюк И. П. Лабораторные животные [Текст] / И. П. Западнюк, В. И. Западнюк, Е. А. Захария // Киев: «Вища школа». — 1983. — 381 с.
6. Позднякова, О. Н. Особенности ранней динамики активности каталазы и степени перекисного гемолиза эритроцитов в крови животных, адаптированных к холоду [Текст] / О. Н. Позднякова, Л. А. Просина // Естественные науки: журнал фундаментальных и прикладных исследований. — 2007. — № 1. — С. 74–78.
7. Приказ Минздрава РФ от 19.06.2003 № 267 «Об утверждении правил лабораторной практики» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. — 2003. — № 42. — С. 27–36.
8. Теплый, Д. Д. Особенности морфофизиологических показателей эритроцитов белых крыс на этапах онтогенеза в норме и при оксидативном стрессе: автореферат дис. ... канд. биол. наук / Д. Д. Теплый. — Астрахань, 2011. — 21 с.
9. Эсаулова Т. А. Особенности формирования экологически обусловленной патологии у работников крупного газоперерабатывающего производства: профилактика, реабилитация: дис. ... доктора мед. наук. / Т. А. Эсаулова. — Астрахань, 2009. — 283 с.
10. Ярошинская, А. П. Функционально-морфологическое состояние плазмы крови и эритроцитов человека в юношеском, взрослом и зрелом возрастах в норме и в условиях воздействия серосодержащих поллютантов: автореферат дис. ... доктора биол. наук / А. П. Ярошинская. — Астрахань, 2011. — 34 с.
11. Ярыга, В. В. Изучение эритроцитов и гемоглобина в диспансерных группах с высоким риском возникновения профпатологии на АГПЗ [Текст] / В. В. Ярыга // Труды АГМА: мат-лы научных исследований по основным направлениям вуза. — Астрахань: МИГ, 1996. — Т. IV (XXVIII). — С. 34–36.

© Овсянникова Ольга Александровна (ovolga.a@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

## ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ ВИТАМИНА Д В РАЗВИТИИ АУТОИММУННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

### THE POSSIBLE ROLE OF VITAMIN D IN THE DEVELOPMENT OF AUTOIMMUNE DISEASES

**E. Shamitova  
K. Mat'kov**

*Summary.* To establish the fact that vitamin D performs its functions in the body in the form of formed from it of active metabolites, has opened up broad prospects for their practical use for the correction of FOS-Forno-calcium exchange in a number of pathological conditions, and to study the relationship of chemical structure and biological activity of these metabolites allows closer approach to the elucidation of the specific mechanism of their action at the molecular level.

*Keywords:* connective tissue, the vitamin D biological activity

**Шамитова Елена Николаевна**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова»  
shamitva@mail.ru

**Матьков Константин Геннадьевич**

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова»

*Аннотация.* Установление того факта, что витамин D выполняет свои функции в организме в форме образующихся из него активных метаболитов, открыло широкие перспективы их практического использования для коррекции фосфорно-кальциевого обмена при целом ряде патологических состояний, а изучение взаимосвязи химической структуры и биологической активности этих метаболитов позволяет ближе подойти к выяснению конкретного механизма их действия на молекулярном уровне.

*Ключевые слова:* соединительная ткань, витамин D, биологическая активность.

**П**о частоте встречаемости и смертности в развитых странах аутоиммунные заболевания занимают третье место, уступая лишь онкологическим заболеваниям и болезням сердца [Harel M, Shoefeld Y. 2006].

Соединительная ткань — это система, которая обеспечивает функционирование всех клеток-мишеней, которые участвуют в адаптационной реакции на стресс. Более того, соединительная ткань не только «соединитель», регулятор и передатчик эффектов других интегративных систем, реализующих феномен стресс, но и депо стресса в организме человека. Соединительная ткань составляет в среднем 75% массы тела человека и в организме человека функционирует как единая система с принципами обратной связи. Находится в постоянном взаимодействии с другими функциональными системами (нервной, эндокринной, иммунной) и тканями (эпителиальной, мышечной, нервной). Она обеспечивает межклеточную информацию и, тем самым, определяет время «включения» и «выключения» генов, их активность, полноценность, правильность «сборки» нуклеотидов на и-РНК, что свидетельствует о ее важной роли в формировании многих болезней.

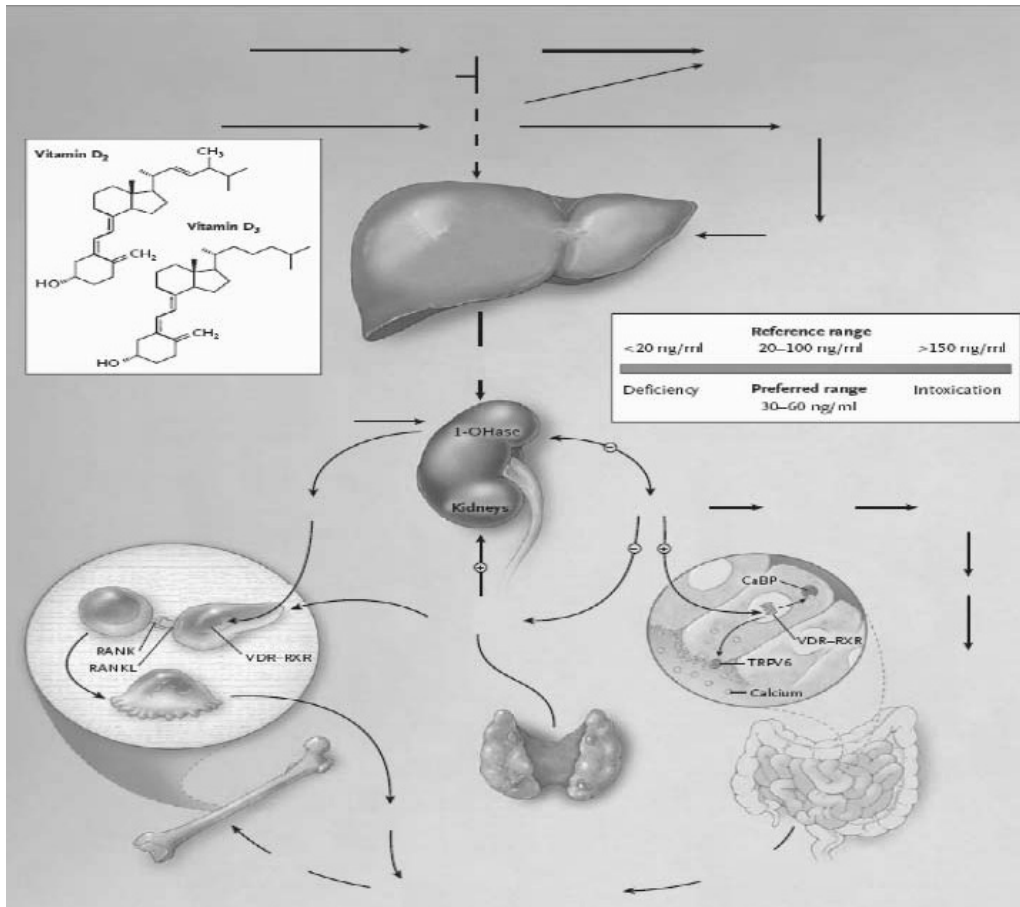
Однако если роль эндокринной и иммунной систем в патогенезе аутоиммунных заболеваний активно изучается, то о роли соединительной ткани в механизмах развития этих процессов известно очень мало.

Нарушение гомеостаза соединительной ткани, декомпенсация гомеостатических процессов на ее

уровне в конечном итоге и приводит к дизрегуляции системы соединительной ткани и других систем, участвующих в стрессорной реакции (в первую очередь гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы). Конечным результатом этих нарушений является формирование диффузных болезней соединительной ткани (ДБСТ), которые характеризуются множеством нозологических форм, характеризующихся системным типом воспаления различных органов и систем, сочетающимся с развитием аутоиммунных и иммунокомплексных процессов, а также избыточным фиброобразованием [Насонова В. А., 1989]. К данному подклассу относятся такие распространенные заболевания как системная красная волчанка (СКВ), синдром Шогрена (СШ), системная склеродермия (СС), смешанное заболевание соединительной ткани (СЗСТ).

Обычное клинико-лабораторное обследование и инструментальные исследования в большинстве случаев не позволяют подтвердить диагноз ДБСТ, и именно иммунологическое обследование помогает в объективизации диагноза.

Важность его применения можно подчеркнуть тем, что иммунологические показатели составляют 2 из 11 критериев, используемых для постановки диагноза СКВ [Тан Е. М., 1982]. Также велика роль иммунологического обследования при необходимости дифференциальной диагностики близких нозологических форм и других заболеваний с воспалительной симптоматикой.



Иммунная система: действие 1,25(OH)2D на иммуносупрессию и продукцию цитокинов

Основным иммунологическим феноменом, характерным для ДБСТ, является присутствие в сыворотке крови больных антинуклеарных антител. Антинуклеарные антитела (АНА) представляют собой семейство из более чем 100 аутоантител, направленных против нуклеопротеиновых и белковых компонентов ядра и цитоплазмы клетки [Bradwell A., 2003]. Разнообразные методы используются в клинической практике для выявления лишь 20 из них. Хотя клиническое применение конкретных показателей исследовано сравнительно хорошо, однако четких рекомендаций о последовательности использования различных тестов, комбинации тестов, а также о предпочтительных методах выявления аутоантител не разработано.

В связи с этим, лабораторные тесты, отражающие состояние системы соединительной ткани, служат надежными маркерами состояния данной системы и показателями, которые могут быть основой для составления индивидуальной программы предупреждения заболеваний.

Несмотря на относительно высокую распространенность, этиология и патогенез большинства ауто-

иммунных нарушений до сих пор остаются неясными, хотя известно, что в их патогенезе участвует целый ряд различных факторов. Недавно список факторов, связанных с развитием аутоиммунной реакции, пополнил витамин D.

Витамин D обладает множеством иммунодепрессивных свойств. На некоторых животных моделях, в частности аллергического энцефаломиелита, коллаген-индуцированного артрита, сахарного диабета 1 типа, воспалительной болезни кишечника, аутоиммунного тиреоидита и системной красной волчанки (СКВ), была продемонстрирована терапевтическая эффективность витамина D, причем в некоторых моделях СКВ прием витамина D был способен предотвратить развитие болезни. Одно из последних исследований показало, что высокое содержание витамина D в крови связано с низким риском возникновения рассеянного склероза [Van Etten E. et al., 2003; Munger K. L., et al., 2006].

Потребовалось почти 80 лет со дня открытия витамина D как «антирахитического» средства для понимания его роли в организме как гормона.

Витамин D существует в двух формах: витамин D3 (холекальциферол) и витамин D2 (эргокальциферол). Источниками поступления витамина D в организм являются пища и эндогенный синтез. Хорошо сбалансированная диета не всегда обеспечивает достаточное поступление витамина D, поскольку он содержится только в ограниченном числе продуктов: в форме D2 — в растительных источниках или в форме D3 — в животных источниках.

Эндогенный синтез происходит в коже под воздействием ультрафиолетовых лучей типа B (УФ-B; длина волны 290–320 нм) в составе солнечного света. Энергия УФ-B излучения проходит эпидермис и дерму, области, где локализуется провитамин D (7-дегидрохолестерол), и превращает его в превитамин D. Температура кожи на протяжении дня способствует превращению провитамина D3 в витамин D3. Витамин D3 связывается с циркулирующим белком-переносчиком (витамин D-связывающий белок) и затем покидает кожу и попадает в кровоток. Первый шаг в превращении витамина D в биологически активный гормон — это гидроксирование в 25-м положении в печени. Затем 25(OH)D в комплексе с витамин D-связывающим белком транспортируется циркулирующей кровью в почки, где происходит конечная фаза активации витамина D в 1,25-дигидроксивитамин D. 1,25(OH)2D в дальнейшем взаимодействует со многими органами-мишенями в тканях по всему организму путем связывания с ядерным рецептором витамина D (VDR), членом суперсемейства лиганд-активируемых факторов транскрипции (см. рисунок).

### Метаболизм витамина D и его действие

Помимо влияния на миелоидные клетки, а также на моноциты/макрофаги при дифференцировке их в ОК, 1,25(OH)2D обладает множеством эффектов на иммунную систему. VDR присутствуют на многих клетках иммунной системы, особенно на антигенпрезентирующих клетках (АПК), таких как моноциты/макрофаги, дендритные клетки. Циркулирующие спящие B- и T-лимфоциты не экспрессируют VDR, но при бласт-трансформации или при активировании митогеном они начинают экспрессировать VDR и отвечают на 1,25(OH)2D. В ряде исследований был показан хороший эффект 1,25(OH)2D при аутоиммунных заболеваниях. Например, 1,25(OH)2D подавляет антиген-индуцированную пролиферацию T-клеток, продукцию цитокинов, а также селективно подавляет развитие хелперных T-клеток 1-го типа (Th1) путем ингибирования продукции цитокинов, таких как интерлейкины (ИЛ) 2 и 12, интерферона  $\gamma$  (ИНФ  $\gamma$ ), фактор некроза опухоли  $\alpha$  (ФНО  $\alpha$ ). При этом 1,25(OH)2D стимулирует

развитие Th2-клеток, и данное его действие может иметь позитивное значение при лечении аутоиммунных заболеваний.

На различных моделях животных назначение 1,25(OH)2D снижало иммунный ответ при условии его назначения до развития или на ранних стадиях развития заболевания [3]. Так, 1,25(OH)2D и его аналоги ингибируют развитие некоторых аутоиммунных заболеваний, таких как экспериментальный аллергический энцефаломиелит, рассеянный склероз, СКВ, тиреоидит, коллаген-индуцированные артриты, воспалительные заболевания кишечника, сахарный диабет 1-го типа [8].

### Витамин D и ревматоидный артрит — экспериментальные данные

VDR были найдены в макрофагах, хондроцитах и синовиоцитах в синовии и областях хрящевых эрозий у больных ревматоидным артритом (РА), но не в тканях, взятых у здоровых лиц из контрольной группы. Местно продуцируемый витамин D может действовать как паракринный фактор, снижая активность T-клеток за счет ингибции клеточной пролиферации и снижения продукции медиаторов клеточного воспаления [7]. На модели у мышей было показано, что назначение 1,25(OH)2D предохраняет от возникновения и прогрессирования воспалительных заболеваний суставов [9].

### Связь между возникновением ревматоидного артрита и потреблением витамина D

В нескольких исследованиях было изучено потребление витамина D с продуктами питания и добавками до начала РА и предпринята попытка связать его потребление с заболеваемостью РА. Так, в большом проспективном когортном исследовании IWHNS были проанализированы данные, полученные в ходе наблюдения за 29368 женщинами в возрасте 55–69 лет без наличия РА на начало исследования. Авторы показали, что большее потребление витамина D (>468 МЕ/сут. по сравнению с <221 МЕ/сут) обратно коррелировало с риском развития РА (ОР=0,67; 95% ДИ 0,44–1,00; p=0,05), особенно у тех, кто принимал фармакологические добавки витамина D (p=0,03).

Имеются данные, что в северных странах отмечается более высокая распространенность РА по сравнению с южными государствами. Например, в Финляндии она составляет 0,8%, а в Италии — 0,3%, что, возможно, связано также с УФ-облучением и выработкой витамина D. Проведенный нами анализ стати-

стических данных Минздравсоцразвития Российской Федерации по распространенности и заболеваемости РА в России за 2015 г. показал, что имеется некоторая тенденция к повышению этих показателей в регионах, находящихся на севере нашей страны, по сравнению с югом: например, в Краснодарском крае (45° с.ш.) они составили 142 и 16,5 на 100 тыс. населения, а в Архангельской области (84° с.ш.) — 240,8 и 27,3 на 100 тыс., что может косвенно подтвердить предположение

о том, что витамин D играет роль в развитии аутоиммунных заболеваний.

Приведенный нами обзор литературных источников показывает, что в настоящее время роль витамина D в развитии и прогрессировании аутоиммунных заболеваний еще не установлена. Также мало данных о способности препаратов витамина D эффективно воздействовать на состояние соединительной ткани.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nagpal S., Na S., Rathnachalam R. Noncalcemic actions of vitamin D receptor ligands. *Endocr Rev* 2005;26:662–87.
2. Mathieu C., Adorini L. The coming of age of 1,25-dihydroxyvitamin D(3) analogs as immunomodulatory agents. *Trends Mol Med* 2002;8:174–9.
3. Lemire J. Vitamin D3, autoimmunity and immunosuppression. In: *Vitamin D*. 2nd ed. (D. Feldman, J. W. Pike, and F. Glorieux, eds). San Diego: Elsevier Academic Press, 2005:1753–62.
4. Lemire J. M., Archer D. C., Beck L., Spiegelberg H. L. Immunosuppressive actions of 1,25-dihydroxyvitamin D3, preferential inhibition of Th1 functions. *J Nutr* 1995;125:1704–8.
5. Boonstra A., Barrat F. J., Crain C. et al. 1alpha, 25-dihydroxyvitamin D3 has a direct effect on naive CD4(+) T cells to enhance the development of Th2 cells. *J Immunol* 2001;167:4974–80.
6. Cutolo M. Vitamin D and autoimmune rheumatic diseases. *Rheumatology* 2009;48:210–2.
7. Hewison M., Adams J. S. Extra-renal 1α-hydroxylase activity and human disease. In: *Vitamin D*, 2nd ed. (D. Feldman, J. W. Pike, and F. Glorieux, eds). San Diego: Elsevier Academic Press, 2005:1378–400.
8. Szodoray P., Nakken B., Gaal J. et al. The complex role of vitamin D in autoimmune diseases. *Scand J Immunol* 2008;68:261–9.
9. Cantorna M. T., Hayes C. E., DeLuca H. F. 1,25-dihydroxycholecalciferol inhibits the progression of arthritis in murine models of human arthritis. *J Nutr* 1998;128:68–72.
10. Merlino L. A., Curtis J., Mikuls T. R. et al. Vitamin D is associated with lower risk of rheumatoid arthritis in older women: results from the Iowa Women's Health Study. *Arthr Rheum* 2004;50:72–7.
11. Costenbader K. H., Feskanich D., Holmes M. et al. Vitamin D intake and risks of systemic lupus erythematosus and rheumatoid arthritis in women. *Ann Rheum Dis* 2008;67:530–5.
12. Nielsen M. M., van Schaardenburg D., Lems W. F. et al. Vitamin D deficiency does not increase the risk of rheumatoid arthritis: comment on the article by Merlino et al. *Arthr Rheum* 2006;54:3719–20.
13. Feser M., Derber L. A., Deane K. D. et al. Plasma 25, OH vitamin D levels not associated with rheumatoid arthritis-related autoantibodies in individuals at elevated risk for rheumatoid arthritis. *J Rheumatol* 2009;36(5):943–6.
14. Iikuni N., Nakajima A., Inoue E. et al. What's in season for rheumatoid arthritis patients? Seasonal fluctuations in disease activity. *Rheumatology* 2007;46:846–8.
15. Cutolo M., Otsa K., Laas K. et al. Circannual vitamin D serum levels and disease activity in rheumatoid arthritis: northern versus southern Europe. *Clin Exp Rheumatol* 2006;24:702–4.
16. Patel S., Farragher T., Berry J. et al. Association between serum vitamin D metabolite levels and disease activity in patients with early inflammatory polyarthritis. *Arthr Rheum* 2007;56:2143–9.
17. Craig S., Yu F., Curtis J. R. et al. Vitamin D Status and Its Associations with Disease Activity and Severity in African Americans with Recent-onset Rheumatoid Arthritis. *J Rheumatol* 2010;37(2):275–81.
18. Haque U. J., Bartlett S. J. Relationships among vitamin D, disease activity, pain and disability in rheumatoid arthritis. *Clin Exp Rheumatol* 2010;28(5):745–7.
19. Kerr G. S., Sabahi I., Richards J. S. et al. Prevalence of Vitamin D Insufficiency/Deficiency in Rheumatoid Arthritis and Associations with Disease Severity and Activity. *J Rheumatol* 2010;38:53–9.
20. Garcia-Lozano J. R., Gonzalez-Escribano M. F., Valenzuela A. et al. Association of vitamin D receptor genotypes with early onset rheumatoid arthritis. *Eur J Immunogenet* 2001;28:89–93.
21. Goertz B., Fassbender W. J., Williams J. C. et al. Vitamin D receptor genotypes are not associated with rheumatoid arthritis or biochemical parameters of bone turnover in German RA patients. *Clin Exp Rheumatol* 2003;21:333–9.
22. Gomez-Vaquero C., Fiter J., Enjuanes A. et al. Influence of the Bsm1 polymorphism of the vitamin D receptor gene on rheumatoid arthritis clinical activity. *J Rheumatol* 2007;34:1823–6.
23. Lee C. K., Hong J. S., Cho Y. S. et al. Lack of relationship between vitamin D receptor polymorphism and bone erosion in rheumatoid arthritis. *J Korean Med Sci* 2001;16:188–92.
24. Mosekilde L. Vitamin D and the elderly. *Clin Endocrinol* 2005;62:265–81.
25. Venning G. Recent developments in vitamin D deficiency and muscle weakness among elderly people. *Br Med J* 2005;330:524–6.

26. Jackson C., Gaugris S., Sen S., Hosking D. The effect of cholecalciferol (vitamin D3) on the risk of fall and fracture: a metaanalysis. *Q J Med* 2007;100:185–92.
27. Kaz H., Johnson D., Kerry S. et al. Fall-related risk factors and osteoporosis in women with rheumatoid arthritis. *Rheumatology* 2004;43:1267–71.
28. Armstrong C., Swarbrick C. M., Pye S. R., O'Neill T. W. Occurrence and risk factors for falls in rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis* 2005;64:1602–4.
29. Oswald A. E., Pye S. R., O'Neill T. W. et al. Prevalence and associated factors for falls in women with established inflammatory arthritis. *J Rheumatol* 2006;33:690–4.
30. Van Staa T. P., Geusens P., Bijlsma J. W. J. et al. Clinical assessment of the long-term risk of fracture in patients with rheumatoid arthritis. *Arthr Rheum* 2006;54:3104–12.
31. Gough A., Sambrook P., Devlin J. et al. Effect of vitamin D receptor gene alleles on bone loss in early rheumatoid arthritis. *J Rheumatol* 1998;25:864–8.
32. Rass P., Pakozdi A., Lakatos P. et al. Vitamin D receptor gene polymorphism in rheumatoid arthritis and associated osteoporosis. *Rheumatol Int* 2006;26:964–71.
33. Oelzner P., Miller A., Deschner F. et al. Relationship between disease activity and serum levels of vitamin D metabolites and PTH in rheumatoid arthritis. *Calcif Tissue Int* 1998;62:193–8.
34. Haugeberg G., Orstavik R. E., Uhlig T. et al. Bone loss in patients with rheumatoid arthritis: results from a population based cohort of 366 patients followed up for two years. *Arthr Rheum* 2002;46:1720–8.
35. Dawson-Hughes B., Heaney R. P., Holick M. F. et al. Estimates of optimal vitamin D status. *Osteoporos Int* 2005;16:713–6.
36. Trang H., Cole D. E., Rubin L. A. et al. Evidence that vitamin D3 increases serum 25-hydroxyvitamin D more efficiently than does vitamin D2. *Am J Clin Nutr* 1998;68:854–8.
37. Armas L. A. G., Hollis B. W., Heaney R. P. Vitamin D2 is much less effective than vitamin D3 in humans. *J Clin Endocrinol Metab* 2004;89:5387–91.
38. Romagnoli E., Mascia M. L., Cipriani C. et al. Short and long term variation in serum calcitrophic hormones after a single very large dose of ergocalciferol (vitamin D2) or cholecalciferol (vitamin D3) in the elderly. *J Clin Endocrinol Metab* 2008;93:3015–20.
39. Vieth R., Kimball S., Hu A., Walfish P. G. Randomized comparison of the effect of the vitamin D3 adequate intake versus 100 mcg (4000 IU) per day on biochemical response and the well-being of patients. *Nutr J* 2004;3:8–18.
40. Heaney R. P., Davies K. M., Chen T. C. et al. Human serum 25-hydroxycholecalciferol response to extended oral dosing with cholecalciferol. *Am J Clin Nutr* 2003;77:204–10.
41. Andjelkovic Z., Vojinovic J., Pejnovic N. et al. Disease modifying and immunomodulatory effects of high dose 1alpha(OH)D3 in rheumatoid arthritis patients. *Clin Exp Rheumatol* 1999;17:453–6.
42. Гукасян Д. А. Остеопороз у больных ревматоидным артритом, его коррекция альфакальцидолом: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2000.
43. исследований по основным направлениям вуза. — Астрахань: МИГ, 1996. — Т. IV (XXVIII). — С. 34–36.

© Шамитова Елена Николаевна (shamitva@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»





## НАШИ АВТОРЫ

- Akimov D.** — Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory «Kiberpoligon»  
akimovdmitri@gmail.com  
ambroz220@yandex.ru
- Avramov A.** — MESAC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
- Balinova N.** — The Kalmyk Institute for Humanities Research, RAS, Elista  
balinovs@mail.ru
- Barulina M.** — Ph.D., Senior Researcher, Institute of Precision Mechanics and Control, Russian Academy of Sciences, Saratov  
marina@barulina.ru
- Bayrikov I.** — MD, Professor, Samara State Medical University (SSMU)
- Boldinov A.** — MESAC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
- Chemikosova T.** — PhD, assistant professor, State budget institution of higher education «Bashkir State Medical University» of the Russian Federation Ministry of Health
- Chuykin S.** — MD, Ph.D., Professor, State Budget Institution of Higher Professional Education «Bashkir State Medical University» of the Russian Federation Ministry of Health
- Dzhaubermezov M.** — Bashkir State University, Ufa  
murat-kbr@mail.ru
- Gilmutdinova E.** — magister 2 course  
evgenia-1000@bk.ru
- Grebneva S.** — Izhevsk State Medical Academy  
neosveta@gmail.com
- Ibragimova Kh.** — Dagestan State Medical University, Dagestan, Makhachkala  
ibragimova3953@mail.ru
- Kamenets A.** — Saratov State Technical University of Y. A. Gagarin  
kamenetsaf@yandex.ru
- Khomyakova I.** — Research Institute and Museum of Anthropology, MSU, Moscow  
irina-khomyakova@yandex.ru
- Khusnutdinova E.** — Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Research Center, Ufa  
elzakh@mail.ru
- Kolesnicova M.** — Izhevsk State Medical Academy
- Koroleva E.** — Lomonosov Moscow State University  
koroleva@cs.msu.ru
- Kostelei Ya.** — National Research Tomsk State University
- Kulakov S.** — post-graduate student of the Samara State Medical University (SSMU)  
kulakovsa22@mail.ru
- Kutsov M.** — National Research Tomsk State University  
mihail-kucov@mail.ru

## OUR AUTHORS

- Lazarev S.** — PhD, Associate Professor, State budget institution of higher education «Bashkir State Medical University» of the Russian Federation Ministry of Health  
lazarew@yandex.ru
- Litvinov S.S.** — Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Research Center, Ufa  
seregtg@gmail.com
- Matyas C.** — magister 2 course  
katya\_matyash@mail.ru
- Mat'kov K.** — candidate of biological Sciences, associate Professor, Chuvash State University
- Nadtochiy V.** — MESAC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)  
nadtochiy\_90@mail.ru
- Ovsyannikova O.** — Astrakhan State Medical University  
ovolga.a@yandex.ru
- Pankratov V.** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Precision  
vmpank@mail.ru
- Rachimbek S.** — Lomonosov Moscow State University
- Romashevskaya Ya.** — V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences (Moscow)  
ya.romashevskaya@gmail.com
- Saburov S.** — graduate student, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
ssssaaaaabbbbb@mail.ru
- Sachkov V.** — PhD student, senior Software developer  
megawatto@mail.ru
- Shamitova E.** — candidate of biological Sciences, associate Professor, Chuvash State University  
shamitva@mail.ru
- Sirant L.** — Technical Director «NPO Wave System» is the head. Laboratory «Biomechanics» Samara State Aerospace University (Gray)
- Spitsyna N.** — Institute of Ethnology and Anthropology, RAS, Moscow  
ecolab@med-gen.ru
- Spitsyn V.** — Medical Genetic Research Center, Moscow  
ecolab@med-gen.ru
- Stepanovskaya I.** — V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences (Moscow)  
irstepan3353430@yandex.ru
- Vinderlih M.** — Post-graduate student, Izhevsk State Medical Academy  
ymx@mail.ru
- Yakovlev A.** — Griffon-records Ltd, CEO  
misterantonio@yandex.ru  
yaninabaler@mail.ru
- Zholondiyevsky E.** — PEE HE «Togliatti management academy»

## Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

### **За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.**

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

### **Правила оформления текста.**

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Список литературы составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

### **Правила написания математических формул.**

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

### **Правила оформления графики.**

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» ( e-mail: [redaktor@nauteh.ru](mailto:redaktor@nauteh.ru) ).